

p-ISSN 2308-5258

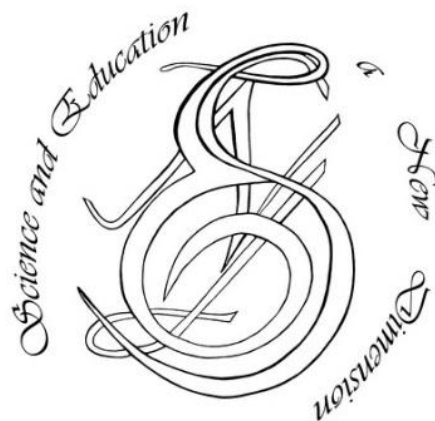
e-ISSN 2308-1996

Natural and Technical Sciences, VIII(28), ISSUE 233, 2020 July.

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

NATURAL
AND
TECHNICAL SCIENCES

TECHNICAL SCIENCES



www.seanewdim.com

p-ISSN 2308-5258

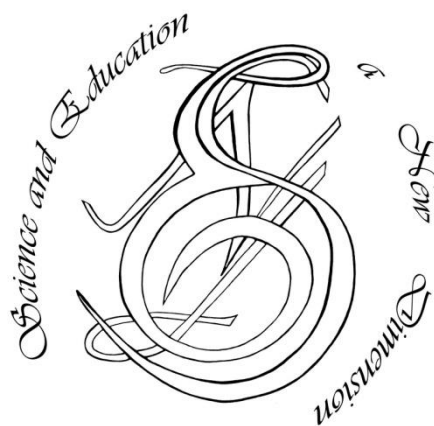
e-ISSN 2308-1996

VI(28), Issue 233, 2020 July.

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28>

Natural and Technical Sciences



www.seanewdim.com

Editorial board

Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos

Honorary Senior Editor:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Managing editor:

Barkáts N.

© EDITOR AND AUTHORS OF INDIVIDUAL ARTICLES

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

BUDAPEST, 2015

Statement:

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

THE JOURNAL IS LISTED AND INDEXED IN:

INDEX COPERNICUS: ICV 2014: 70.95; ICV 2015: 80.87; ICV 2016: 73.35; ICV 2018: 90.25;
ICV 2019: 89.50

GOOGLE SCHOLAR

CROSSREF (DOI prefix:10.31174)

ULRICHS WEB GLOBAL SERIALS DIRECTORY

UNION OF INTERNATIONAL ASSOCIATIONS YEARBOOK

SCRIBD

ACADEMIA.EDU

CONTENT

AGRICULTURE	7
Структурно-функціональні зміни фотосистеми II у різних сортів озимої пшениці за комбінованої дії посухи та високої температури <i>В. В. Шевченко*</i> , <i>О. Ю. Бондаренко</i>	7
ARCHITECTURE	10
Development peculiarities of the transport corridor "Prykarpattia" <i>G. M. Shulha, I. V. Chernova</i>	10
BIOLOGY	13
Порівняльна морфологія квітки деяких представників порядку asparagales у світлі сучасної молекулярної систематики <i>О. С. Фіщук</i>	13
CHEMISTRY	17
Дослідження кінетики розчинення мінералів методом обертового диску <i>Л. В. Іванченко, В. Я. Кожухар, В. В. Брем</i>	17
PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES	22
Вибір сукупності показників для оцінювання ефективності функціонування системи радіосвітлотехнічного забезпечення аеродрому базування тактичної авіації під час ведення операцій (бойових дій) <i>А. А. Давидов</i>	22
Nonlocal in time problem for evolution pseudodifferential equations with analytic symbols <i>V. V. Gorodetsky, A. A. Shyrovskyykh</i>	26
Визначення авторської належності українськомовного тексту за допомогою нейросистеми для ідентифікації авторства <i>М. І. Лупей</i>	34
Проектування просвітлюючих оптичних покриттів для широкого спектрального діапазону при падінні світла під кутом <i>О. Міца, В. Пецько, Н. Боркач, О. Кондрат, Д. Сорока</i>	38
Nonlocal multi-point in time Cauchy problem for parabolic equations with degeneration <i>I. D. Pukal'skii, B. O. Yashan</i>	41
INFORMATION TECHNOLOGY	46
Процеси автоматизації динамічних геоінформаційних систем у задачах моніторингу регіональних ресурсів <i>О. В. Зарицький, О. Б. Костенко, О. І. Чуб</i>	46
MEDICAL SCIENCE	51
The ultrastructural features of the hemocapillary channel in common bile duct during the long-term influence of opioid in the experiment <i>I. I. Hirniak</i>	51

The effect of long-term administration of opioids on the ultrastructure of the white rat's tricuspid valve heart valve <i>L. Matshuk-Vatseba, R. Symivska</i>	54
TECHNICAL SCIENCES	57
Factors of behavioral economics in scientific projects <i>D. Bedrii, O. Danchenko, Y. Poskrypko, O. Bielova, P. Teslenko</i>	57
Пориста кераміка на основі відсівів граніту <i>О. Ю. Білоусов, В. А. Свідерський, Л. П. Черняк</i>	61
Оцінка характеристик бітового потоку як випадкової величини <i>О. М. Романов</i>	64
Розрахунок розрізняювальної здатності системи приймально-передавальних антен в решітках синтезованої апертури надвисокої розрізненості <i>О. О. Слюсарчук, В. В. Руденко, С. М. Ніколаєв</i>	67
VETERINARY SCIENCES	70
Дослідження антимікробної дії розчину міді і цитрату срібла за ентеробактеріозів бджіл <i>Т. О. Романишина, А. Р. Лахман, О. Є. Галатюк</i>	70

AGRICULTURE

Структурно-функціональні зміни фотосистеми II у різних сортів озимої пшениці за комбінованої дії посухи та високої температури

В. В. Шевченко*, О. Ю. Бондаренко

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, м. Київ, Україна

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

Paper received 26.06.20; Accepted for publication 12.07.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-01>

Анотація. Досліджено вплив 10-ти денної посухи та додаткового короткочасного високотемпературного стресу на зміни структури та функціональної активності фотосистеми II у двох сортів озимої пшениці різної стійкості. Показано, що короткочасний високотемпературний стрес більше впливає на зміни структури та зниження функціональної активності ніж посуха. Вказані зміни у стійкого сорту менш значні, ніж у нестійкого. За дії посухи у стійкого сорту формується неспецифічна стійкість до дії високої температури, якої у нестійкого сорту не відмічається.

Ключові слова: *Triticum aestivum L.*, озима пшениця, фотосистема II, низькотемпературна флуоресценція, індукція флуоресценції хлорофілу.

Вступ. Сучасний розвиток цивілізації відзначається бурхливим ростом населення планети, що призводить до загрози нестачі продовольства. Ця проблема може бути вирішена лише завдяки сталому розвитку сільськогосподарства, на заваді якому стоять глобальні зміни клімату [1]. Особливе місце серед абіотичних факторів, що впливають на ріст, розвиток та продуктивність рослин, посідає посуха, дія якої часто посилюється високими температурами [2, 3]. За водного дефіциту завдяки нестачі CO₂ внаслідок закриття продихів, порушення синтезу хлорофілів, порушення транспорту електронів, змін у фотохімічних реакціях та реакціях відновлення, порушення структури хлоропластів, затримки відтоку асимілятів інгібується процес фотосинтезу [4]. Підвищені температури викликають руйнування кисень-виділяючого центру та протеїнів фотосистеми 2. Також дія цих факторів призводить до продукування активних форм кисню та, як наслідок, розвитку окислювального стресу. Вважається, що стійкість рослинного організму до стресу на 70 % залежить від стійкості його фотосинтетичного апарату. Тому вивчення особливостей адаптації процесу фотосинтезу до дії стресу у сортів з різною стійкістю має важливе значення для розробки критеріїв відбору на жаро-посухостійкість. Фотосистема II (ФСII) являє собою ключовий макромолекулярний мембранний суперкомплекс, який здійснює розщеплення молекул води й виділення кисню у процесі фотосинтезу. Цей комплекс займає важливе місце в організації ультраструктури хлоропластів, завдяки якій здійснюється первинний процес фотосинтезу [5]. Суперкомплекс ФСII є особливо чутливим до таких факторів зовнішнього середовища як підвищена температура та водний дефіцит [6]. За дії стресових чинників фотосистема II розглядається як найбільш уразлива ключова ланка фотосинтезу [7, 8, 9]. Тим не менш, навіть якщо швидкість фотосинтезу при помірному тепловому стресі значно знижується, то пошкодження ФСII (незворотне зниження фотохімічної активності), як правило, незначне. Пошкодження ФСII проявляється лише за дії достатньо високих температур, часто більше 45°C [10], а при помірному тепловому стресі та незначній інтенсивності світла

активність ФСII, як правило, з часом відновлюється [11]. Не зважаючи на широкий спектр досліджень механізмів дії різних стресів на фотосинтетичний апарат, особливості стресової реакції та формування неспецифічної стійкості у різних сортів озимої пшениці залишаються до кінці нез'ясованими.

Метою роботи було дослідження особливостей структурно-функціональних змін фотосистеми II за дії посухи та короткочасного високотемпературного стресу у сортів озимої пшениці різної стійкості.

Матеріали та методи. Для досліджень використані два сорти озимої пшениці Одеська 267 та Перлина Лісостепу. Сорт Одеська 267 вважається стійким. Жаро-посухостійкість оцінюється у 8,5-9 балів. Сорт Перлина Лісостепу – менш стійкий. Його оцінка жаро-посухостійкості складає 5-6 балів.

Озиму пшеницю досліджуваних сортів висівали на дослідних ділянках Інституту фізіології рослин і генетики НАН України розміром 3x1 м у вересні місяці. Грунт - сірий дерново-підзолестий. Внесення NPK - стандартне за технологією вирощування. Після перезимівлі у відкритому ґрунті рослини було пересаджено у 10-ти кг вегетаційні посудини. Для контрольних рослин здійснювали полив для забезпечення 60-70% повної вологості ґрунту. Для дослідних рослин на фазі цвітіння створювались умови посухи протягом 10 днів при 30% повної вологості (ПВ). Додатково, зрізані листки пшениці з контрольних та дослідних (посуха) рослин прогрівали у темряві протягом 5 хв при температурі 45°C. Для прогріву листки поміщали в целофановий пакет і занурювали у воду потрібної температури. Вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу проводили за стандартною методикою для тестування фотохімічної активності за параметрами індукційної кривої.

Для виділення хлоропластів відбирали прапорцеві листки. Листки гомогенізували 2 хвилини на гомогенізаторі MPW - 302 (Польща) в середовищі, що містило 50 мМ трицину рН 7,6, 0,4 М сахарози, 10 мМ NaCl, 5 мМ MgCl₂. Після чого гомогенат пропускали через 2 шари бязі та центрифугували на центрифугі Eppendorf 5810 (Німеччина) 5 хвилин зі швидкістю 400g для осадження фрагментів клітин, крохмальних

зерен, тощо. Супернатант центрифугували вдруге протягом 10 хвилин зі швидкістю 1000g, отримуючи в осаді фракцію хлоропластів. Осад ресуспендували, пропускаючи його через капрон, в 10 мМ трициновому буфері рН 7,6 з додаванням 0,1 М сахарози, 10 мМ NaCl, 5 мМ MgCl₂.

Спектри низькотемпературної флуоресценції (77 К) вимірювали за допомогою універсальної спектрофлуориметричної установки [12], розробленої в лабораторії. Для низькотемпературних вимірювань використовували повітряно-сухі плівки суспензії хлоропластів на скляній пластинці діаметром 16 мм. На пластинку наносили 0,06 мл зразка з концентрацією хлорофілу 0,3 мг/мл. Кінцева кількість хлорофілу складала 0,018 мг на зразок і товщина плівки дорівнювала приблизно 0,1 мм. Поглинання у максимумі червоної смуги становило 10 %, що обумовлювало мінімальну реабсорб-

цію флуоресценції і, завдяки цьому, мінімальну аберацію спектру. Плівки висушували в темноті під вакуумним ковпаком на протязі 5-10 хв. Вимірювання низькотемпературних спектрів флуоресценції проводили в діапазоні 650-800 нм, в цифровому вигляді, з кроком 0,5 нм, спектральна ширина щілини складала 2 нм.

Біологічна та аналітична повторюваність дослідів – триразова.

Результати та обговорення. На рис. 1. представлені спектри низькотемпературної флуоресценції (77 К) хлоропластів озимої пшениці сорту Перлина Ліостепу (нестійкий) та Одеська 267 (стійкий). В спектрах низькотемпературної флуоресценції випромінюванню антени фотосистеми II відповідає короткохвильова смуга з максимумом біля 685 нм.

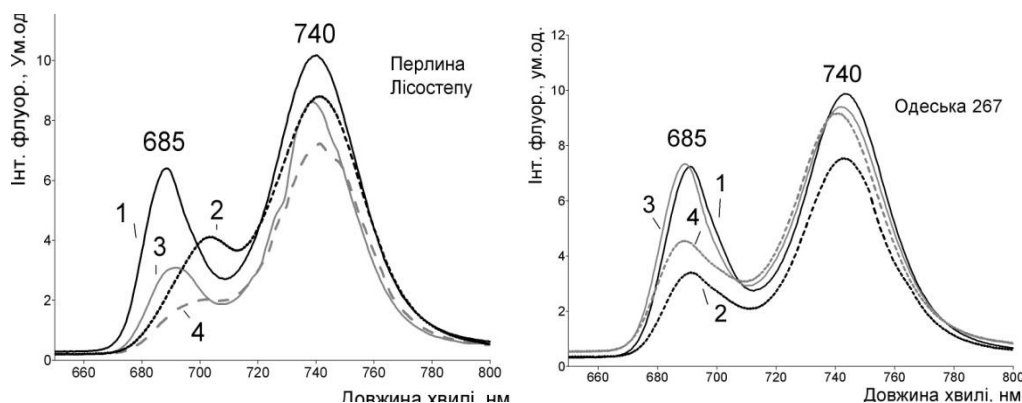


Рис. 1. Спектри низькотемпературної флуоресценції (77 К) хлоропластів озимої пшениці сорту Перлина Ліостепу та Одеська 267.

1 – контроль, 2 – прогрів 45 °С 5 хв., 3 – посуха, 4 – посуха + прогрів 45 °С, 5 хв.

З наведених даних видно, що за дії посухи (рис.1, крива 3) у сорту Перлина Ліостепу структура короткохвильової смуги флуоресценції суттєво змінюється, а у сорту Одеська 267, лише відбувається незначний зсув максимуму випромінювання у короткохвильову сторону, інтенсивність та структура смуги достовірно не змінюються. Короточасний прогрів хлоропластів контрольних рослин (рис.1, крива 2) викликав більш істотні зміни структури та інтенсивності короткохвильової смуги. У сорту Перлина Ліостепу спостерігався суттєвий зсув максимуму флуоресценції у довгохвильову сторону та зниження її інтенсивності. Для більш стійкого сорту, Одеська 267, відбувалось тільки значне зниження інтенсивності випромінювання фотосистеми II. У випадку, коли короточасний прогрів при 45 °С накладався на рослини, які протягом 10 днів зростали в умовах посухи (рис.1, крива 4), посилення ефекту спостерігалось лише у менш стійкого сорту – Перлина Ліостепу. У більш стійкого сорту, Одеська 267, не відмічалось посилення руйнування фотосистеми II за сумісної дії посухи та тепла, а навпаки, зміни були меншими, ніж при прогріванні хлоропластів, одержаних з контрольних рослин.

Зміни активності фотосинтетичного апарату вимірювались за параметрами кривої індукції флуоресценції (табл. 1). Десятиденна посуха призводила до певних змін параметрів індукційної кривої. В першу чергу, у всіх сортів підвищувався рівень Qb-невідновлюючих центрів, що призводило до збіль-

шення показника (Fp1/Fmax). При цьому, рівень «відкритих» центрів (Fo) практично не змінювався. Параметр Fv/Fmax (потенційний квантовий вихід фотосистеми II) також практично не змінювався. Значно більший вплив на параметр Fv/Fmax відзначався за дії високої температури. У більш стійкого сорту, Одеська 267, зниження параметру Fv/Fmax було меншим, ніж у менш стійкого сорту, Перлина Ліостепу. Одночасна дія посухи та високої температури призводила до значного зниження функціональної активності. По-перше, практично всі Qb-невідновлюючі центри переходили до стану «відкритих» центрів. Інтенсивність Fo навіть перевищувала інтенсивність плато, що зазвичай спостерігається у випадку дії особливо жорстких стресів. Значною мірою знижувався параметр Fv/Fmax. Але, як і при дослідженні низькотемпературної флуоресценції, накладання короточасного температурного стресу на рослини, що зростали в умовах 10-ти денної посухи, у менш стійкого сорту - призводило до більшого зниження функціональної активності, в порівнянні з окремою дією посухи або прогріву, у більш стійкого сорту – відмічалась менша втрата функціональної активності фотосистеми II, ніж при прогріванні хлоропластів, одержаних з контрольних рослин.

Таким чином, показано, що зміни функціональної активності відповідають змінам структурної організації фотосистеми II у обох сортів. 10-ти денна посуха призводила до незначних змін структурно-

функціональної організації фотосистеми II у менш стійкого сорту, та майже не викликала таких змін у стійкого сорту. Більш суттєві зміни структури та функціональної активності фотосистеми II в хлоропластах контрольних рослин викликав короточасний високо-температурний стрес (45 °C, 5 хв.), які були більшими у менш стійкого сорту. Накладання короточасного високотемпературного стресу (45 °C, 5 хв.) на листки і хлоропласти з рослин, що зростали в умовах 10-ти денної посухи, посилювало руйнування фотосистеми II у менш стійкого сорту (Перлина Лісостепу), а у більш стійкого сорту (Одеська 267) ефект був меншим ніж при дії високої температури на контрольні рослини. Таким чином, можна казати, що за дії посухи у стійкого сорту формується неспецифічна стійкість до дії абіотичних чинників. У нестійкого сорту виникнення неспецифічної стійкості не відмічалось.

Пояснення таким змінам може бути знайдено при дослідженні протеїнового складу хлоропластів. Виявлено, що стійкий сорт вже у контрольних рослин відрізнявся підвищеним вмістом протеїнів 36 кДа (пластохінол оксидаза), 21 кДа (інгібітор протеаз), 16 кДа (тримерізація фотосистеми I та стабілізація системи), які захищають мембранні структури фотосинтетичного апарату від руйнування. За дії посухи вміст цих протеїнів збільшувався у обох сортів, але у нестійкого

сорту, навіть в цих умовах, їх вміст не досягав того рівня, який був в контрольних рослинах стійкого сорту (неопубліковані дані авторів).

Таблиця 1. Зміна параметрів кривої індукції флуоресценції хлорофілу листків озимої пшениці за одночасної дії посухи (10 діб, 30% ПВ) та прогріву (45 °C, 5 хв).

Сорт/обробка	Fpl/Fmax	Fv/Fmax
Перлина Лісостепу контр	0,41±0,04	0,72±0,02
Перлина Лісостепу контр. пр. 45°C	0,05±0,01	0,55±0,03
Перлина Лісостепу посуха	0,42±0,03	0,69±0,02
Перлина Лісостепу посуха + пр. 45°C	0,31±0,02	0,48±0,03
Одеська 267 контр	0,49±0,02	0,73±0,01
Одеська 267 контр. пр. 45°C	0,17±0,03	0,59±0,02
Одеська 267 посуха	0,44±0,03	0,73±0,01
Одеська 267 посуха + пр. 45°C	0,15±0,03	0,63±0,02

Висновки. За дії 10-ти денної посухи та короточасного високотемпературного стресу відбуваються структурно-функціональні зміни фотосистеми II у обох сортів озимої пшениці. Короточасний високо-температурний стрес призводить до значно більшої зміни структури та втрати функціональної активності фотосистеми II ніж посуха. Всі вказані зміни у стійкого сорту менш значні, ніж у нестійкого. Крім того, за дії посухи у стійкого сорту формується неспецифічна стійкість до дії високої температури, якої у нестійкого сорту не відмічається.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production // Nature, 2016. 529(7584). P. 84-87.
2. IPCC: Summary for policymakers. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Pt. A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J., Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., White L.L. (Eds.). New York, USA: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2014. P. 1-32.
3. Креславский В.Д. Карпентьер Р., Климов В.В., Мурата Н., Аллахвердиев С.И. Молекулярные механизмы устойчивости фотосинтетического аппарата к стрессу // Биологические мембраны, 2007. (3). С. 195-217.
4. Киризий Д.А., Стасик О.О., Прядкина Г.А., Шадчина Т.М. Ассимиляция CO₂ и механизмы ее регуляции. Фотосинтез. Том 2. – К.: Логос, 2014. – 480 с.
5. Nelson N., Yocum C.F. Structure and function of Photosystems I and II// Ann. Rev. Plant Biol., 2006. 57. P. 521–65.
6. Murata N., Takahashi S., Nishiyama Y., Allakhverdiev S.I. Photoinhibition of photosystem II under environmental stress // Biochem. et biophys. Acta., 2007. 1767(6). P. 414–421.
7. Enami I., Kitamura M., Tomo T. et al. Is the primary cause of thermal inactivation of oxygen evolution in spinach PS II membranes release of the extrinsic 33 kDa protein or of Mn?// Biochem. et biophys. acta, 1994. 1186. P. 52-58.
8. Sairam R.K., Svastava G.C., Saxena D.G. Increased antioxidant activity under elevated temperatures; A mechanism of heat stress tolerance in wheat genotypes// Biol. Plant., 2000. 43(2) P. 245-251.
9. Staehelin L.A. Chloroplast structure: from chlorophyll granules to supra-molecular architecture of thylakoid membranes// Photosynth. Res., 2003. 76. P. 185-196.
10. Semenova G.A. Structural reorganization of thylakoid systems in response to heat treatment // Photosynthetica, 2004. 42(4). P.521-527.
11. Theg S.M., Filar L.J., Dilley R.A. Photoinactivation of chloroplasts already inhibited on oxidizing side of photosystem II// Biochem. et biophys. acta, 1986. 849. P. 104-111.
12. Kochubey SM, Bondarenko OYu, Shevchenko VV () A new type of subchloroplast fragments isolated from pea chloroplasts in the presence of digitonin// Biochemistry (Moscow), 2007. 72. P. 1021-1026.

REFERENCES

3. Kreslavsky V.D. Karpentier R., Klimov V.V., Murata N., Allahverdiev S.I. Molecular mechanisms of stability of photosynthetic apparatus for stress // Biological membranes, 2007. (3). P. 195-217.
4. Kirizy D.A., Stasik O.O., Pryadkina G.O., Shadchina T.M. Assimilation of CO₂ and mechanisms of its regulation. Photosynthesis. V 2. – Kyiv: Logos, 2014. – 480 p.

Structural and functional changes of photosystem II in different varieties of winter wheat under the combined action of drought and high temperature

V. V. Shevchenko, O. Yu. Bondarenko

Abstract. We studied the effect of a 10-day drought and additional short-term temperature stress on changes in the structure and functional activity of photosystem II in two varieties of winter wheat of different resistance. It is shown that short-term high-temperature stress has a stronger effect on structural changes and a decrease in functional activity than drought. These changes in the resistant variety were less pronounced than in the unstable variety. During drought, a resistant variety forms nonspecific resistance to the action of high temperature, which is not observed in an unstable variety.

Keywords: *Triticum aestivum L., winter wheat, photosystem II, low-temperature fluorescence, chlorophyll fluorescence induction.*

ARCHITECTURE

Development peculiarities of the transport corridor "Prykarpattia"

G. M. Shulha¹, I. V. Chernova²

¹PhD, Associate Professor of Architecture Lviv Polytechnic National University, Urban Planning Department
ORCID: 0000-0002-1346-8062

²Master of Science, architect Lviv Polytechnic National University, Urban Planning Department

*Corresponding author. E-mail: geshulha@gmail.com¹, vliegeen@gmail.com²

Paper received 01.05.20; Accepted for publication 23.05.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-02>

Abstract. The research reveals natural landscape and anthropogenic factors and their impact on the formation of spatial and territorial structure of the international transport corridor. As the object of the research is Western part of Ukraine, the analysis of natural and anthropogenic factors was conducted in Chernivtsi, Zakarpattia, Ivano-Frankivsk and Lviv regions.

Keywords: *natural landscape, transport infrastructure, international transport corridor, functional space axis, spatial and territorial structure.*

Introduction. According to scientific and technical literature Western part of Ukraine is defined to be the Carpathian region of Ukraine that is the territory in administrative bounds of Zakarpattia, Ivano-Frankivsk, Lviv and Chernivtsi regions. The specificity of spatial and territorial structure of Carpathian region is its terrain division into three macro level areas: foothills Zakarpattia, Prykarpattia and mountainous part – mountainous area of Ukrainian Carpathians. The main local mountain range is Vododilnyy ridge that extends from south east to north west. This feature of natural component (relief) caused the character of spatial and territorial structure of the region such as parallelism of spatial structure planning system of resettlement to the main Vododilnyy ridge of Carpathians. Zakarpattia and Prykarpattia are densely populated areas, whose resettlement system had been forming for ages on the basis of natural carcass and the pattern of connections among objects of ethnic communities that had populated this area [2].

Thus, three parallel spatial axes had been formed: the main spatial formative axis, the area of valuable natural mountainous landscape, mountain range of Ukrainian Carpathians; and two functional spatial axes of urbanized anthropogenic landscape: Zakarpattia and Prykarpattia.

Analysis of the region resettlement system showed that it is based on historic team site localities, namely, centers of the resettlement system: Lviv, Ivano-Frankivsk, Chernivtsi (Prykarpattia); urban agglomerations: Uzhhorod, Mukachevo, Khust, Tyachiv, Rakhiv; and centers of economical growth: Yasinya, Vorokhta, Kosiv, Vyzhnytsya, Storozhynets' (Zakarpattia) [2].

Prykarpattia is characterized by zones of influence that involve cities – functional urban areas and Zakarpattia forms functional clusters (border territories) due to the specificities of natural landscape conditions and cultural and ethnical peculiarities (Lemkivshchyna, Boikivshchyna, Hutsul'shchyna) [1].

The object of the article is examination of the natural landscape conditions and transport infrastructure effect on formation and further transformation of functional planning of organization of inhabited areas of Western region.

In terms of intensification of integration processes across Western Europe, Ukraine has chosen the path of close cooperation with Europe, the problem of the Carpa-

thian region (Zakarpattia) border areas activation and international transport corridors (##3,5, "Baltic Sea-Black Sea") throughout the Carpathian region, in particular on the territory of Prykarpattia, becomes increasingly important. The processes of concentration of international cultural objects and economic relations have prompted a formation of international transport corridors.

One of such corridors can be international transport corridor Warsaw–Lublin–Lviv–Ivano-Frankivsk–Chernivtsi–Suceava–Bucharest, in a short form "Prykarpattia" (authors' suggestion). This transport connection can be viewed as addition to the existing direction "VIA Carpatia" (available).

International transport corridors (ITC) are considered to be multi-layered integrated spatial planning structures that include highways with appropriate infrastructure and adjacent territories. Infrastructure comprises supporting facilities, access roads, border crossing points, service points, cargo and passenger terminal facilities, etc. Authors recommend using the base of available transport links to point out the area which will join natural and anthropogenic landscape in the single substance "nature–human–infrastructure", the area with all necessary conditions for the formation of space for technological process (traffic) and linear functional spatial structure. In other words, ITC is spatial and territorial structure that accumulates traffic, elements of resettlement system, infrastructure objects and other facilities ensuring vital activities of the population. Adjacent territories of transport corridor are proposed to be divided into two zones: the radius of 4 km (60min walking distance) and the radius of 50 km (60min transport accessibility).

To investigate the development of international transport corridor "Prykarpattia" Western region of Ukraine is examined. Functional space axis of international transport corridor, within indicated administrative areas, is determined by the configuration and the shape of mountain range. Besides the mountain range of Ukrainian Carpathians, the territory under consideration includes another component of the relief: The Podolian Upland (Podilska vysochyna) extends from south east to north west and supports the main axis of ITC. Geographical limits of the Carpathians and The Podolian Upland func-

tion as natural boundaries of spatial planning formation of international transport corridor. The linear isomorphic territorial structure with core of socio-economic concen-

tration and urban development is the basis of planning organization.

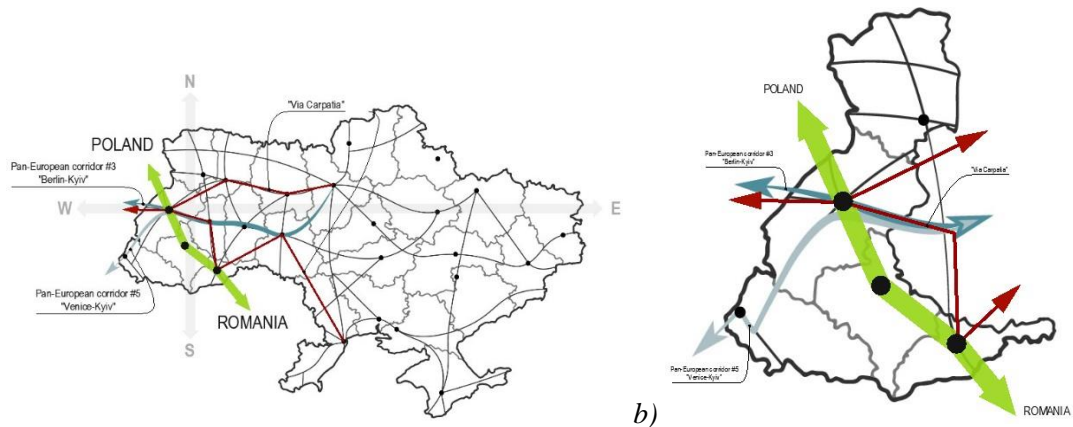


Fig.1. Roads and transportation network scheme: a) across Ukraine; b) across border areas of Western regions of Ukraine.

Integral part of international transport corridor "Prykarpattia" structure is natural landscape and natural reserve fund objects such as: Yavorivskyi National Park, The Roztochia Biosphere Reserve, Vynnykivsky forest-park, Halytsky National Park, Hutsulshchyna National Park, Prut River Valley, Cheremosh River Valley. Natural landscape, as well as relief, form natural boundaries of the international transport corridor.

Prykarpattia region is marked by the density of the river network due to orthography. The biggest rivers of the region are Western Bug, Dniester, Prut. Prut River is a tributary of the Dunabe. The direction of Prut's and Dniester's currents goes from northwest to southeast. So, the courses of the main rivers of the region influence spatial planning organization of anthropogenic landscape.

During the investigation of river valleys (Dniester, Prut), it was discovered that the rivers considerably affect the development not only of resettlement aspect (for example in cities like Ivano-Frankivsk, Chernivtsi, Halych, Kolomyia, Sniatyn) but also of location and nomenclature of road traffic infrastructure, formation and intensity of transport connections with regional resettlements. It can be assumed that the territory can potentially be used to create international transport corridor "Prykarpattia". Transport corridor along river valleys ties elements of team site carcass of the area with elements of neighboring countries (Lviv, Ivano-Frankivsk, Chernivtsi cities with Suceava, Bucharest in Romania and Zamość, Lublin in Poland). The river valleys influenced the development of composite spatial planning axes of the territory. The main axis is, certainly, along the river valley from southeast to northwest of the city. Branches of the main axis form major entrance roads to localities. In cities like Ivano-Frankivsk and Chernivtsi they cross city centers (Halyts'ka Str., Konoval'tsya Str., Hetmana Mazepy Str., Korsuns'ka Str., Halyts'kyi Shlyakh Str., Khotyns'ka Str.).

An analysis of researches of this problem. Analysis of factors influencing the ITC building showed that main directions of transport and communications development in Western Region are north to south, southwest to northeast and east to west (pic.1). Highway of international significance M19 Domanove (to Brest) – Kovel' – Chernivtsi – checkpoint Terebleche (to Bucharest) lies in the direction north to south. The direction southwest to north-

east M06 Kyiv – Chop coincides with ITC "Venice – Kyiv" (transport corridor #5). International transport corridor "Berlin – Kyiv" (transport corridor #3) runs in the direction east to west.

A purpose of the article. Available transport connections demonstrate the adaptation intensity of the Western part of Ukraine. Socio-economic potential of the northwest to southeast direction is underused. Densely populated localities, well-developed manufacturing industry (mechanical engineering, appliance manufacturing, construction industry, food processing and light industries, ethno-cultural industries, etc.) wane in crisis. Lack of infrastructure service objects and transport linkages, like National Highways, reduce investment appeal of adjacent areas, and that in turn affects employment of the region. Lately there has been a trend of increasing labor migration to neighboring countries in search of employment (table 1).

Introduction of the ITC "Prykarpattia" program can stimulate the growth of revitalization processes of territorial potential, including economic activity. Thus, accessibility to business premises will inevitably lead to progress of every component like community and economy.

Localities of the Ukrainian territory, appearing in ITC influence zone under consideration, are resettlements of Ivano-Frankivsk region: Rohatyn, Burshtyn, Halych, Kolomyia, Sniatyn; Lviv region: Bibrka, Novyi Rozdil, Zhydachiv, Peremyshliany, Khodoriv; Chernivtsi region: Hertsa, Kitsman, Lužani, Vashkivtsi). The ITC will functionally affect the processes of spatial planning organization transformation of unified territorial communities (UTC). These include: Zabolotiv, Kolomyia, Kornytsia Mateivetsi, Nyzhnii Virbizh, Zahvizdia, Ivano-Frankivsk, Uhryniv, Verkhnia and Kalush UTCs in Ivano-Frankivsk region; Novi Strilyshcha, Khodoriv, Bibrka, Davydiv, Maheriv UTCs in Lviv region; Novoselytsia, Vanchikivtsi, Mahala, Kitsman, Mamaivtsi, Nepolokivtsi UTCs in Chernivtsi region.

Population density in regional centers is: 1742 people per km² in Chernivtsi; 2826 people per km² in Ivano-Frankivsk; 3982 people per km² in Lviv. The indicator varies from 250 people per km² to 1700 people per km² in towns of regional and district importance, appearing in ITC influence zone under consideration [3,4,5].

Suceava (Romania) and Zamość (Poland) are the closest cities to the border that will be affected by the ITC "Prykarpattia". The ITC can potentially have further de-

velopment in the directions Lublin – Warsaw (Poland) and Bucharest (Romania).

Table 1. Statistical data concerning the number and migratory population movements

Ivano-Frankivsk region [3]				
Population		Migration		
Year	Number of people (thous. people)	Number of arrivals (people)	Number of departed (people)	Migration balance (people)
2008	1381,1	5786	5925	-139
2014	1382,6	15054	13813	1241
2019	1373,3	16578	16310	268
Lviv region [4]				
Population		Migration		
Year	Number of people (thous. people)	Number of arrivals (people)	Number of departed (people)	Migration balance (people)
2008	2559,8	31106	31837	-731
2014	2538,4	28130	26587	1543
2019	2522,0	35083	33984	1099
Chernivtsi region [5]				
Population		Migration		
Year	Number of people (thous. people)	Number of arrivals (people)	Number of departed (people)	Migration balance (people)
2008	904,5		-	660
2014	904,5	10949	9552	1397
2019	904,4	9627	9580	47

Conclusions and recommendations for further research. The implementation of paving "bridge" between ITC "VIA Carpatiya" and PEC Baltic Sea - Black Sea by transport corridor "Prykarpattia" is not only an impetus for the improvement of regional transport network. The ITC also encourages the development and transformation of local resettlement system and team site localities, and optimizes urban processes of the region.

It should also be noted that optimization of the urban processes in the area will endanger both natural region and anthropogenic landscape: additional anthropogenic burden on adjacent areas and natural landscape. Besides, due to the establishment of joint international program of

socio-economic territory development ITC performs the role of stimulant of renewal process and sociogeosystem intensification. Growing border cooperation will prompt industry cluster formation for management and interaction of border areas.

In conclusion, the potential of Prykarpattia natural and anthropogenic resources including relief features, green areas, river network, road transportation infrastructure, current resettlement system and spatial landscape characteristics, create particularly favorable conditions for the development of international transport corridor "Prykarpattia".

ЛИТЕРАТУРА

1. Резолюція 17-ї сесії Конференції міністрів Ради Європи з питань просторового планування (CEMAT). Бухарест, 03.11.2017 р.
 2. Шульга Г.М. Містобудівні основи просторового планування гірських рекреаційних територій (на прикладі Українських Карпат): Дис... д-ра арх-ри: 18.00.04/ КНУБА. – К., 2018. – 387 с.
 3. <http://www.ifstat.gov.ua/>
 4. <https://www.lv.ukrstat.gov.ua/>
 5. <http://www.cv.ukrstat.gov.ua/>

REFERENCES

1. Resolution of the 17th Session of the Conference of Ministers of the Council of Europe on Spatial Planning (CEMAT). Bucharest, 03.11.2017
 2. Shulha G.M. Urban Planning Basics of Spatial Planning of Mountain Recreational Territories (as example Ukrainian Carpathians): Dis... Dr. Arch: 18.00.04 / KNUBA. - K., 2018. - 387 p.
 3. <http://www.ifstat.gov.ua/>
 4. <https://www.lv.ukrstat.gov.ua/>
 5. <http://www.cv.ukrstat.gov.ua/>

BIOLOGY

Порівняльна морфологія квітки деяких представників порядку *Asparagales* у світлі сучасної молекулярної систематики

О. С. Фішук

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
Corresponding author. E-mail: dracaenaok@ukr.net

Paper received 26.06.20; Accepted for publication 12.07.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-03>

Анотація. У статті досліджено мікрморфологію квітки деяких представників порядку *Asparagales* та проаналізовано зональність гінцею і будову септального нектарника. Наш підхід надає нам можливість диференціювати види та роди за розташуванням та наявністю різних вертикальних зон гінцею та особливо септальних нектарників. Структура гінцею в досліджуваних видів має суттєві відмінності в довжині зон зав'язі та зон септального нектарника, а також у взаємозв'язку усіх трьох типів вертикальної зональності гінцею.

Ключові слова: зав'язь, гінцей, септальний нектарник, морфологія квітки.

Вступ. Сучасна молекулярна систематика при побудові гілок спорідненостей родин і родів не завжди враховує морфологічні ознаки квітки та плоду, а якщо і враховує то недостатню кількість. Зокрема ознаки внутрішньої структури гінцею та плоду, його зональності та будову септального нектарника не враховує взагалі. Морфологи шукають нові морфологічні ознаки, ознаки васкулярної анатомії квітки і вивчають морфогенез системи квітка-плід. Не можна вивчати лише квітку, потрібно обов'язково вивчати ще і плід, тому що деякі морфологічні ознаки плоду закладаються на стадії квітки, наприклад, подвійна дорзальна жилка, свідчить у подальшому розвитку про локулідне розкривання плоду, вивчення якої на стадії квітки нам не дає чіткої уяви про необхідність подвоєння провідних пучків. Також потрібно вивчати квітку у постантетиційній фазі, тому що вивчаючи плід коробочку, наприклад, неможливо вивчити шляхи її формування не вивчивши при цьому будову квітки.

Короткий огляд публікацій по темі. Гіней однодольних є предметом великої кількості досліджень [4, 5, 10]. Зокрема досліджень у галузі філогенії та еволюції квітки [11, 12]. Роди *Dracaena* та *Sansevieria* є спорідненими [2, 18], раніше їх відносили до родини *Agavaceae* [1, 18], *Convallariaceae* [13], *Dracaenaceae* [2, 16], *Ruscaceae* [6] і за сучасною молекулярно-філогенетичною систематикою ці роди відносяться до великої гетерогенної родини *Asparagaceae sensu lato* [8, 9, 17]. Пола Рудал з групою науковців [13] – здійснили кладистичний аналіз деяких представників порядку *Asparagales* на основі молекулярних даних та морфологічних ознак квітки, включивши деякі ознаки гінцею. Багато вчених вважають досить схожими за будовою досліджені роди, але ніяких діагностичних ознак гінцею раніше не використовувалось для них.

Мета. Аналіз внутрішньої структури гінцею у двох видів роду *Dracaena* та десяти видів роду *Sansevieria* відповідно до деяких підходів, які раніше не застосовувалися для опису цих родів. До структури гінцею ми застосували концепцію вертикальної зональності гінцею за В. Ляйнфельнером [7]. Згідно з цією концепцією, існує два типи синкарпного гінцею, евсинкарпний та гемісинкарпний. Останній характеризується

конгенітальним зростанням у латеральній частині стовпчика, тоді як внутрішня частина зав'язі має порожнину або зростається постгенітально (дермально). Такий гінцей має три вертикальні зони: гемісинасцидентну гемісимплекатну та асимплекатну і часто він має септальний нектарник. Вивчення зон гінцею і подальше використання морфологічних ознак квітки у складанні молекулярно-філогенетичних систем дозволить більш чітко ідентифікувати види, роди та родини Однодольних.

Матеріали і методи. Рослинний матеріал був зібраний у Ботанічному саду імені А.В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка, у Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка, на кафедрі ботаніки Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки та фіксували у 70% етанолі. Для можливості дослідження будови квітки під світловим мікроскопом використовували методику просочення матеріалу парафіном та за допомогою стандартних методів виготовляли серії зрізів товщиною 20 мкм. Зрізи фарбували у сафраніні та Астра Блау (*Astra Blau*) і робили заливку канадським бальзамом. Цифрові мікрофотографії були зроблені за допомогою мікроскопа LABOVAL 4 CARL ZEISS (Jena) та камери CANON 1000 D. Висота вертикальних зон гінцею була отримана після розрахунку поперечних зрізів. Септальний нектарник – найважливіша особливість квітки порядку *Asparagales*. Його вивчали відповідно до типологічного підходу [3, 14, 15] і аналізували його вертикальну зональність [10].

Результати та обговорення. Гінцей у досліджених двох видів роду *Dracaena* та десяти видів роду *Sansevieria* тримерний. Зав'язь верхня, овальна та з нерівною поверхнею. Зав'язь має три гнізда з одним медіанним анатропним насінним зачатком у кожному гнізді та з довгим септальним нектарником. Кожен насінний зачаток має добре розвинутий фунікулярний обтуратор. Стовпчик апікальний, дещо зигоморфний або зміщений у сторону. Три канали стовпчика формуються у стовпчику. Виділено три основні частини зав'язі у досліджуваних видів. Основа зав'язі – паренхімне дно зав'язі, іноді із септальними нектарниками. Септальні нектари присутні у верхній частині основи

зав'язі у *S. parva*, *S. trifasciata*, *S. dooner*, *S. grandicuspis*, *S. fernwood*. Гнізда зав'язі – основна частина зав'язі, з трьома порожнинами, вкритими внутрішнім епідермісом та щілинами септальних нектарників. Насінні зачатки кріпляться у середній частині гнізд зав'язі, фунікулос короткий і вертикально спрямований. Мікропіле повернуте донизу, складене внутрішніми покривами. Дах зав'язі – частина над трьома гніздами зав'язі, де є канали стовпчика, які продовжуються до рівня, де відкриваються септальні нектарники та зберігається структура стовпчика. Конструкція даху зав'язі відрізняється від структури стовпчика значно більшим діаметром та наявністю септальних нектарів – двох особливостей, характерних для будови зав'язі. У *D. surculosa*, *S. parva* та *S. grandicuspis* канали стовпчика розміщені не апікально, а приблизно на 120-140 мкм зміщені на вентральну сторону гнізд зав'язі.

Відповідно до концепції вертикальної зональності гінецея за В. Ляйнфельнером [7], ми виділили чотири вертикальні зони гінецея в досліджуваних видах: синасцидіатна зона – найкоротша зона гінецею (60-180 мкм) з трьома окремими гніздами зав'язі. Для досліджуваних видів це не типово, оскільки є виразні порожнини септальних нектарників. Як і гнізда зав'язі, порожнини нектарників не з'єднані між собою, у цій зоні є шість чітких порожнин – три гнізда та три септальні нектарники. Гемісинасцидіатна зона – зона з трьома не з'єднаними гніздами зав'язі та трикутною щілиною у центрі. Дистальні частини цієї щілини утворюють септальну нектарну порожнину, але центральна частина є постгенітально закритою і має вигляд двох рядів епідермальних клітин. Ця зона довга [таблиця 1, 2], медіанний насінний зачаток прикріплений до поперечної зони кожного гнізда. Гемісмплікатна зона – зона частково зрослих плодолистків, де з'являються вентральні щілини плодолистків, але постгенітально закриті і видимі як два ряди епідермальних клітин. У цій зоні септальний нектар також присутній, як і у гемісинасцидіатній

зоні, і має конгенітально зрослу зовнішню стінку. Ця зона присутня у верхній частині гнізд та на даху зав'язі у *S. hyacinthoides*, *S. grandis*, *S. aethiopica*, *S. spicata*, *S. severuticosa*, *D. fragrans*, *D. surculosa*. Ця зона відсутня у *S. trifasciata*, *S. parva*, *S. grandicuspis*, *S. dooner*, *S. fernwood*. Асимплікатна зона – ця зона за В. Ляйнфельнером [7] не має конгенітального злиття між плодолистками. Ми визнаємо функціонально асимплікаційну зону без злиття між плодолистками та структурно асимплікаційну зону з постгенітальним злиттям, завдяки якій формується стовпчик та приймочка. У досліджуваних видів плодолистки в цій зоні зрощуються постгенітально. Ця зона починається на рівні, де кожна щілина септального нектарника об'єднується дистально з септальною борозенкою [таблиця 1, 2].

Септальні нектарники наявні вздовж усієї висоти зав'язі, вони покриті секреторним епідермісом від самої основи і не мають вивідного каналу, як це було припущено Е. Дауманом [3], для всіх видів з септальним нектарником. Але насправді, вони мають апікально розташовані секреторні септальні борозенки, часто значної довжини, розташовані на даху зав'язі. Стінки борозенок вкриті таким же секреторним епідермісом, що і стінки щілин септальних нектарників, що робить їх добре помітними на пофарбованих ділянках. За описової класифікації Р. Шмідта [14], септальний нектарник у всіх досліджуваних видів є не лабіринтиним, а у верхній частині – іноді злегка лабіринтиним (у видів *Sansevieria*). За Е. Дауманом [2] вони внутрішні в нижній частині та зовнішні (зовнішні) у верхній частині (септальні борозенки).

У цих видів синасцидіатна зона містить роздільний септальний нектарник, тому ми вважаємо це результатом загальної морфогенетичної трансформації маточки з септальним нектарником. Виникнення синасцидіатної зони у гемісинкарпному гінецеї зумовлює необхідність розширення класифікації гінецею [7], особливо для таксонів Однодолних.

Таблиця 1. Висота зон гінецея та септального нектарника у видів роду *Sansevieria*

Зона, Мкм \ Вид	<i>S. trifasciata</i>	<i>S. parva</i>	<i>S. grandicuspis</i>	<i>S. dooneri</i>	<i>S. fernwood</i>
Гнізда зав'язі	720-800	800	840-940	620-820	600-820
Основа зав'язі	500	480	280	420	420
Дах зав'язі	700	180	280	500	280
Висота квітколожа	500	480	280	420	420
Синасцидіатна зона	60	100	140	160	120
Гемісинасцидіатна зона	660	480	660	440	400
Гемісмплікатна зона	–	–	–	–	–
Асимплікатна зона в зав'язі	700	400	400	500	280
Септальний нектарник загалом	1530	1100	1320	1220	980
Висота роздільного септального нектарника	280	180	100	100	260
Нектарна щілина	700	385	280	500	280
Нектарна щілина / септальний нектарник загалом *, %	46	35	21	41	29
Основа – гнізда – дах зав'язі, %	26-42-32	33-55-12	19-62-19	26-44-30	30-50-20
Септальний нектарник загалом * / зав'язь, %	76	75	91	74	70
Септальний нектарник загалом * / гнізда зав'язі	1,9-2,1	1,4	1,6	1,5-2	1,2-1,6

* Примітка до табл. 1 і 2: Септальний нектарник загалом – це сумарна висота нектарної порожнини (внутрішнього

нектарника) та нектарної щілини (зовнішнього нектарника).

Таблиця 2. Висота зон гінецея та септального нектарника у видів родів *Sansevieria* та *Dracaena*

Зона, мкм	Вид	<i>S. hyacinthoides</i>	<i>S. grandis</i>	<i>S. aetheopica</i>	<i>S. spicata</i>	<i>S. suffruticosa</i>	<i>D. fragrans</i>	<i>D. surculosa</i>
Гнізда зав'язі		1180-1460	800-960	820	740-800	840-940	1000-1250	800-860
Основа зав'язі		680	540	200	180	320	340	260
Дах зав'язі		760	740	360	560	620	420	580
Висота квітколожа		1400	540	320	180	320	340	260
Синасцидіатна зона		160	180	140	160	60	180	100
Гемісинасцидіатна зона		900	660	540	560	740	520-880	680
Гемісмплікатна зона		680	420	260	440	360	360	360
Асимплікатна зона в зав'язі		760	740	360	560	620	100	580
Септальний нектарник загалом		2700	1880	1300	1340	1440	1250	1140
Висота роздільного септального нектарника		740	260	260	240	0	100	0
Нектарна щілина		400	440	240	200	400	100	280
Нектарна щілина / септальний нектарник загалом*, %		15	23	18	15	28	8	25
Основа – гнізда – дах зав'язі, %		25-48-27	25-41-34	15-59-26	12-51-37	17-49-34	19-57-24	16-50-34
Септальний нектарник загалом* / зав'язь, %		98	87	94	89	77	62-71	68
Септальний нектарник загалом* / гнізда зав'язі		1,8-2,3	2-2,35	1,7	1,7-1,8	1,5-1,7	1,0-1,2	1,3-1,4

* Примітка до табл. 1 і 2: Септальний нектарник загалом – це сумарна висота нектарної порожнини (внутрішнього нектарника) та нектарної щілини (зовнішнього нектарника).

До досліджуваних видів ми застосували поняття вертикальної зональності септального нектарника [5, 10]. Відповідно до нього, можна виділити такі вертикальні зони в структурі типового септального нектарника аналогічно вертикальним зонам гінецею за В. Ляйнфельнером [7]. Такими зонами є: зона роздільного септального нектарника, зона об'єднаного септального нектарника – зона з трьома нектарними порожнинами, об'єднаними в центрі зав'язі загальною епідермою, зона зовнішнього нектарника або нектарна щілина. Загальна висота септального нектарника включає висоту роздільного септального нектарника, об'єднаного та висоту нектарної щілини [10]. У видів *Dracaena* нектарна щілина відноситься до висоти септального нектарника як 1/10, тоді як у представників роду *Sansevieria* це співвідношення досягає 1/3 до 1/2. Ми виділяємо основні типи вертикальної зональності гінецею в цілому:

A - *D. surculosa*, *S. suffruticosa* (над синасцидіатною зоною наявні наступні зони: гемісинасцидіатна (фертильна), гемісмплікатна і асимплікатна, а септальні нектарники з'являються після гнізд зав'язі);

B - *D. fragrans* (коротка синасцидіатна зона, фертильна гемісинасцидіатна зона з медіанно прикріпленими насінними зачатками, гемісмплікатна зона та асимплікатна зона та септальні нектарники з'являються після гнізд зав'язі).

C - *S. parva*, *S. trifasciata*, *S. dooneru*, *S. grandicuspis*, *S. fernwood* (коротка синасцидіатна зона, фертильна гемісинасцидіатна зона з медіанно прикріпленими насінними зачатками, асимплікатна зона, гемісмплікатна

зона відсутня, а септальні нектарники з'являються перед гніздами зав'язі).

D - *S. hyacinthoides*, *S. spicata*, *S. aetheopica*, *S. grandis* (представлені синасцидіатною, гемісинасцидіатною, гемісмплікатною та асимплікатною зонами, а септальні нектарники з'являються перед гніздами зав'язі).

E - *Polygonatum multiflorum* (дві крайові яйцеклітини, гемісмплікатна зона фертильна, не відбувається постгенітальне зростання у гемісмплікатній зоні, канал стовпчика з'єднані, приймочка відкрита).

Висновки. У гінецеї досліджуваних видів виявлено високу основу зав'язі та дах зав'язі. Цей гінецей є гемісінкарпним *sensu lato*, тому що він містить гемісинасцидіатну і гемісмплікатну зони, але також має синасцидіатну зону, характерну для евсінкарпного типу гінецея. У деяких видів *Sansevieria* відсутня гемісмплікатна зона. Стовпчик складається з асимплікатної зони. Загальна висота септального нектарника значно перевищує висоту гнізд зав'язі, оскільки у даху зав'язі над гніздами є секреторні нектарні щілини та роздільні септальні нектарники в основі зав'язі (у *Sansevieria*). Такий тип зональності гінецею раніше не виявлявся для видів *Dracaena* та *Sansevieria*. Присутність та висота різних вертикальних зон зав'язі, гінецею та септального нектарника, а також взаємозв'язок всіх цих трьох типів вертикальної зональності дають нам можливість більш точно диференціювати досліджувані види. А дослідивши будову плоду описаних представників, дати пояснення деяким морфологічним ознакам, які закладаються на стадії квіткі.

REFERENCES

1. Bogler D. J. Phylogeny of Agavaceae based on ITS rDNA sequence variation // Amer. J. Bot., 1996, Vol. 83. P. 1225-1235
2. Bos J. J. Dracaenaceae In: K. Kubitzki et al. (ed.), The families and genera of vascular plants. III. Flowering plants // Monocotyledons: Liliaceae (except Orchidaceae), Springer. 1998. P. 238-241.
3. Daumann E. Das Blütennektarium der Monocotyledonen unter besonderer Berücksichtigung seiner systematischen und phylogenetischen // Feddes Repert, 1970. – Bd.80, H. 7-8. S. 463-590.
4. Dyka O. Flower morphology and vascular anatomy in some representatives of Urgineoideae (Hyacinthaceae) // Thaiszia - J. Bot., Košice, 2018, 28 (2). P. 125-143
5. Fishchuk O., Odintsova A., Sulborska A. Gynoecium structure in *Dracaena fragrans* (L.) Ker Gawl., *Sansevieria parva* N.E. Brown and *Sansevieria trifasciata* Prain (Asparagaceae) with septal emphasis on the structure of the septal nectary // Acta Agrobotanica, 2014, 66 (4). P. 55-64.
6. Kim J. H., Kim D. K., Fores T. F. Fay M. F., Chase M. W. Molecular phylogenetics of Ruscaceae sensu lato and related families (Asparagales) based on plastid and nuclear DNA sequences // Ann. Bot., 2010, № 106. P. 775-780.
7. Leinfellner W. Der Bauplan des syncarpen Gynoeceums / W. Leinfellner // Österr. Bot. Zeitschr. – 1950. – Bd. 97, H. 3-5. – S. 403-436.
8. Lu P.-L., Morden C. Phylogenetic Relationships among Dracaenoid Genera (Asparagaceae:Nolinoideae) Inferred from Chloroplast DNA Loci // Systematic Botany. 2014, Vol. 39, № 1. P. 90-104.
9. Lu P.-L., Morden C. Phylogenetics of the plant genera *Dracaena* and *Pleomele* (Asparagaceae) // Botanica Orientalis – Journal of Plant Science, 2010, Vol. 7. P. 64-72.
10. Odintsova A, Fishchuk O. The flower morphology in three Convallariaceae species with various attractive traits // Acta Agrobotanica, 2017, 70(1). P. 1705-1719.
11. Rudall P. J. Unique floral structures and interactive evolutionary themes in Asparagales: insights from a morphological cladistic analysis // The Bot. Rev., 2003. – Vol. 68, № 4. P. 488-509.
12. Rudall P. J. Homologies of inferior ovaries and septal nectaries in Monocotyledons // Int. J. Pl. Sci, 2002. Vol. 163. P. 261-276.
13. Rudall P. J., Conran J. G., Chase M. W. Systematics of Ruscaceae, Convallariaceae: a combined morphological and molecular investigation / P. J. Rudall, // Bot. J. Linn. Soc., 2000, Vol.13, № 4. P. 73-92.
14. Schmid R. Functional interpretations of the morphology and anatomy of septal nectaries // Acta Bot. Neerl., 1985, №34 (1). P. 125-128.
15. Smets E.F., Ronse Decraene L. -P., Caris P., Rudall P.J. Floral nectaries in Monocotyledons: distribution and evolution // Monocots: systematics and evolution. Melbourne: CSIRO, 2000.
16. Takhtajan A. Flowering plants. Springer, 2009. 871 p
17. The angiosperm phylogeny group. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants APG IV // Bot. J. Linn. Soc., 2016, 181. P. 15
18. Wunderlich R. Die Agavaceae Hutchinsons im Lichte ihrer Embryologie, ihres Gynoeceum // Staubblatt und Blattbaues Osterreichische botanische Zeitschrift, 1950, Bd. 97, № 3-5. S. 437-502.

Comparative flower morphology of some Asparagales representatives in the light of modern molecular taxonomy

O. S. Fishchuk

Abstract. The flower morphology of some representatives in the order Asparagales is investigated in the article and the gynoecium zonation and the structure of septal nectary are studied. Our approach provides us with the possibility to differentiate the species and perhaps the genera after the location and presence of various vertical zones of the gynoecium and nectary particularly. The gynoecium structure in studied species has differences in the length of the gynoecium and septal nectary zones, and also in the interrelation of all of these three types of vertical zonation.

Keywords: ovary, gynoecium, septal nectary, flower morphology.

CHEMISTRY

Дослідження кінетики розчинення мінералів методом обертового диску

Л. В. Іванченко, В. Я. Кожухар, В. В. Брем

Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, Україна
Corresponding author. E-mail: kozhukhar-vladimir@ya.ru

Paper received 20.02.20; Accepted for publication 15.03.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-04>

Анотація. Огляд літературних джерел дозволив виявити недоліки методів перероблення полімінеральних руд. Для зменшення тривалості процесу в порівнянні з хлоридним вилуговуванням нами розроблено спосіб перероблення полімінеральних руд шляхом вилуговування насиченими сульфатними розчинами. Для вивчення особливостей сульфатного вилуговування цікаво використовувати, насамперед, саме метод обертового диску. Це дозволило вивчити кінетичні закономірності сульфатного вилуговування у порівнянні з технологією хлоридного вилуговування. З'ясовано, що в обох випадках константи швидкості розчинення близькі між собою. Це свідчить про те, що в процесі сульфатного вилуговування продукти висолування кристалізуються в об'ємі розчину і не будуть виявляти гальмуючої дії на процес. Отже, заміна хлоридного вилуговування сульфатним не знижує швидкості процесу і принесе низку переваг, що визначають технологічне та апаратне оформлення галургійного перероблення сольових руд.

Ключові слова: полімінеральні руди, кінетика розчинення, обертовий диск, сульфатне вилуговування.

Вступ. Перероблення полімінеральних руд ґрунтується на взаємній розчинності солей у п'ятикомпонентній системі K^+ , Na^+ , Mg^{2+} || SO_4^{2-} , Cl^- , H_2O . В процесі розчинення таких руд сольовий склад рідкої фази представлятиме суміш сульфатів і хлоридів калію і магнію та натрію хлориду. Оскільки натрій хлорид в вихідній сировині міститься у вельми великих кількостях та розчинність його велика, розчини, що утворюються, практично завжди насичені в першу чергу за галітом. Вміст інших солей в розчині залежить як від состава вихідної сировини так і від умов розчинення.

Незважаючи на наявність в даній системі численних сульфатних і сульфатно-хлоридних солей і кристалогідратів, а також здатність цих сполук до стійких пересичень, що робить перероблення сировини вельми складним технологічним завданням, значний зсув полів кристалізації солей в залежності від температури процесу та інших технологічних факторів дозволяє проводити поділ вихідних компонентів і отримувати необхідні продукти в чистому вигляді.

Нами розроблено новий галургійний спосіб перероблення полімінеральних руд шляхом вилуговування насиченими сульфатними розчинами [1, 2], який має цілу низку переваг у порівнянні з традиційною технологією хлоридного вилуговування [3].

Для інтенсифікації основної стадії галургійного перероблення полімінеральних руд необхідно знати кінетику розчинення мінералів, які входять до складу руди.

Мета. Кінетичні особливості методу сульфатного вилуговування визначаються низкою факторів, розглянутих у дифузійно-кінетичній теорії розчинення [4, 5]. Насамперед – це індивідуальні властивості окремих мінералів, що входять до складу руди. Відомо, що більшість із них належить до дифузійнорозчинних. Виключенням є лангбейніт і кізерит, які розчиняються в кінетичній області, що є однією із причин тривалості всього процесу.

Інша причина залежить від специфіки механізму процесу вилуговування. Найчастіше кристалічні продукти реакції виділяються не в об'ємі розчину, а на поверхні зерен мінералів, що розчиняються, утворюючи захисні плівки. Вони гальмують процес розчинення аж до повного його припинення. Саме цим пояснюється практично повна відсутність розчинності у полігаліту через утворення на його поверхні захисної плівки із кальцію сульфату.

У зв'язку з викладеним, цікаво вивчити, насамперед, кінетичні закономірності сульфатного вилуговування.

Матеріали та методи. Кінетичні фактори відносяться до найважливіших параметрів, що визначають технологічне та апаратне оформлення галургійного перероблення сольових руд. Необхідно відзначити важливість вибору методики дослідження, оскільки через їх різноманітність і складності самого явища дані різних авторів важко порівнянні, часто невідтворені і не можуть бути використані на практиці [6].

Серед експериментальних методів дослідження механізму кінетики розчинення твердих тіл найбільший інтерес представляє метод обертового диска [5, 7] завдяки наступним його перевагам: поверхня диска є однаково доступний в дифузійному відношенні; площа поверхні зразка, який розчиняється, залишається в перебігу досліду сталою; гідродинамічні умови легко контролювати і варіювати зміною частоти обертання зразка.

Також обертовий диск застосовують як інертний електрод для вивчення механізму і кінетики електрохімічних реакцій, швидкості корозії металів, у полярографічному аналізі та для визначення коефіцієнтів дифузії різних речовин. Цим методом вдається виявити умови протікання процесів у дифузійній, кінетичній або змішаній областях [8, 9, 10].

Також метод обертового диску успішно використовується для дослідження розчинення спресованих таблеток органічних речовин та неорганічних солей [11, 12]. У цих роботах дослідження проводили в області,

де розчинення відбувалося за дифузійним механізмом.

У якості об'єктів дослідження обрані галіт і лангбейніт. Такий вибір пояснюється, насамперед, тим, що вони відносяться до мінералів з різним типом розчинення – перший розчиняється дифузійно, другий – кінетично. До того ж і галіт і лангбейніт є одними з основних компонентів полімінеральної руди, а галіто-лангбейнітовий залишок майже повністю складається з цих двох мінералів.

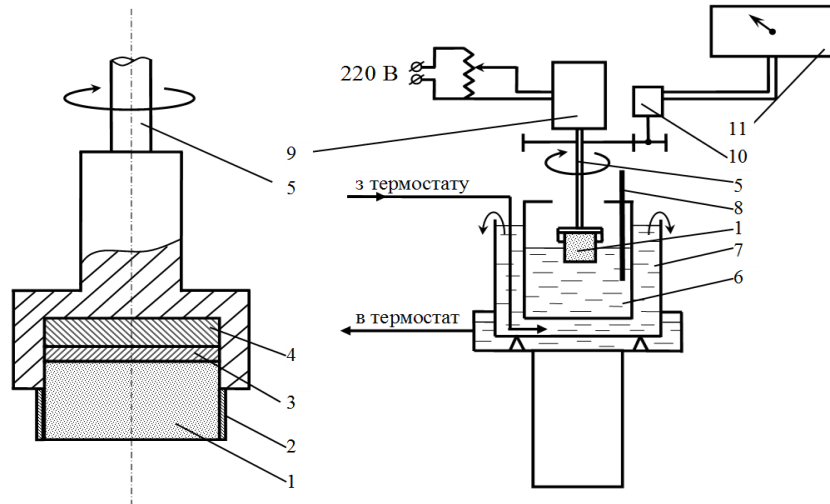


Рис. 1 – Схема експериментальної установки: 1 – таблетка солі; 2 – ізолюючий шар; 3 – сталевий диск; 4 – магніт; 5 – обертаючий вал; 6 – посудина з розчином; 7 – ємність (сорочка); 8 – термометр; 9 – електродвигун; 10 – генератор тахометричний; 11 – мілівольтметр.

Таблетки для досліджень виготовляли пресуванням дрібнокристалічних солей. До одного з торців приклеювали сталеву пластинку 3, що дозволяло легко приєднувати і знімати таблетку 1 з валу 5. Бокову поверхню таблетки захищали від розчинення водостійким клеєм і кільцем з тонкої гуми. Попередньо таблетку в зібраному виді ізолювали від розчину тонкостінним кожухом, разом з валом розміщували в склянці з розчином 6, яку термостатували, і витримували не менш 30 хвилин для нагрівання до температури дослідження. Потім кожух забирали і вмикали електродвигун 9, попередньо виставлений на задане число обертань за каліброваним графіком.

В кінці кожного дослідження таблетку знімали, старанно промокали фільтрувальним папером і визначали втрату маси зважуванням. За одержаними даними, знаючи тривалість дослідження, розраховували швидкість розчинення.

Результати та їх обговорення. Для співставлення двох галургійних методів (хлоридного і сульфатного) спочатку вивчали кінетику розчинення галіту в розчинах натрію хлориду.

Диски солі виготовляли пресуванням дрібнокристалічного натрію хлориду за питомого тиску 500 МПа. Спресовані таблетки володіли високою міцністю і мали густину близьку до густини монокристалу натрію хлориду: пористість не перевищувала 5...6 %.

Дослідження проводили в розчинах натрію хлориду близьких до насичення, за помірної швидкості. З попередніх дослідів було встановлено, що для цього рушійна сила процесу $\Delta C = C^* - C$ повинна становити порядку 31...33 г/л. Концентрація розчину у всіх

Схему лабораторної установки наведено на рис. 1 і вона включає колекторний електродвигун 9 забезпечений патроном, у який кріпиться обертаючий вал 5 з пристроєм для приєднання таблетки солі 1 за допомогою постійного магніту. Задана частота обертання установлюється постачанням двигуна за допомогою трансформатора ЛАТР і контролюється за допомогою тахометричного генератора 10 з цифровим мілівольтметром 11.

дослідах була однаковою 24 % (283,2 г/л), густина – $\rho = 1,18 \text{ г/см}^3$, динамічна в'язкість – $\mu = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, кінематична в'язкість – $\nu = 1,53 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, коефіцієнт дифузії – $D = 1,64 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$.

Досліди проведено за температури 20 °С, частоти обертань від 100 до 1000 об/хв. Діаметр спресованої таблетки становив $d = 0,0212 \text{ м}$, площа поперечного перетину $S = 7,056 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Гідродинамічне положення оцінювали значенням критерію $Re = \frac{\omega \cdot R}{\nu}$. Три-

валість дослідів τ за фіксованих значень температури і частоти обертання становила звичайно 5, 10 і 15 хвилин. У кожному досліді визначали втрату маси таблетки. Умови дослідів і одержані результати наведено в 1...6 стовпцях табл. 1.

Далі за усередненою лінійною залежністю втрати маси від часу $\Delta m = f(\tau)$ обчислювали питому швидкість розчинення $V = \Delta m/S$ для кожного значення n . Вважаючи, що величина рушійної сили процесу в ході дослідження залишається сталою, розрахунок експериментальних величин коефіцієнта швидкості розчинення проводили за рівнянням:

$$K_e = \frac{\Delta m}{\Delta \tau \cdot \Delta C \cdot S} = \frac{V}{\Delta C}, \quad (1)$$

Для порівняння розраховували також теоретичні значення коефіцієнтів швидкості розчинення за формулою Левича [5]:

$$K_r = 0,62 \cdot D^{2/3} \cdot \nu^{-1/6} \cdot \omega^{1/2}. \quad (2)$$

Результати розрахунків наведено в 7...10 стовпцях таблиці 1.

За розрахунковими даними на рис. 2 наведена залежність коефіцієнта швидкості розчинення від кутової швидкості обертання зразка, $K = f(\sqrt{\omega})$.

Для порівняння на графіку наведено теоретичні значення коефіцієнтів швидкості розчинення, які у

межах припустимої погрішності добре збігаються зі значеннями K , що одержані експериментально, але тільки у дифузійній області за ламінарного руху рідини біля поверхні зразка.

Таблиця 1 – Експериментальні та розрахункові дані кінетики розчинення NaCl в хлоридному розчині

Умови досліджу				Експериментальні дані		Розрахункові величини			
п, об/хв	ω , рад/с	$\sqrt{\omega}$	$Re \cdot 10^{-5}$	τ , с	$\Delta m \cdot 10^3$, кг	$V \cdot 10^3$, кг/(с·м ²)	$K_e \cdot 10^5$, м/с	$K_T \cdot 10^5$, м/с	$\delta \cdot 10^5$, м
100	10,47	3,24	0,73	300	0,0801	0,84	2,61	2,66	2,43
				600	0,1899				
				900	0,2430				
200	20,94	4,58	1,45	300	0,1034	0,978	3,04	3,77	1,72
				600	0,1945				
				900	0,2405				
300	31,42	5,6	2,18	300	0,1524	1,14	3,55	4,6	1,4
				600	0,2890				
				900	0,4255				
500	52,36	7,24	3,63	300	0,2023	1,81	5,63	5,63	1,09
				600	0,3842				
				900	0,3935				
550	57,57	7,59	3,99	300	0,2226	2,1	6,54	6,24	1,03
				600	0,4874				
600	62,80	7,93	4,35	300	0,2170	2,45	7,62	6,52	0,99
				600	0,6023				
800	83,74	9,15	5,8	300	0,3197	2,95	9,18	7,53	0,859
				600	0,6253				
900	94,20	9,71	6,54	600	0,6804	3,21	9,99	7,99	0,79
1000	104,7	10,2	7,25	600	0,6922	3,27	10,17	8,68	0,77

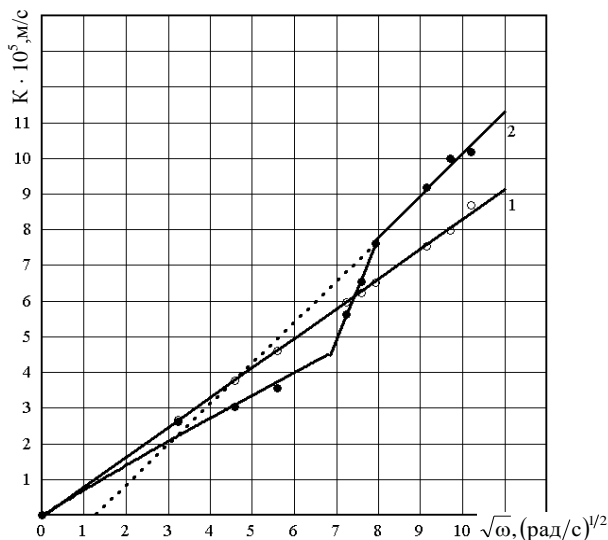


Рис. 2 – Залежність коефіцієнта швидкості розчинення від кутової швидкості обертання зразка: 1 – теоретичні значення; 2 – практичні значення.

З рисунку видно, що лінійна залежність, яка випливає з теорії Левича, спостерігається тільки до значень $\sqrt{\omega} = 7,0$ ($Re = 3,63 \cdot 10^5$). Тут відбувається ламінарний режим обтікання та розчинення відбувається за дифузійним механізмом.

Під час проведення дослідження вийти в кінетичну область і досягти граничної швидкості дифузійного розчинення не вдалося. Внаслідок збільшення швидкості обертання понад 500 об/хв., ламінарний режим

обтікання переходить у турбулентний. Замість правильних спіральних фігур травлення, на поверхні диску утворилися заглиблення; вона виглядала сильно поїденою. Площина поверхні стає непорівнянною з перерізом диску і різко збільшується, внаслідок швидкості процесу також збільшується, що відображається зломом на кінетичній кривій за $Re = 4,35 \cdot 10^5$.

В турбулентній області також спостерігається лінійна залежність між швидкістю розчинення K і кутовою швидкістю обертання зразків $\sqrt{\omega}$, але продовження прямої не проходить крізь початок координат, а відтинає на осі абсцис значення кутової швидкості $\sqrt{\omega} = 1,25$.

Проведені дослідження свідчать про відповідність експериментальних даних теоретичним положенням для простого розчинення, тобто для розчинення однієї солі у воді. Проте прийнята до розроблення технологія сульфатного вилуговування характеризується складним процесом висоловання. Тому подальші дослідження були присвячені саме цьому питанню.

Розчинення натрію хлориду в розчинах натрію сульфату супроводжується висолованням і кристалізацією останнього [1]. Викликає інтерес порівняння швидкості розчинення натрію хлориду у воді та у розчинах, насичених за натрію сульфатом. З цією метою були проведені такі досліди за температури 20 °С.

Для порівняння результатів дослідження важливим питанням є правильний вибір рушійної сили процесу. Для прийнятих умов рушійну силу треба розраховувати як різницю граничної концентрації натрію хло-

риду у евтектичному розчині і концентрації його у робочому розчині. В цьому випадку рушійна сила процесу за натрію хлоридом дорівнює $\Delta C = 36,1$ г/л. Робочий розчин має такий склад (% мас.): $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 9,2$; $\text{NaCl} - 20,2$; $\text{H}_2\text{O} - 70,6$. Одержаний розчин має густину $\rho = 1227$ кг/м³, динамічна в'язкість дорівнює $\mu = 2,51 \cdot 10^{-3}$ Па · с, кінематична в'язкість $\nu = 2,04 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Методика проведення досліджень та оброблення одержаних даних була аналогічною методиці, описаної вище. Результати експериментів і розрахунків наведено у табл. 2 та на рис. 3.

Таблиця 2 – Експериментальні та розрахункові дані кінетики розчинення NaCl у насичених розчинах Na₂SO₄

Умови досліджу				Експериментальні дані		Розрахункові величини			
п, об/хв	ω , рад/с	$\sqrt{\omega}$	$\text{Re} \cdot 10^{-5}$	τ , с	$\Delta m \cdot 10^3$, кг	$V \cdot 10^3$, кг/(с · м ²)	$K_c \cdot 10^5$, м/с	$K_T \cdot 10^5$, м/с	$\delta \cdot 10^5$, м
100	10,47	3,24	0,54	300	0,0539	0,556	1,57	0,958	6,61
				600	0,1192				
200	20,94	4,58	1,09	300	0,1683	0,84	3,034	1,35	4,68
				600	0,2654				
300	31,42	5,60	1,63	300	0,1100	1,12	4,04	1,65	3,83
				600	0,2374				
500	52,36	7,24	2,72	300	0,1787	1,56	4,32	2,14	2,96
				600	0,3276				
600	62,83	7,93	3,26	300	0,1839	1,79	4,96	2,345	2,70
				600	0,3950				
800	83,77	9,15	4,35	300	0,2052	1,96	1,96	2,706	2,34
				600	0,4146				
900	94,25	9,71	4,90	300	0,2205	2,22	6,15	2,87	2,21
				600	0,4901				

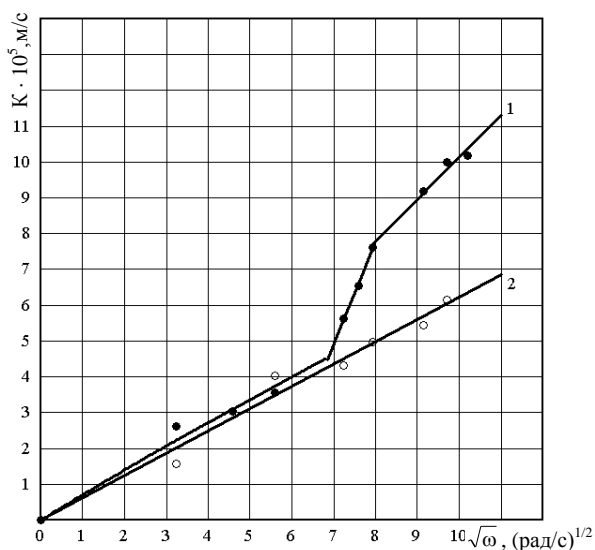


Рис. 3 – Залежність коефіцієнту швидкості розчинення натрію хлориду від кутової швидкості обертання зразку: 1 – у розчині натрію хлориду; 2 – у розчині натрію сульфату

Достатньо велика розбіжність між практичними і теоретичними значеннями коефіцієнта швидкості розчинення можна пояснити пересиченням розчину за натрію сульфатом, що спостерігалось у ході проведення експерименту. В процесі розчинення натрію хлориду не спостерігалось утворення дрібних кристалів Na_2SO_4 на поверхні диску і в об'ємі розчину, лише через деякий час на дні судини виростили крупні кристали натрію сульфату.

Через відсутність у нашому розпорядженні достатньої кількості природного мінералу для

Одержані результати свідчать, що лінійна залежність коефіцієнта швидкості розчинення від кутової швидкості обертання зразка зберігається у всьому діапазоні швидкості обертання зразка (100...900 об/хв.), оскільки значення критерію Рейнольдса під час проведення дослідів в сульфатних розчинах не перевищує $\text{Re} = 4,9 \cdot 10^5$ і режим обтікання не переходить в турбулентний. Ламінарна область обтікання підтверджується експериментом: візуально чіткими спіральними фігурами травлення та рівномірністю розчинення зразків.

проведення досліджень був синтезований штучний лангбейніт [13].

Була зроблена спроба провести дослідження кінетики розчинення лангбейніту методом обертового диску на лабораторному стенді (рис. 1). З цією метою одержаний штучний лангбейніт пресували у таблетки діаметром 22 мм і висотою 5 мм на пресі за питомого тиску 500 МПа. Ці таблетки спікалися за температури, близькій до температури плавлення для видалення мікропор. Коефіцієнт пористості, визначений з геометричних розмірів з урахуванням щільності лангбейніту не перевищував 5 %.

Результатами дослідів підтверджено, що лангбейніт відноситься до солей, які розчиняються кінетично. Зовнішніми ознаками цього є відсутність правильних спіральовидних фігур травлення на диску, характерних для дисків із натрію хлориду. Замість них на поверхні лангбейнітового диску спостерігаються пітінгові (крапкові) поглиблення і потім розтріскування зразка. Подібні явища спостерігалися також під час роботи з дисками з природного лангбейніту в роботі [14]. Тобто для досліджень розчинення лангбейніту метод обертового диска не придатний та необхідно користуватися традиційною методикою в реакторі з мішалкою.

Висновки. Методом обертового диску вивчено швидкість розчинення у воді і у насичених розчинах натрію сульфату спресованих таблеток галіту. З'ясовано, що в обох випадках константи швидкості розчинення близькі між собою. Це свідчить про те, що в процесі сульфатного вилуговування продукти висолування кристалізуються в об'ємі розчину і не будуть

виявляти гальмуючої дії на процес. Отже, заміна хлоридного вилуговування сульфатним не знижує швид-

кості процесу і принесе низку переваг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.М. Ерайзер, Л.В. Иванченко. Робоча діаграма вилуговування полімінеральних руд в сульфатний спосіб // Праці Одеського політехнічного університету, Одеса, 2013, Вып. 3 (42), С. 199-204.
2. Л.М. Ерайзер, Л.В. Иванченко. Галургійне перероблення полімінеральних калійних руд в метод сульфатного вилуговування оборотними розчинами на основі шеніту // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Sciences, 2014. II(3), Is. 21, С. 58-62.
3. Ю.Н. Лунькова, Н.В. Хабер. Производство концентрированных калийных удобрений из полиминеральных руд, Киев, Техника, 1980, 158 с.
4. Д.А. Франк-Каменецкий. Диффузия и теплопередача в химической кинетике, Москва, Наука, 1987, 490 с.
5. В.Г. Левич. Физико-химическая гидродинамика, Москва, Физматгиз, 1959, 700 с.
6. Н.С. Спирин. Исследование процесса растворения минеральных солей, Вопросы технологии переработки галургического сырья, под ред. В.В. Вязовова и О.Д. Кашкарова, Москва – Ленинград, Химия, 1967, С. 10-101.
7. А.Б. Здановский. Кинетика растворения природных солей в условиях вынужденной конвекции, под ред. В.В. Вязовова, Ленинград, Госхимиздат, 1956, 219 с.
8. Marek Mooste, E. Kibena-Pöldsepp, Margus Marandi, Leonard Matisen, Väino Sammelselg, Fetah I. Podvorica, Kaido Tammeveski, Surface and electrochemical characterization of aryl films grafted on polycrystalline copper from the diazonium compounds using the rotating disk electrode method, Journal of Electroanalytical Chemistry, Volume 817, 15 May 2018, Pages 89-100.
9. Kazuma Shinozaki, Jason W. Zack, Svitlana Pylypenko, Ryan M. Richards, Bryan S. Pivovar, Shyam S. Kocha, Benchmarking the oxygen reduction reaction activity of Pt-based catalysts using standardized rotating disk electrode methods, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 40, Issue 46, 14 December 2015, Pages 16820-16830.
10. Chunyu Du, Qiang Tan, Geping Yin, JiuJun Zhang, Rotating Electrode Methods and Oxygen Reduction Electrocatalysts, 2014, Pages 171-198.
11. Marwan Alkattan, Eric H. Oelkers, Jean-Louis Dandurand, Jacques Schott, Experimental studies of halite dissolution kinetics. 1. The effect of saturation state and the presence of trace metals, Chemical Geology, Volume 137, Issues 3-4, 15 May 1997, Pages 201-219.
12. Leticia A. Bernardez, Dissolution of polycyclic aromatic hydrocarbons from a non-aqueous phase liquid into a surfactant solution using a rotating disk apparatus, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Volume 320, Issues 1-3, 1 May 2008, Pages 175-182.
13. Л.В. Иванченко, Л.М. Ерайзер, І.П. Ковалевська. Розробка методів одержання і дослідження властивостей штучного лангбейніту, Вісник Львівського університету, Львів, 2004, Серія хімічна, Вип. 45, С. 17-21.
14. В.Т. Яворский, Н.И. Блаживский, И.Ю. Костив. Исследование процесса растворения лангбейнита в присутствии различных солей, Журнал прикладной химии, 1988. – Т. 61, № 6, С. 1368-1370

REFERENCES

1. L.N. Erayzer, L.V. Ivanchenko. Operating flow chart of polymineral ore leaching by the sulphate method. // Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi, Odessa, 2013. 2 (42), P. 199-204.
2. L.N. Erayzer, L.V. Ivanchenko. Halurgical processing of potash polymineral ores by a method of sulfate leaching of circulating solutions based on shenit // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Sciences, 2014. II(3), Is. 21, P. 58-62.
3. Yu.N. Lunkova, N.V. Khaber. Production of concentrated potash fertilizers from polymineral ores, Kiev, Tekhnyka, 1980, 158 p.
4. D.A. Frank-Kamenetskyi. Diffusion and heat transfer in chemical kinetics, Moscow, Nauka, 1987, 490 p.
5. V.H. Levykh. Physicochemical hydrodynamics, Moscow, Fyzmathyz, 1959, 700 p.
6. N.S. Spyrin. Study of the process of dissolution of mineral salts, Questions of technology of processing of halurgy raw materials, edited by V.V. Viazovov and O.D. Kashkarov, Moscow – Leningrad, Khymyia, 1967, P. 10-101.
7. A.B. Zdanovskiy. Kinetics of the dissolution of natural salts under forced convection, edited by V.V. Viazovov, Leningrad, Hoskhymyzdat, 1956, 219 p.
13. L.V. Ivanchenko, L.M. Erayzer, I.P. Kovalevska. The elaboration methods of receipt and properties research of artificial langbeynit, Bulletin of the University of Lviv, Lviv, 2004, Chemical series, 45, P. 17-21.
14. V.T. Yavorskyi, N.Y. Blazhyvskiy, Y.Yu. Kostyv. Study of the dissolution of langbainite in the presence of various salts, Journal of Applied Chemistry, 1988, 61 (6), P. 1368-1370.

Investigation of the kinetics of the dissolution of minerals by the rotating disk method

L. V. Ivanchenko, V. Ya. Kozhukhar, V. V. Brem

Abstract. A review of the literature revealed the disadvantages of the methods of mineral ores' processing. To reduce the duration of the process in comparison with chloride leaching, we have developed a method of processing polymineral ores by leaching with saturated sulfate solutions. To study the features of sulfate leaching, it is interesting to use, first of all, the rotating disk method. This allowed us to study the kinetic patterns of sulfate leaching compared with the chloride leaching technology. It was found that in both cases the dissolution rate constants are close to each other. This indicates that in the process of sulphate leaching, the products of salting out crystallize in the extent of the solution and will not show inhibitory effect on the process. Therefore, the replacement of chloride leaching with sulfate does not reduce the speed of the process and will bring a number of advantages that determine the technological and instrumental design of galurgical processing of salt ores.

Keywords: polymineral ores, dissolution kinetics, rotating disk, sulphate leaching.

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

Вибір сукупності показників для оцінювання ефективності функціонування системи радіосвітлотехнічного забезпечення аеродрому базування тактичної авіації під час ведення операцій (бойових дій)

А. А. Давидов

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, м. Київ, Україна
Corresponding author. E-mail: davdash1@ukr.net

Paper received 24.05.20; Accepted for publication 12.06.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-05>

Анотація. В статті обґрунтовано сукупність часткових показників та узагальнений показник для оцінювання ефективності функціонування системи радіосвітлотехнічного забезпечення аеродрому базування тактичної авіації, фізичний зміст якого повністю відповідає цільовому призначенню системи, забезпечує об'єктивне оцінювання ефективності її функціонування в умовах ведення сучасних операцій (бойових дій) та враховує умови, за яких здійснюється управління польотами державної авіації в районі аеродрому.

Ключові слова: показник ефективності, ефективність функціонування системи, радіосвітлотехнічне забезпечення, аеродром базування, тактична авіація.

Введення. Досвід застосування збройних сил провідних країн світу в локальних війнах і збройних конфліктах кінця ХХ початку ХХІ століть підтвердив стійку тенденцію зростання ролі та значущості засобів повітряно-космічного нападу у вирішенні не тільки великої кількості оперативних (бойових) завдань, але й у досягненні кінцевих воєнно-політичних цілей військового протистояння. На сьогоднішній день військова авіація залишається основною ударною силою, яка здатна наносити ракетно-авіаційні удари на всю глибину театру воєнних дій або території держав, що протистоять [1]. Ефективність її застосування залежить від усіх видів бойового забезпечення одним з яких є радіосвітлотехнічне забезпечення (РСТЗ), яке є складовою радіотехнічного забезпечення (РТЗ) авіації.

Короткий огляд публікацій по темі. Результати проведеного аналізу останніх наукових підходів, моделей та методик щодо оцінювання ефективності функціонування системи зв'язку та радіотехнічного забезпечення свідчать про наступне. В роботах [2-7] для оцінювання системи РСТЗ застосовуються стохастичні показники, які характеризують процес забезпечення зв'язку та РТЗ і задовольняють вимогам, що висуваються до нього, а саме, своєчасності, достовірності та скритності проходження інформації. Рекомендаціями ІКАО можливості системи РСТЗ щодо забезпечення польотів в зоні аеродрому визначаються вимогами зональної навігації RNAV 1 [8, глобальний план 18-30pp], а щодо забезпечення посадки повітряних суден (ПС) – методиками для визначення цілісності та безперервності обслуговування, які побудовані на основі «дерева ризику» [9, ІКАО] і спрямовані на оцінювання впливу функціонування засобів системи РСТЗ які забезпечують посадку на ризик втрати повітряного судна (ПС) під час виконання посадки. Запропонована в методиках [2-7,9] сукупність показників ефективності функціонування системи зв'язку та РТЗ не в повній мірі відповідає меті функціонування системи РСТЗ аеродрому базування ТА в операціях

(бойових діях) і не дозволяє визначити ступінь готовності системи РСТЗ аеродрому базування до забезпечення посадки ПС в певних метеорологічних умовах, з урахуванням умов, встановлених правилами виконання польотів державної авіації (Правила) [10], за яких здійснюється управління польотами в районі аеродрому базування. Тому виникає необхідність в визначенні показників ефективності функціонування системи РСТЗ аеродрому базування в операціях (бойових діях).

Отже, **метою** статті є обґрунтування сукупності показників ефективності функціонування системи РСТЗ аеродрому базування тактичної авіації (ТА), використання яких дозволить більш коректно описати основні процеси, що циркулюють в системі у сучасних умовах ведення операцій (бойових дій).

Основна частина. Оцінювання ефективності функціонування будь-якої складної системи (у т. ч. і військового призначення) здійснюється за відповідними показниками та критеріями [11-14]. Результат вирішення завдань системою РСТЗ аеродрому базування ТА в операціях (бойових діях) доцільно оцінювати таким показником, як ефективність, під якою мається на увазі узагальнена властивість системи, яка характеризує ступінь її пристосованості до виконання поставлених перед нею завдань у заданих умовах обстановки [11-14]. Основними завданнями системи РСТЗ аеродрому базування ТА є забезпечення літаководіння в зоні відповідальності аеродрому та забезпечення посадки повітряних суден [5], вдень та вночі, в простих та складних метеороумовах за встановленим метеомінімумом аеродрому [15].

Оцінювання ефективності функціонування системи РСТЗ аеродрому базування ТА в операції (бойових діях) пропонується здійснити за трьома групами показників:

ефекту (U), який характеризує метеорологічний мінімум аеродрому базування тактичної авіації, та включає мінімально допустиме значення видимості на

ЗПС і висоти нижньої межі хмар, при яких на даному аеродромі дозволяється виконувати зліт і посадку ПС; часу (t), який характеризує готовність системи РСТЗ аеродрому базування ТА до забезпечення потрібного метеорологічного мінімуму в умовах вогневого впливу на злітно-посадкову смугу;

ресурсів (витрат) (C), який характеризує наявний склад та резерв засобів радіотехнічного забезпечення а також можливості системи технічного забезпечення зв'язку, РТЗ, автоматизованих та інформаційних систем щодо їх відновлення. Виходячи з характеристики перерахованих вище груп показників оцінювання ефективності функціонування системи РСТЗ аеродрому базування ТА в операції (бойових діях), завдання підвищення ефективності функціонування системи РСТЗ аеродрому базування ТА в операціях (бойових діях) можливо сформулювати за аналогією [3, 4], а саме: при заданому об'ємі ресурсів, які виділяються, та заданому часі готовності системи РСТЗ, знайти такий спосіб організації системи РСТЗ аеродрому базування ТА, при якому досягається найбільший кінцевий результат (ефект):

$$U \rightarrow \max, \text{ при } t \leq t_{\text{доп}}, C \leq C_{\text{доп}} \quad (1).$$

З метою вибору показників ефективності функціонування системи РСТЗ аеродрому базування ТА які відповідають меті її функціонування доцільно визначити вплив внутрішніх та зовнішніх факторів, які впливають на ефективність її функціонування. Основним внутрішнім фактором, який впливає на ефективність функціонування системи РСТЗ аеродрому базування ТА доцільно визначити прийнятий порядок управління повітряним рухом в районі аеродрому, який визначається Правилами [10]. Згідно з Правилами, порядок управління повітряним рухом повітряних суден державної авіації в районі аеродрому має наступні особливості. Керівництво польотами здійснюється на підставі даних спостережень за повітряними судами візуально, за допомогою радіотехнічних засобів і за доповідями екіпажів. На аеродромах, не обладнаних засобами радіолокаційного контролю, дозволяється проводити польоти без радіолокаційного контролю ПС з максимальною швидкістю польоту до 300 км/год але за наявності стійкого двостороннього радіозв'язку та забезпечення постійного візуального контролю за польотами ПС. Враховуючи те, що літаки ТА (МіГ-29 (МіГ-29УБ), Су-27 (Су-27УБ), Су-25 (Су-25УБ), Су-24М (МР) та інші) мають максимальні швидкості, які більші за 300 км/год, то для забезпечення зльоту, посадки та польотів в районі аеродрому повітряних суден в різноманітних погодних умовах радіолокаційна система посадки (РСП), на відміну від інструментальної системи посадки, має обов'язково перебувати в складі системи РСТЗ аеродрому. Проте, в зв'язку з важливістю візуального орієнтування екіпажу ПС, застосовувати її для забезпечення посадки літаків без світлотехнічного обладнання (СТО) дозволяється вдень в простих метеоумовах.

У зв'язку з цим, для забезпечення польотів в районі аеродрому та посадки літаків вночі в простих метеоумовах, а також вдень і вночі в складних метеоумовах аеродром базування має бути обладнаний як РСП так і СТО. Сумісне застосування РСП та СТО аеродрому

дозволяє забезпечити посадку літаків ТА вдень та вночі в простих та складних метеоумовах при дальності прямої видимості ≥ 1100 м та нижній границі хмар в районі ближнього радіомаркерного пункту ≥ 200 м [15]. Додаткове залучення до складу системи РСТЗ інструментальної системи посадки (разом з РСП та СТО) дозволяє забезпечити безпечне зниження ПС до нижньої границі хмар в районі ближнього радіомаркерного пункту ≥ 110 м [15]. Проведений аналіз зовнішніх і внутрішніх факторів дозволяє зробити висновок, що ефект (U) від функціонування системи РСТЗ аеродрому базування ТА можливо визначити як метеорологічний мінімум аеродрому, що нею забезпечується, а РСП та СТО основним обладнанням системи РСТЗ аеродрому для забезпечення зльоту, посадки та польотів ТА в районі аеродрому, а також вдень і вночі, в простих та складних метеорологічних умовах. Зазначене обладнання обов'язково має враховуватись при визначенні ресурсів C .

Переважає більшість аеродромів, підготовлених в мирний час відомі противнику, навіть в тих випадках, коли авіація на них не базується. З початком бойових дій противник за допомогою сучасних засобів розвідки швидко викриє основну частину аеродромів, місця розташування яких йому не було відомо раніше. Разом з тим, противник може впливати на практично всі викриті аеродроми, в межах театру воєнних дій з метою руйнування злітно-посадкової смуги, знищення або пошкодження літаків, засобів управління, особового складу та запасів матеріальних засобів. При цьому противник може впливати на аеродроми різними засобами вогневого ураження, основними з яких є крилаті ракети повітряного та морського базування та авіаційні засоби ураження [1]. Висока ефективність ударів по аеродромам, а також складність швидкої підготовки великої кількості нових аеродромів та приховування їх розташування дозволяють зробити висновок про те, що вогневий вплив противника на аеродром є основним зовнішнім фактором, який впливає на ефективність функціонування системи РСТЗ аеродрому.

Можливості системи технічного забезпечення зв'язку, РСТЗ, автоматизованих та інформаційних систем та живучість засобів системи РСТЗ визначають часові показники t .

Сукупність показників ефективності функціонування системи РСТЗ аеродрому базування ТА у сучасних умовах ведення операцій (бойових дій) визначалась відповідно до основних вимог, які висуваються до неї, а саме [10-13]:

- відповідність меті операції (бойових дій);
- чутливість до будь-яких впливів зовнішніх та внутрішніх факторів;
- простота обчислень показників;
- легка інтерпретованість;
- повнота оцінки функціонування системи.

Тому, в якості часткових показників ефективності функціонування системи РСТЗ аеродрому базування ТА в операції (бойових діях) можуть бути обрані та розглядатися:

$P_{\text{вих},i}$ – імовірність виходу з ладу i -го засобу системи РСТЗ аеродрому базування тактичної авіації

внаслідок експлуатаційних пошкоджень, де $i = 1, 2, \dots, n$, n – кількість засобів, які входять до складу системи РСТЗ аеродрому базування тактичної авіації;

$P_{ур.i}$ – імовірність ураження i -го засобу системи РСТЗ аеродрому базування тактичної авіації;

$t_{відн.i}$ – час відновлення i -го засобу системи РСТЗ аеродрому базування тактичної авіації;

$t_{відн.доп}$ – допустимий час відновлення системи радіосвітлотехнічного забезпечення аеродрому базування тактичної авіації.

Зазначена сукупність показників ефективності функціонування системи РСТЗ аеродрому базування ТА в операції (бойових діях) та їх характер [14]:

чутливий – до впливу вражаючих факторів сучасних АЗУ; до умов експлуатації, технічного стану засобів РСТЗ, стану та спроможностей сил і засобів технічного забезпечення функціонування системи;

дозволяє – визначити основні напрямки в аналізі і розвитку позитивних властивостей системи РСТЗ аеродрому базування ТА для забезпечення більш коректного опису процесів експлуатації і відновлення засобів РСТЗ у ході їх бойового застосування та оцінювання ефективності функціонування системи у сучасних умовах ведення операцій (бойових дій).

Запропоновані в роботах [2–7] узагальнені показники ефективності функціонування системи зв'язку та РТЗ не можуть бути обрані в якості узагальненого

показника ефективності функціонування системи РСТЗ аеродрому базування ТА в операціях (бойових діях) тому, що не відповідають її цільовому призначенню, а саме, не дозволяють визначити ступінь готовності системи РСТЗ до забезпечення посадки повітряних суден за метеорологічним мінімумом аеродрому.

За умови, що польоти в районі аеродрому базування ТА забезпечуються відповідно до вимог до зональної навігації за стандартом RNAV 1 [ГЛОБ план ИКАО] ефективність функціонування системи РСТЗ пропонується оцінювати за наступним узагальненим показником:

$P_{заб.с.РСТЗ.мм}(t)$ – імовірність забезпечення системою РСТЗ аеродрому базування визначеного метеорологічного мінімуму.

Висновок. В статті обґрунтовано сукупність часткових показників ефективності функціонування системи РСТЗ аеродрому базування ТА, а також узагальнений показник, який на відміну від існуючих відповідає меті функціонування системи радіосвітлотехнічного забезпечення аеродрому базування ТА та характеризує спроможність системи РСТЗ забезпечувати конкретні значення метеомінімуму аеродрому базування літаків тактичної авіації в операціях (бойових діях) з урахуванням умов, встановлених правилами виконання польотів державної авіації [9], за яких здійснюється управління польотами в районі аеродрому базування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фисенко А. Н., Самойленко В. В. Роль и место маскировки в обеспечении живучести базирования авиации [Э. рес.] // Воздушно-космические Силы, вып. №3 2017, Режим доступа: http://xn----7sbajajhyox3duj.xn--p1ai/images/data/zhurnal_vks/vks_3.pdf.
2. Бабенко О. І., Рябуха А. Л., Костенко І. А. Вибір показників ефективності системи зв'язку та радіотехнічного забезпечення авіаційної частини [Э. рес.] // Системи обробки інформації. Вип.2(18), 2002 рік. С. 215-220. Режим доступа: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/14395>
3. Ивануткин А. Г., Казьмин А. И. Подход к оценке эффективности связи и радиотехнического обеспечения полетов авиации [Э. рес.] // Труды МАИ, вып. №82 2016., Режим доступа: http://trudymai.ru/upload/iblock/3bb/ivanutkin_kazmin_rus.pdf?lang=ru&issue=82.
4. Ивануткин А. Г., Данилин М. А., Пресняков М. Ю. Подход к выбору показателей эффективности связи и радиотехнического обеспечения полетов авиации [Э. рес.] // Труды МАИ, вып. №86 2016., Режим доступа: http://trudymai.ru/upload/iblock/72b/ivanutkin_danilin_presnyakov_rus.pdf?lang=ru&issue=86.
5. Ивануткин А. Г. Методика оценки эффективности радиотехнического обеспечения полетов авиации [Э. рес.] // Военная мысль. 2016. №7. С. 35-42. Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/452477>.
6. Воробьев В. А., Сахаров С. В., Митрофанова С. В. Оценка эффективности комплекса технических средств, стоящего на вооружении частей связи и радиотехнического обеспечения полетов государственной авиации [Э. рес.] // Воздушно-космические Силы, вып. №7 2018, с. 109-117. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-kompleksa-technicheskikh-sredstv-stoyaschego-na-vooruzhenii-chasteysvyaziiradiotekhnicheskogo-obespecheniya>.
7. Блинов А. В., Ивануткин А. Г. Показатели оценки эффективности связи и радиотехнического обеспечения соединения военно-транспортной авиации [Э. рес.] // Воздушно-космические Силы, вып. №11 2019, с. 8-14. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-otsenki-effektivnosti-svyazi-i-radiotekhnicheskogo-obespecheniya-soedineniya-voenno-transportnoy-aviatsii>.
8. Дорожная карта 4 / Добавление 5. Doc 9750-AN/963 Глобальный аэронавигационный план на 2016-2030 гг. Пролобная способность и эффективность. ИКАО. 2016. Р. 105. URL: https://www.iata.org/contentassets/1be2bec28b3d45f9ae7780d6beba7be9/icao_ganp_doc209750_5ed_en.pdf
9. Определение норм целостности и непрерывности обслуживания на основе метода дерева риска // Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. Авиационная электросвязь., Том 1. Радионавигационные средства., ДОПОЛНЕНИЕ А. стр. ДОП А-1. Издание шестое. Международная организация гражданской авиации 2006. URL: http://6pl.ru/asmmap/Annexes/an10_v1_cons_ru.pdf
10. Правила виконання польотів державної авіації України: Наказ Міністерства оборони України від 05 січня 2015 р. № 2 / Міністерство оборони України. Київ: МО України, 2015 р.
11. Загорка О. М., Мосов С. П., Сбітнев А. І., Стужук П. І. Елементи дослідження складних систем військового призначення: навчальний посібник. – К.: НАОУ, 2005. – 100 с.
12. Городнов В. П., Дробаха Г. А., Єрмошин М. О., Смірнов Є. Б., Ткаченко В. І. Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони

та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку): монографія. – Х.: ХВУ, 2004. – 250 с.

13. Барабаш Ю. Л. Основи теорії оцінювання ефективності складних систем (Методологія військових досліджень): навчальний посібник. – К.: НАОУ, 1999. – 39 с.
14. Основи моделювання бойових дій військ / Под ред. О. Ю. Пермякова. Київ: НАОУ, 2005. 481 с.
15. Правила визначення придатності до експлуатації аеродромів та злітно-посадкових майданчиків державної авіа-

ції України: Наказ Міністерства оборони України від 17 листопада 2014 р. №811 / Міністерство оборони України. Київ: МО України, 2014 р.

16. Попов С. Е. Визначення сукупності показників для оцінювання ефективності функціонування системи логістичного забезпечення радіотехнічних військ в операціях (бойових діях) / Зб. наук. пр. “Труди університету”. – К.: НУОУ, 2019. – № 2 (152). – С. 85-89.

REFERENCES

1. Fisenko A.N., Samojlenko V.V. Role and place of disguise in ensuring the air base survivability // «Aerospace forces. Theory and practice», 2017. №3, P. 15-31. URL: http://xn---7sbajjhyox3duj.xnp1ai/images/data/zhurnal_vks/vks_3.pdf.
2. Babenko O.I., Ryabuha A. L., Kostenko I. A. Vibi`r pokazniki`v efektyvnosti` sistemi` zvyazku ta radi`otekhnichnoho zabezpechennya avi`aczi`jnoyi chastini // Information processing systems. 2002. 2 (18), 2002. P. 215-220. URL: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/14395>
3. Ivanutkin A.G., Kazmin A. I. An approach to assessing the effectiveness of communications and radio-technical support for aviation flights // «Electronic journal «Trudy MAI»», 2016. №82 URL:http://trudymai.ru/upload/iblock/3bb/ivanutkin_kazmin_rus.pdf?lang=ru&issue=82.
4. Ivanutkin A.G., Danilin M. A., Presnyakov M. U. Approach to the selection of indicators of communication efficiency and radio-technical support for aviation flights // Electronic journal Trudy MAI, 2016. №86 URL: http://trudymai.ru/upload/iblock/72b/ivanutkin_danilin_presnyakov_rus.pdf?lang=ru&issue=86.
5. Ivanutkin A.G. Methodology for assessing the effectiveness of radio engineering support for aviation // J Military thought. 2016. №7. P. 35-42. URL: <https://rucont.ru/efd/452477>.
6. Vorob'ev V.A., Saharov S.V., Mitrofanova S.V. Efficiency evaluation of the technical means complex standing of the state aviation flowing on the armament of communication and radio-technical support parts // J Aerospace forces. Theory and practice, vol. №7 2018, P. 109-117. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-kompleksa-tehnicheskikh-sredstv-stoyashego-na-vooruzhenii-chastey-svyazi-radiotekhnicheskogo-obespecheniya>.
7. Blinov A.V., Ivanutkin A.G. Assessment efficiency indicators of communication and radio technical support of military transport aircraft connection // J Aerospace forces. Theory and practice, vol. №11 2019. c. 8-14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-otsenki-effektivnosti-svyazi-i-radiotekhnicheskogo-obespecheniya-soedineniya-voenno-transportnoy-aviatsii>.
8. Roadmap 4 / Appendix 5. Doc 9750-AN/963 2016-2030 Global Air Navigation Plan. Capacity & efficiency. ICAO. 2016. P. 105. URL: https://www.iata.org/contentassets/1be2bec28b3d45f9ae7780d6bea7be9/icao_ganp_doc209750_5ed_en.pdf
9. Opredelenye norm celostnosti y nepreryvnosti obsluzhivanya na osnove metoda dereva ryska // Prylozhenye 10 k Konvencyu o mezhdunarodnoj grazhdanskoj avyacyu. Avyacyunnaya elektrosvyaz., Tom 1. Radyonavygacyonnye sredstva., DOPOLNENYE A. str. DOP A-1. Yzdanye shestoe. Mezhdunarodnaya organizacyya grazhdanskoj avyacyu 2006. URL: http://6pl.ru/asmapi/Annexes/an10_v1_cons_ru.pdf
10. Pravyla vykonannya polotiv derzhavnoyi aviacyi Ukrainy: Nakaz Ministerstva oborony Ukrainy vid 05 sichnya 2015 r. # 2 / Ministerstvo oborony Ukrainy. Kyiv: MO Ukrainy, 2015 r.
11. Zagorka O. M., Mosov S. P., Sbitnyev A. I., Stuzhuk P. I. Elementy` doslidzhennya skladny`x sy`stem vijs`kovogo pry`znachennya: navchal`ny`j posibny`k. – K.: NAOU, 2005. – 100 s.
12. Gorodnov V. P., Drobaxa G. A., Yermoshyn M. O., Smirnov Ye. B., Tkachenko V. I. Modelyuvannya bojovyx dij vijsk (syl) proty`povitryanoyi oborony ta informacijne zabezpechennya procesiv upravlinnya nymy (teoriya, praktyka, istoriya rozvytku): monografiya. – X.: XVU, 2004. – 250 s.
13. Barabash Yu. L. Osnovy teoriiy ocinyuvannya efektyvnosti skladnyx system (Metodologiya vijskovyx doslidzhen: navchalnyj posibnyk. – K.: NAOU, 1999. – 39 s.
14. Osnovy modelyuvannya bojovyx dij vijsk / Pod red. O. Yu. Permyakova. Kyiv: NAOU, 2005. 481 s.
15. Pravyla vyznachennya prydatnosti do ekspluatacyi aerodromiv ta zlitno-posadkovykh majdanchykyv derzhavnoyi aviacyi Ukrainy: Nakaz Ministerstva oborony Ukrainy vid 17 lystopada 2014 r. #811 / Ministerstvo oborony Ukrainy. Kyiv: MO Ukrainy, 2014 r.
16. Popov S. E. The indicators determination for evaluation of logistic support system functioning efficiency of radio-technical troops in operations (combat operations) / J Trudy universitetu, 2019. № 2 (152). P. 85-89.

Choice a set of indicators to assess the effectiveness of the radio lighting system of the aerodrome of tactical aviation base during operations (combat operations)

A. Davydov

Abstract. The article substantiates a set of partial indicators and a generalized indicator for assessing the effectiveness of the radio light support airbase tactical aviation, the physical content of which fully meets the purpose of the system, provides an objective assessment of its effectiveness in combat operation and, which manages the flights of state aviation in the area of the aerodrome.

Keywords: efficiency indicator, system functioning efficiency, radio lighting support, base aerodrome, tactical aviation.

Nonlocal in time problem for evolution pseudodifferential equations with analytic symbols

V. V. Gorodetsky, A. A. Shyrovskyykh

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine
Corresponding author. E-mail: a.shyrovskyykh@gmail.com

Paper received 24.02.20; Accepted for publication 16.03.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-06>

Abstract. The definitions and properties of fundamental solution for nonlocal multi-point in time problem for evolution equations with pseudodifferential operators constructed at variable symbols is given. The solvability of multi-point problem in the W type spaces is installed and the integral image interpretation of solution is given.

Keywords: evolution equation, pseudodifferential operator, nonlocal problem, Fourier transform.

Introduction. A rather broad class of differential equations with partial derivatives are linear parabolic and B -parabolic equations, whose theory originates from the investigation heat equation. The classical theory of the Cauchy problem and boundary-value problems for such equations and systems of equations is constructed in the works of I.G. Petrovsky, S.D. Eidelman, S.D. Ivashyshen, M.I. Matiychuk, M.V. Zhytarash, A. Friedman, S. Teklind, V.O. Solonnikov, V.V. Krehivsky and others. The Cauchy problem with initial data from the spaces of generalized functions of the type of distributions and ultra-distributions was studied by G.E. Shilov, B.L. Gurevich, M.L. Gorbachuk, V.I. Gorbachuk, O.I. Kashpirovsky, Ya.I. Zhytomirsky, S.D. Ivashyshenym, V.V. Gorodetsky, V.A. Litochenko, etc.

A formal extension of the class of parabolic type equations is the evolution equations with pseudodifferential operators (PDOs), which can be represented as $A = I_{\sigma \rightarrow x}^{-1} [a(t, x; \sigma) I_{x \rightarrow \sigma}]$, $\{x, \sigma\} \subset \mathbb{R}^n$, $t > 0$, where a is a function (symbol) that satisfies certain conditions, I , I^{-1} is a direct and inverse Fourier or Bessel transform. PDOs include differential operators, fractional differentiation and integration operators, convolution operators, Bessel operator $B_\nu = d^2/dx^2 + (2\nu + 1)x^{-1}d/dx$, $\nu > -1/2$, which in its structure contains the expression $1/x$ and formally represented as $B_\nu = F_{B_\nu}^{-1} [-\sigma^2 F_{B_\nu}]$, where F_{B_ν} is the integral transformation of Bessel and others.

Today, in the theory of the Cauchy problem for evolutionary pseudodifferential equations in questions of the correct solvability of the Cauchy problem, the image of the solution in the case where the initial conditions are elements of different functional spaces (in particular, the spaces of generalized functions), significant results are obtained, native and foreign mathematicians (M. Nagase, R. Shinkai, C. Tsutsumi, Yu.A. Dubinsky, S.D. Eidelman, M.V. Fedoryuk, Y.M. Dryin, V.V. Gorodetsky, etc.).

One of the generalizations of the Cauchy problem for partial differential equations is the nonlocal multi-point in time problem, where the initial condition $u(t, \cdot)|_{t=0} = f$ is replaced by the condition $\sum_{k=0}^m \alpha_k u(t, \cdot)|_{t=t_k} = f$, where $t_0 = 0$, $\{t_1, \dots, t_m\} \subset (0, T]$, $\{\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_m\} \subset \mathbb{R}$, $m \in \mathbb{N}$ – are fixed numbers (if $\alpha_0 = 1$, $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_m = 0$, then obviously we have a Cauchy problem.) Nonlocal in time problems refer to nonlocal boundary-value problems for equations with partial derivatives. Nonlocal problems arise when modeling different processes and practices of boundary-value problems for equations with partial

derivatives with nonlocal conditions (see. eg., [1, 2]).

Many mathematicians have been involved in the study of nonlocal boundary value problems using different methods and approaches (see, for example, [3–11]). Important results were obtained concerning the formulation, correct solvability and solution construction, and the conditions of regularity of boundary conditions were formulated for important cases of differential operator equations.

This paper investigates a nonlocal multi-point in time problem for evolution equations with pseudodifferential operators constructed at variable symbols by Fourier transform. The analytic function of a pseudodifferential operator symbol character makes it possible to understand such an operator as an infinite-order differentiating operator with variable coefficients acting in a certain space of analytic functions. This gives a definition of the fundamental solution of the specified problem and investigates the properties of such a solution, establishes the solvability of the multi-point problem. An integral image of the solution is found.

Previous data. Consider the function $\omega: [0, +\infty) \rightarrow [0, +\infty)$, which is continuous and increasing, with $\omega(0) = 0$, $\lim_{x \rightarrow +\infty} \omega(x) = +\infty$. Set $\Omega(x) = \int_0^x \omega(\xi) d\xi$ for $x \geq 0$.

The function Ω has the following properties:

1) Ω is a differential function increasing by $[0, +\infty)$, and $\Omega(0) = 0$, $\lim_{x \rightarrow +\infty} \Omega(x) = +\infty$;

2) Ω is a convex downward function [12, p. 8], that is $\forall \{x_1, x_2\} \subset [0, +\infty): \Omega(x_1) + \Omega(x_2) \leq \Omega(x_1 + x_2)$.

We define the function Ω on $(-\infty, 0]$ in an even way. Next, consider the function $\mu: [0, +\infty) \rightarrow [0, +\infty)$, which has the same properties, like the ω function. Set $M(x) = \int_0^x \mu(\xi) d\xi$, $M(-x) = M(x)$ for $x \geq 0$. Using the functions M and Ω , B.L. Gurevich [13] introduced a series of spaces, which he called spaces W . Here are definitions of some of these spaces.

The space W_M^Ω is constructed by the functions Ω and M and is defined as the set of integer functions $\varphi: \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ that satisfy the inequality $|\varphi(z)| \leq \tilde{c} \exp\{-M(\bar{a}x) + \Omega(\tilde{b}y)\}$, $z = x + iy$, with some positive constants $\tilde{c}, \tilde{a}, \tilde{b}$, dependent only on φ . W_M^Ω can be represented as a union of count-normalized spaces $W_{M,a}^{\Omega,b}$, where $W_{M,a}^{\Omega,b}$ consists of those functions $\varphi \in W_M^\Omega$ for which the inequalities

$$|\varphi(x + iy)| \leq \tilde{c} \exp\{-M(\bar{a}x) + \Omega(\tilde{b}y)\},$$

$$z = x + iy \in \mathbb{C},$$

where \bar{a} is an arbitrary positive constant less than \tilde{a} and

\bar{b} is arbitrarily constant greater than \tilde{b} . If for $\varphi \in W_{M,a}^{\Omega,b}$ we set

$$\|\varphi\|_{\delta\rho} = \sup_{z \in \mathbb{C}} [|\varphi(z)| \times \exp\{-\Omega((\tilde{b} + \rho)y) + M(\tilde{a}(1 - \delta)x)\}],$$

$$\{\delta, \rho\} \subset \{1/n, n \geq 2\},$$

then with these norms the space $W_{M,a}^{\Omega,b}$ becomes a complete perfect countable-normalized space [12, p. 16]. Combining the spaces $W_{M,a}^{\Omega,b}$ over all $a = 1, \frac{1}{2}, \dots$ and $b = 1, 2, \dots$ matches the space W_M^Ω .

The spaces W are taken by the Fourier transform to spaces of the type W . To state a related assertion, we introduce the notion of Young dual functions. Let $M(x)$ and $\Omega(y)$ be functions defined via the functions $\mu(\xi)$ and $\omega(\eta)$ respectively. If the functions μ and ω are mutually inverted, that is, $\mu(\omega(\eta)) = \eta$ and $\omega(\mu(\xi)) = \xi$, then the functions $M(x)$ and $\Omega(y)$ are said to be Young dual. Examples of mutually dual functions are the functions

$$M(x) = x^p/p, \quad \Omega(y) = y^q/q, \quad 1/p + 1/q = 1.$$

We denote by $W_M^\Omega(\mathbb{R})$ the set of functions given by \mathbb{R} , which are narrowing functions from W_M^Ω by \mathbb{R} . The correct formula is [12, p. 32]: $F[W_M^\Omega(\mathbb{R})] = W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R})$, where F is the Fourier transform, Ω_1 and M_1 – functions Young dual to the functions M and Ω , respectively.

For arbitrarily fixed $\alpha, \beta > 0$ we set

$$S_\alpha^\beta(\mathbb{R}) \equiv S_\alpha^\beta := \{\varphi \in C^\infty(\mathbb{R}) \mid \exists c, A, B > 0$$

$$\forall \{k, n\} \subset \mathbb{Z}_+ \quad \forall x \in \mathbb{R}:$$

$$|x^k \varphi^{(n)}(x)| \leq c A^k B^n k^{k\alpha} n^{n\beta}\}.$$

The spaces introduced can be characterized as [14, p. 210]. The spaces S_α^β are non-trivial at $\alpha + \beta \geq 1$ and form dense sets in $L_2(\mathbb{R})$. S_α^β consists of those and only those functions $\varphi \in C^\infty(\mathbb{R})$, the inequality $|\varphi^{(n)}(x)| \leq c B^n n^{n\beta} \exp(-a|x|^{1/\alpha}), n \in \mathbb{Z}_+, x \in \mathbb{R}$,

hold with some positive constants c, a, B dependent on the function φ .

If $0 < \beta < 1$ and $\alpha \geq 1 - \beta$, then S_α^β consists of those and only functions $\varphi \in C^\infty(\mathbb{R})$ which analytically continued in the complex plane and satisfying inequality

$$|\varphi(x + iy)| \leq c \exp(-a|x|^{1/\alpha} + b|y|^{1/(1-\beta)}),$$

$$c, a, b > 0.$$

Note that $S_\alpha^\beta \equiv W_M^\Omega$, where $M(x) = x^{1/\alpha}$, $\Omega(y) = y^{1/(1-\beta)}, 0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1, \alpha + \beta \geq 1$.

The spaces of S_α^β by Fourier transforms are reflected in spaces of the same type, namely, the formula is correct [14, p. 245]: $F[S_\alpha^\beta] = S_\alpha^\alpha$.

Problem statement. Consider the function $a(t, x; \sigma)$ given by $[0, T] \times \mathbb{R} \times \mathbb{R}$ which satisfies the conditions:

1) $a(t, x; \sigma)$ is a continuously differentiating function of the argument $t \in [0, T]$ (for fixed x, σ); $a(t, x; \sigma)$ is a continuously differentiable function of x (for fixed t, σ) bounded by \mathbb{R} ;

2) for fixed t, x , the function $a(t, x; \sigma)$, as a function of variable σ , permits analytic extension into the whole complex plane, while

$$\forall \varepsilon > 0 \quad \exists c_\varepsilon > 0 \quad \forall \sigma + i\tau \in \mathbb{C}:$$

$$|a(t, x; \sigma + i\tau)| \leq c_\varepsilon \exp\{M(\varepsilon\sigma) + \Omega(\varepsilon\tau)\},$$

$$\forall (t, x) \in \Pi_T \equiv [0, T] \times \mathbb{R}$$

(ie, $a(t, x; \cdot)$ multiplier in W_M^Ω space);

$$\exists c, a, b > 0:$$

$$|\exp\{a(t, x; \sigma + i\tau)\}| \leq c \exp\{-M(a\sigma) + \Omega(b\tau)\},$$

$$\forall (t, x) \in \Pi_T$$

(ie, $\exp\{a(t, x; \cdot)\} \in W_M^\Omega$).

We also consider that M satisfies the condition: $\exists c_0 > 0 \forall x \in \mathbb{R}: M(x) \geq c_0|x|^\alpha$, with fixed parameter $\alpha > 2$.

Consider the pseudodifferential operator A , constructed by a symbol $a(t, x; \sigma)$:

$$(A\psi)(x) := F_{\sigma \rightarrow x}^{-1}[a(t, x; \sigma)F_{x \rightarrow \sigma}[\psi(x)](\sigma)](x),$$

$$\forall \psi \in W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R}),$$

where M_1, Ω_1 – functions Young dual to the functions M and Ω , respectively. From the properties of the functions $a(t, x; \sigma)$, it follows that $A\psi \in K(\mathbb{R})$ for every $t \in [0, T]$, where $K(\mathbb{R})$ is a normalized space consisting of continuous functions φ bound for \mathbb{R} with $\|\varphi\| = \sup_{x \in \mathbb{R}} |\varphi(x)|$. Note also that A can be understood as the operator of differentiation infinite order (see. [15]), ie $A = \sum_{k=0}^\infty c_k(t, x)(-iD_x)^k$, provided that $a(t, x; \sigma) = \sum_{k=0}^\infty c_k(t, x)\sigma^k$ is the Taylor series of the function symbol a by the variable σ (at the fixed t, x).

In the band $\Pi'_T = \{(t, x): 0 \leq \tau < t \leq T, x \in \mathbb{R}\}$ we consider the problem of finding the solution of the evolution equation

$$\partial u(t, x)/\partial t = Au(t, x), \quad (t, x) \in \Pi'_T, (1)$$

which satisfies the conditions:

$$u(t, x) = u_1(t, x) + u_2(t, x),$$

$$\mu \lim_{t \rightarrow \tau+0} u_1(t, x) - \sum_{k=1}^m \mu_k \lim_{t \rightarrow t_k} u_1(t, x) = \varphi(x), (2)$$

$$\lim_{t \rightarrow \tau+0} u_2(t, x) = 0, (3)$$

at each point $x \in \mathbb{R}$ for the fixed function $\varphi \in W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R})$, $m \in \mathbb{N}$, $\{\mu, \mu_1, \dots, \mu_m\} \subset (0, +\infty)$, $\{t_1, \dots, t_m\} \subset (\tau, T]$ are fixed numbers, and $\mu > m \sum_{k=1}^m \mu_k$, $0 \leq \tau < t_1 < \dots < t_m = T$. Problem (1)–(3) is called nonlocal m -point (multi-point) in time problem for equation (1).

Main results. At a fundamental solution of the problem (1)–(3) we understand the function

$$Z(t, x; \tau, \xi) = V(t, x; \tau, \xi) + \Gamma(t, x; \tau, \xi),$$

$$(t, x) \in \Pi'_T, \quad 0 \leq \tau < t \leq T, \quad \xi \in \mathbb{R},$$

which has the properties of:

1) $LZ(t, x; \tau, \xi) = 0$, $L \equiv L(t, x; A, \partial/\partial t) := \partial/\partial t - A$, ie Z , as a function of (t, x) (at the fixed τ, ξ) is the solution of equation (1);

$$2) \mu \lim_{t \rightarrow \tau+0} \int_{\mathbb{R}} V(t, x; \tau, \xi) \varphi(\xi) d\xi -$$

$$- \sum_{k=1}^m \mu_k \lim_{t \rightarrow t_k} \int_{\mathbb{R}} V(t, x; \tau, \xi) \varphi(\xi) d\xi = \varphi(x),$$

$$\lim_{t \rightarrow \tau+0} \int_{\mathbb{R}} \Gamma(t, x; \tau, \xi) \varphi(\xi) d\xi = 0$$

at each point $x \in \mathbb{R}$ for an arbitrary function $\varphi \in W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R})$.

To construct the function Z , we use the Levi method (by parametrix). To this end, we fix $a(t, x; \sigma)$ at $(t, x) = (\chi, \xi)$, $\chi \in [\tau, T]$, $\xi \in \mathbb{R}$ and consider the m -point problem for evolutionary equations with constant symbol $a(\chi, \xi; \sigma)$:

$$L(\chi, \xi; A, \partial/\partial t)v(t, x) = 0, \quad (t, x) \in \Pi'_T, (4)$$

$$\mu \lim_{t \rightarrow \tau+0} v(t, x) - \sum_{k=1}^m \mu_k \lim_{t \rightarrow t_k} v(t, x) = \varphi(x), \quad (5)$$

$$\varphi \in W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R}).$$

Solution $v \in C^1((\tau, T], W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R}))$ of problem (4), (5) will be sought by means of the Fourier transform. We find directly, that

$$v(t, x) = \int_{\mathbb{R}} G(t - \tau, x - \omega; \chi, \xi) \varphi(\omega) d\omega = G(t - \tau, x; \chi, \xi) * \varphi(x),$$

where

$$G(t - \tau, x; \chi, \xi) = F_{\sigma \rightarrow x}^{-1}[Q(t - \tau, \chi; \xi, \sigma)],$$

$$Q(t - \tau, \chi; \xi, \sigma) = \exp\{(t_k - \tau)a(\chi, \xi; \sigma)\} \times \left(\mu - \sum_{k=1}^m \mu_k \exp\{(t_k - \tau)a(\chi, \xi; \sigma)\} \right)^{-1}.$$

The properties of function G depend on the properties of function Q , since $G = F^{-1}[Q]$. Using the results obtained in [16, p. 192], we come to the statement that there exists $c, a, b > 0$, which are independent of t, τ, χ, ξ such that for Q and its derivatives (by the variable σ) estimates are valid

$$|D_{\sigma}^n Q(t - \tau, \chi; \xi, \sigma)| \leq c \left(\frac{be}{\rho_n} \right)^n n! e^{-(t-\tau)M(a\sigma)}, \quad (6)$$

$$n \in \mathbb{Z}_+, \quad \sigma \in \mathbb{R},$$

where ρ_n is a solution of the equation $\sigma\omega(\sigma) = n, n \in \mathbb{Z}_+, \omega = \Omega'$.

Due to the Stirling formula

$n! = \sqrt{2\pi n} n^n e^{-n} e^{\theta/(12n)}, 0 < \theta < 1$. Then, using (6) and the estimate $M(\sigma) \geq c_0|\sigma|^\alpha, \sigma \in \mathbb{R}$, find that

$$|D_{\sigma}^q Q(t - \tau, \chi; \xi, \sigma)| \leq ce\sqrt{2\pi}\sqrt{q} \left(\frac{q}{e}\right)^q \left(\frac{be}{\rho_q}\right)^q \times \exp\{-(t - \tau)\tilde{c}_0|\sigma|^\alpha\} \leq c_2 b^q q^q \exp\{-\tilde{c}_0(t - \tau)|\sigma|^\alpha\}, \quad q \in \mathbb{Z}_+,$$

where $c_2 = cc_1 e\sqrt{2\pi}$ (the properties of the sequence $\{\rho_q, q \in \mathbb{Z}_+\}$ are taken into account here; see [16, p. 168]).

We are directly convinced that the true inequality

$$|\sigma^k \exp\{-c'_0(t - \tau)|\sigma|^\alpha\}| \leq (t - \tau)^{-k/\alpha} B^k k^{k/\alpha}, \quad k \in \mathbb{Z}_+,$$

where $c'_0 = \tilde{c}_0/2, B = (\alpha\tilde{c}_0'e)^{-1/\alpha}$. From the last inequality follow the estimates

$$|\sigma^k D_{\sigma}^q Q(t - \tau, \chi; \xi, \sigma)| \leq c_2 B^k (t - \tau)^{-k/\alpha} k^{k/\alpha} b^q q^q \times \exp\{-c'_0(t - \tau)|\sigma|^\alpha\}. \quad (7)$$

Based on the estimates (7), we conclude that at $t > \tau$ the function Q , as a function of the argument σ , is an element of the space $S_{1/\alpha}^1$.

Next, we use the ratios

$$x^q D_x^k F[\varphi](x) = i^{k+q} F[(\sigma^k \varphi(\sigma))^{(q)}] = i^{k+q} \int_{\mathbb{R}} (\sigma^k \varphi(\sigma))^{(q)} e^{ix\sigma} d\sigma, \quad \{k, q\} \subset \mathbb{Z}_+, \quad \varphi \in S_{1/\alpha}^1.$$

Consequently,

$$x^q D_x^k G(t - \tau, x; \chi, \xi) = (2\pi)^{-1} (-1)^q i^{k+q} \times \int_{\mathbb{R}} (\sigma^k Q(t - \tau, \chi; \xi, -\sigma))^{(q)} e^{-ix\sigma} d\sigma.$$

From the results given in [14, p. 243] implies that the double sequence $m_{kq} = k^{k/\alpha} q^q, \{k, q\} \subset \mathbb{Z}_+$, satisfies the inequality

$$kq \frac{m_{k-1, q-1}}{m_{kq}} \leq \gamma(k + q), \quad \gamma > 0.$$

Then, applying the Leibniz formula for the product differentiation of two functions, the estimate (7) and the last inequality we find that

$$|(\sigma^k Q(t - \tau, \chi; \xi, -\sigma))^{(q)}| = \left| \sum_{p=0}^q C_q^p (\sigma^k)^{(p)} Q^{(q-p)}(t - \tau, \chi; \xi, -\sigma) \right| \leq |\sigma^k Q^{(q)}(t - \tau, \chi; \xi, -\sigma)| + kq |\sigma^{k-1} Q^{(q-1)}(t - \tau, \chi; \xi, -\sigma)| + \frac{k(k-1)}{2} \times q(q-1) |\sigma^{k-2} Q^{(q-2)}(t - \tau, \chi; \xi, -\sigma)| + \dots \leq c_2 [B^k b^q m_{kq} (t - \tau)^{-k/\alpha} + kq B^{k-1} b^{q-1} m_{k-1, q-1} (t - \tau)^{-(k-1)/\alpha} + \frac{k(k-1)}{2} q(q-1) B^{k-2} b^{q-2} m_{k-2, q-2} \times (t - \tau)^{-(k-2)/\alpha} + \dots] e^{-c'_0(t-\tau)|\sigma|^\alpha} \leq c_2 B^k b^q m_{kq} (t - \tau)^{-k/\alpha} \times \left[1 + \frac{T^{1/\alpha}}{bB} kq \frac{m_{k-1, q-1}}{m_{kq}} + \frac{1}{2} \frac{T^{2/\alpha}}{b^2 B^2} \times kq \frac{m_{k-1, q-1}}{m_{kq}} (k-1)(q-1) \frac{m_{k-2, q-2}}{m_{k-1, q-1}} + \dots \right] \times e^{-c'_0(t-\tau)|\sigma|^\alpha} \leq c_2 B^k b^q m_{kq} (t - \tau)^{-\frac{k}{\alpha}} \left[1 + \frac{\gamma T^{1/\alpha}}{bB} (k + q) + \frac{\gamma^2 T^{2/\alpha}}{1 \cdot 2 \cdot b^2 B^2} (k + q)^2 + \dots \right] e^{-c'_0(t-\tau)|\sigma|^\alpha} \leq c_2 B_1^k b_1^q m_{kq} (t - \tau)^{-k/\alpha} e^{-c'_0(t-\tau)|\sigma|^\alpha} = c_2 B_1^k b_1^q (t - \tau)^{-k/\alpha} k^{k/\alpha} q^q e^{-c'_0(t-\tau)|\sigma|^\alpha},$$

where $B_1 = Be^{\gamma T^{1/\alpha}/(bB)}, b_1 = be^{\gamma T^{1/\alpha}/(bB)}$. Consequently,

$$|x^q D_x^k G(t - \tau, x; \chi, \xi)| \leq c_2 (2\pi)^{-1} B_1^k b_1^q (t - \tau)^{-k/\alpha} k^{k/\alpha} q^q \times$$

$$\times \int_{\mathbb{R}} \exp\{-c'_0(t - \tau)|\sigma|^\alpha\} d\sigma \leq$$

$$\leq c_3 B_1^k b_1^q (t - \tau)^{-(k+1)/\alpha} k^{k/\alpha} q^q, \{k, q\} \subset \mathbb{Z}_+.$$

Then

$$|D_x^k G(t - \tau, x; \chi, \xi)| \leq c_3 B_1^k (t - \tau)^{-(k+1)/\alpha} k^{k/\alpha} \inf_q \frac{b_1^q q^q}{|x|^q} \leq$$

$c_4 B_1^k (t - \tau)^{-(k+1)/\alpha} k^{k/\alpha} e^{-b_0|x|}, x \in \mathbb{R}, k \in \mathbb{Z}_+$, where $b_0 = b_1^{-1}$. The following statement is correct.

Lemma 1. The function G , as a function of variable x , is an element of the space $S_{1/\alpha}^1$. For functions G and its derivatives (the variable x), the inequality

$$|D_x^k G(t - \tau, x; \chi, \xi)| \leq c_4 B_1^k (t - \tau)^{-(k+1)/\alpha} k^{k/\alpha} e^{-b_0|x|}, k \in \mathbb{Z}_+, x \in \mathbb{R},$$

holds, constants $c_4, B_1, b_0 > 0$ are independent of $t - \tau, \chi, \xi$.

The function

$$G(t - \tau, x; \chi, \xi) = (2\pi)^{-1} \int_{\mathbb{R}} Q(t - \tau, \chi; \xi, \sigma) e^{-ix\sigma} d\sigma \quad (8)$$

is a continuous function of the argument $t \in (\tau, T]$. Indeed, it follows from (7) that for $t \geq t_0 > \tau$ true assessment

$$|Q(t - \tau, \chi; \xi, \sigma)| \leq c \exp\{-(t_0 - \tau)c_0'|\sigma|^\alpha\}, \quad \sigma \in \mathbb{R}.$$

From this we already see that the integral (8) coincides uniformly in an arbitrary band $\{(t, \sigma): \tau < t_0 \leq t \leq T, \sigma \in \mathbb{R}\}$, so the function G is continuous at every point in the interval $(\tau, T]$. Similarly, the differentiability of G by the variable t is proved.

Let $G_0 = G(t - \tau, x; \tau, 0)$, $\varphi \in W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R}) \subset S_1^1$. Taking advantage of the continuity property of the Fourier transform in S spaces and the formula

$$F[\varphi * G_0] = F[\varphi] \cdot F[G_0] = F[\varphi] \cdot Q_0, \\ Q_0 = Q(t - \tau, \tau; 0, \sigma)$$

we find that

$$\mu \lim_{t \rightarrow \tau+0} F[\varphi * G_0] - \sum_{k=1}^m \mu_k \lim_{t \rightarrow t_k} F[\varphi * G_0] = \\ = F[\varphi] \left(\mu \lim_{t \rightarrow \tau+0} Q_0 - \sum_{k=1}^m \mu_k \lim_{t \rightarrow t_k} Q_0 \right).$$

Note that

$$\mu \lim_{t \rightarrow \tau+0} Q_0 - \sum_{k=1}^m \mu_k \lim_{t \rightarrow t_k} Q_0 = 1.$$

Then

$$\mu \lim_{t \rightarrow \tau+0} F[\varphi * G_0] - \sum_{k=1}^m \mu_k \lim_{t \rightarrow t_k} F[\varphi * G_0] = F[\varphi].$$

Consequently,

$$\mu \lim_{t \rightarrow \tau+0} (\varphi * G_0) - \sum_{k=1}^m \mu_k \lim_{t \rightarrow t_k} (\varphi * G_0) = \varphi.$$

Since, on the other hand,

$$\varphi * G_0 = \int_{\mathbb{R}} G(t - \tau, x - \xi; \tau, 0) \varphi(\xi) d\xi,$$

then for an arbitrary function $\varphi \in W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R})$ true value

$$\mu \lim_{t \rightarrow \tau+0} \int_{\mathbb{R}} G(t - \tau, x - \xi; \tau, 0) \varphi(\xi) d\xi - \\ - \sum_{k=1}^m \mu_k \lim_{t \rightarrow t_k} \int_{\mathbb{R}} G(t - \tau, x - \xi; \tau, 0) \varphi(\xi) d\xi = \\ = \varphi(x) \quad (9)$$

at each point $x \in \mathbb{R}$. Note that (9) implies a relation

$$\mu \lim_{t \rightarrow \tau+0} \int_{\mathbb{R}} G(t - \tau, x - \xi; \tau, \xi) \varphi(\xi) d\xi - \\ - \sum_{k=1}^m \mu_k \lim_{t \rightarrow t_k} \int_{\mathbb{R}} G(t - \tau, x - \xi; \tau, \xi) \varphi(\xi) d\xi \\ = \varphi(x) \quad (10)$$

at each point $x \in \mathbb{R}$ for an arbitrary function $\varphi \in W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R})$.

From the above results we also get that $G(t - \tau, x - \xi; \tau, \xi)$, as a function of t, x (for fixed τ, ξ), is the

solution of equation (1). Therefore, $G(t - \tau, x - \xi; \tau, \xi)$ can be taken as a function of $V(t, x; \tau, \xi)$.

Let

$$I(t, \tau, x) := \\ = \int_{\tau}^t d\mu \int_{\mathbb{R}} G(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi) \varphi(\mu, \xi) d\xi, \quad (11)$$

where $\varphi(t, x)$ is a function set to $[0, T] \times \mathbb{R}$, continuous on t , $\varphi(t, \cdot) \in W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R})$ for every $t \in [0, T]$. The following statement gives the formula for applying the operator $\partial/\partial t$ to the integral (11).

Lemma 2. The following formula holds:

$$\frac{\partial I(t, \tau, x)}{\partial t} = \\ = \int_{\tau}^t d\mu \int_{\mathbb{R}} \frac{\partial}{\partial t} G(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi) \varphi(\mu, \xi) d\xi + \\ + \varphi(t, x). \quad (12)$$

Proof. Consider the family of functions $\{I_h(t, \tau, x), 0 < h < t - \tau\}$, where

$$I_h(t, \tau, x) = \\ = \int_{\tau}^{t-h} d\mu \int_{\mathbb{R}} G(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi) \varphi(\mu, \xi) d\xi \equiv \\ \equiv \int_{\tau}^{t-h} g(t, \mu, x) d\mu,$$

$$g(t, \mu, x) = \int_{\mathbb{R}} G(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi) \varphi(\mu, \xi) d\xi.$$

Applying the Lopital rule of differentiation of integrals depending on parameters, we find that

$$\frac{\partial I_h(t, \tau, x)}{\partial t} = \int_{\tau}^{t-h} \frac{\partial}{\partial t} g(t, \mu, x) d\mu + g(t, t - h, x) = \\ = \int_{\tau}^{t-h} d\mu \int_{\mathbb{R}} \frac{\partial}{\partial t} G(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi) \varphi(\mu, \xi) d\xi + \\ + \int_{\mathbb{R}} G(h, x - \xi; t - h, \xi) \varphi(t - h, \xi) d\xi.$$

We prove that $\{I_h, 0 < h < t - \tau\}$ coincides at $h \rightarrow 0$ with the function $I(t, \tau, x)$, and $\left\{ \frac{\partial I_h}{\partial t}, 0 < h < t - \tau \right\}$ coincides with $h \rightarrow 0$ uniformly with respect to t the right side (12). Then, using the corresponding theorem from the mathematical analysis, we obtain that the function $I(t, \tau, x)$ is the differential of t , thus the equality (12) holds.

From Lemma 1, the estimate follows

$$|G(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi)| \leq \\ \leq c_0(t - \tau)^{-1/\alpha} \exp\{-b_0|x - \xi|\}.$$

Since $\sup_{\mu \in [0, T]} |\varphi(\mu, \xi)| \leq c, \forall \xi \in \mathbb{R}$, then

$$\int_{\mathbb{R}} |G(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi)| \cdot |\varphi(\mu, \xi)| d\xi \leq \\ \leq \bar{c}(t - \mu)^{-1/\alpha} \int_{\mathbb{R}} \exp\{-b_0|x - \xi|\} d\xi =$$

$$= c'(t - \mu)^{-1/\alpha},$$

$$c' = \tilde{c} \int_{\mathbb{R}} \exp\{-b_0|y|\} dy = 2\tilde{c}_0 b_0^{-1}.$$

Hence we get that

$$\begin{aligned} |I_h(t, \tau, x) - I(t, \tau, x)| &\leq c' \int_{t-h}^{\tau} (t - \mu)^{-1/\alpha} d\mu = \\ &= \frac{h^{1-1/\alpha}}{1 - 1/\alpha}, \quad 1 - 1/\alpha > 0, \quad \alpha > 2, \end{aligned}$$

that is $\lim_{h \rightarrow 0} I_h(t, \tau, x) = I(t, \tau, x)$. Let

$$\begin{aligned} \beta_h(t, x) &:= \\ &= \int_{\tau}^{t-h} d\mu \int_{\mathbb{R}} \frac{\partial}{\partial t} G(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi) \varphi(\mu, \xi) d\xi, \\ \beta(t, x) &:= \\ &= \int_{\tau}^t d\mu \int_{\mathbb{R}} \frac{\partial}{\partial t} G(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi) \varphi(\mu, \xi) d\xi. \end{aligned}$$

Since

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} G(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi) &= (2\pi)^{-1} \times \\ &\times \int_{\tau}^{t-h} a(\mu, \xi; \sigma) Q(t - \mu, \mu; \xi, \sigma) e^{-i\sigma(x-\xi)} d\xi, \end{aligned}$$

then, taking into account the method of estimating $|G|$ (see proof of Lemma 1) and the properties of the symbol-function a (see condition 2)), it is found that

$$\begin{aligned} \left| \frac{\partial}{\partial t} G(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi) \right| &\leq \\ &\leq c'_0 (t - \mu)^{-1/\alpha} \exp\{-\bar{a}|x - \xi|\}, \quad (13) \end{aligned}$$

where constants $c'_0, \bar{a} > 0$ are independent of μ, ξ ; in this case, for the integrand $\Lambda :=$

$|a(\mu, \xi; \sigma) Q(t - \mu, \mu; \xi, \sigma)|$ the inequality holds $\Lambda \leq b \exp\{M(\varepsilon\sigma) - M(a(t - \mu)\sigma)\}$, where $\varepsilon > 0$ is an arbitrarily fixed parameter. The convexity property of M implies inequalities

$$\begin{aligned} \exp\{M(\varepsilon\sigma) - M(a(t - \mu)\sigma)\} &\leq \\ &\leq \exp\{-M((a(t - \mu) - \varepsilon)\sigma)\} = \\ &= \exp\left\{-M\left(\frac{\alpha}{2}(t - \mu)\sigma\right)\right\} \leq \exp\{-d_0(t - \mu)|\sigma|^\alpha\}, \end{aligned}$$

if we set $\varepsilon = a(t - \mu)/2$. Further proof of (13) is carried out under the scheme prove estimates for the $|G|$.

Taking into account (13) and the inequality $\sup_{\mu, \xi} |\varphi(\mu, \xi)| \leq c$ find that

$$\begin{aligned} \int_{\mathbb{R}} \left| \frac{\partial}{\partial t} G(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi) \right| \cdot |\varphi(\mu, \xi)| d\xi &\leq \\ &\leq L(t - \mu)^{-1/\alpha}, \end{aligned}$$

where constant $L > 0$ is independent of t, μ, x . It follows that

$$\begin{aligned} |\beta_h(t, x) - \beta(t, x)| &\leq L \int_{t-h}^t (t - \mu)^{-1/\alpha} d\mu = \\ &= \frac{Lh^{1-1/\alpha}}{1 - 1/\alpha} \rightarrow 0 \end{aligned}$$

at $h \rightarrow 0$ uniformly with respect to t .

From the results given in Lemma 1, it follows that for $G(h, x - \xi; t - h, \xi)$ the estimate is correct:

$$|G(h, x - \xi; t - h, \xi)| \leq ch^{-1/\alpha} \exp\{-b_0|x - \xi|\},$$

which is uniform with respect to t . Hence, from relation (10) (which should be considered $\mu = 1, \mu_1 = \dots = \mu_m = 0$) and the continuity properties of functions $\varphi(t, x)$ by the variable t implies that

$$\int_{\mathbb{R}} G(h, x - \xi; t - h, \xi) \varphi(t - h, \xi) d\xi \rightarrow \varphi(t, x),$$

$$h \rightarrow 0,$$

is uniform with respect to t . This proved that the family of functions $\{\partial I_h / \partial t, 0 < h < t - \tau\}$ coincides with $h \rightarrow 0$ uniformly respect to t to the right side (12). The proof of the lemma is complete.

Further operator A in equation (1) we understand as an operator acting from the space X in $K(\mathbb{R})$, where the symbol X denote the space consisting of functions $\psi \in W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R})$ with norm $\|\psi\| = \sup_{x \in \mathbb{R}} |\psi(x)|$.

Lemma 3. 1. Let $\varphi(t, x), (t, x) \in [0, T] \times \mathbb{R}$, be a function, continuous on the variable t , $\varphi(t, \cdot) \in W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R})$. The following formula holds:

$$AI(t, \tau, x) = \int_{\tau}^t d\mu \int_{\mathbb{R}} AG(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi) \varphi(\mu, \xi) d\xi. \quad (14)$$

2. The estimate for AG is correct

$$\begin{aligned} |AG(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi)| &\leq \\ &\leq c(t - \mu)^{-1/\alpha} \exp\{-a|x - \xi|\}, \quad t > \mu \geq 0, \end{aligned}$$

constant $c, a > 0$ is independent of t, μ . The proof of Lemma 3 is carried out according to the scheme of proof of Lemma 2.

On the basis of Lemmas 2, 3, we conclude that with the above restrictions on the function φ the following formula holds:

$$LI(t, \tau, x) = \int_{\tau}^t d\mu \times$$

$$\times \int_{\mathbb{R}} LG(t - \mu, x - \xi; \mu, \xi) \varphi(\mu, \xi) d\xi + \varphi(t, x),$$

the LG function satisfies the inequality

$$\begin{aligned} |LG(t - \tau, x - \xi; \tau, \xi)| &\leq \\ &\leq c(t - \tau)^{-1/\alpha} \exp\{-a|x - \xi|\}, \quad (15) \end{aligned}$$

where $c, a > 0$ is independent of $t, \tau, t > \tau$.

Let us now proceed to constructing a fundamental solution of a multi-point problem for equation (1); this solution looking as the sum of:

$$Z(t, x; \tau, \xi) = G(t - \tau, x - \xi; \tau, \xi) + \Gamma(t, x; \tau, \xi), \quad (16)$$

$(t, x) \in \Pi'_\tau$, where

$$\Gamma(t, x; \tau, \xi) =$$

$$= \int_{\tau}^t d\mu \int_{\mathbb{R}} G(t - \mu, x - \eta; \mu, \eta) \Phi(\mu, \eta; \tau, \xi) d\eta, \quad (17)$$

G is a function defined earlier. We choose the function $\Phi(t, x; \tau, \xi)$ so that Z , as a function of t, x , satisfies equation (1). Applying the operator L to Z and taking into account formulas (12), (14), we find that this will be the case if and only if

$$\begin{aligned} \Phi(t, x; \tau, \xi) &= K(t - \tau, x; \tau, \xi) + \\ &+ \int_{\tau}^t d\mu \int_{\mathbb{R}} K(t - \mu, x; \mu, \eta) \Phi(\mu, \eta; \tau, \xi) d\eta, \quad (18) \end{aligned}$$

where $K(t - \tau, x; \tau, \xi) = -LG(t - \tau, x - \xi; \tau, \xi)$. The series

$$\Phi(t, x; \tau, \xi) = \sum_{m=1}^{\infty} K_m(t - \tau, x; \tau, \xi), \quad (19)$$

$$K_1 = K, \quad K_m(t - \tau, x; \tau, \xi) =$$

$$= \int_{\tau}^t d\beta \int_{\mathbb{R}} K(t - \beta, x; \beta, \eta) K_{m-1}(\beta - \tau, \eta; \tau, \xi) d\eta,$$

is a formal solution of the integral equation (18). We examine series (19) for absolute and uniform convergence at $0 < \delta_0 \leq t - \tau \leq T$. To justify the convergence of this series, let us evaluate the kernels of K_m . Note that $|K_1| = |LG|$ holds (15). To evaluate the kernel K_2 , we use the following auxiliary statement.

Let

$$I(x, \xi) := \int_{\mathbb{R}} \exp\{-a(|x - y| + |y - \xi|)\} dy, \quad a > 0.$$

For integral I true inequality

$$I(x, \xi) \leq c(\varepsilon) \exp\{-a(1 - \varepsilon)|x - \xi|\}, \quad (20)$$

where $0 < \varepsilon < 1$ is a fixed parameter, and $c(\varepsilon) = 2a^{-1}\varepsilon^{-1}$. Indeed, consider the function $\varphi(y) = |x - y| + |y - \xi|$. We are convinced that it satisfies the inequality $\varphi(y) \geq |x - \xi|$. Fixed $0 < \varepsilon < 1$. Then

$$I(x, \xi) =$$

$$= \exp\{-a(1 - \varepsilon)|x - \xi|\} \int_{\mathbb{R}} \exp\{-a\varepsilon\varphi(y)\} dy =$$

$$= \exp\{-a(1 - \varepsilon)|x - \xi|\} \int_{\mathbb{R}} \exp\{-a\varepsilon|y - \xi|\} dy =$$

$$= c(\varepsilon) \exp\{-a(1 - \varepsilon)|x - \xi|\},$$

where $c(\varepsilon) = 2a^{-1}\varepsilon^{-1}$. Taking into account (15) and (20), we estimate the kernel K_2 . So,

$$|K_2(t - \tau, x; \tau, \xi)| \leq \int_{\tau}^t d\beta \times$$

$$\times \int_{\mathbb{R}} |K(t - \beta, x; \beta, \eta)| \cdot |K_1(\beta - \tau, \eta; \tau, \xi)| d\eta \leq$$

$$\leq c^2 \int_{\tau}^t \left(\int_{\mathbb{R}} (t - \beta)^{-\lambda} (\beta - \tau)^{-\lambda} \times \right.$$

$$\left. \times e^{-a(|x - \eta| + |\eta - \xi|)} d\eta \right) d\beta \leq$$

$$\leq c^2 \int_{\tau}^t (t - \beta)^{-\lambda} (\beta - \tau)^{-\lambda} d\beta \times$$

$$\times \int_{\mathbb{R}} e^{-a(|x - \eta| + |\eta - \xi|)} d\eta \leq$$

$$\leq c^2 c(\varepsilon) (t - \tau)^{1 - 2\lambda} B(1 - \lambda, 1 - \lambda) \times$$

$$\times \exp\{-a(1 - \varepsilon)|x - \xi|\}, \quad \lambda = 1/\alpha; \quad (21)$$

here used the formula

$$\int_a^b (t - a)^{x-1} (b - t)^{y-1} dt =$$

$$= (b - a)^{x+y-1} B(x, y), \quad \text{Re } x > 0, \quad \text{Re } y > 0,$$

$B(\cdot, \cdot)$ is a beta-function. Taking into account (21), we estimate the kernel K_3 :

$$|K_3(t - \tau, x; \tau, \xi)| \leq \int_{\tau}^t d\beta \times$$

$$\times \int_{\mathbb{R}} |K(t - \beta, x; \beta, \eta)| \cdot |K_2(\beta - \tau, \eta; \tau, \xi)| d\eta \leq$$

$$\leq c^3 c(\varepsilon) B(1 - \lambda, 1 - \lambda) \times$$

$$\times \int_{\tau}^t (t - \beta)^{-\lambda} (\beta - \tau)^{1 - 2\lambda} \times$$

$$\times \left(\int_{\mathbb{R}} e^{-a(|x - \eta| + (1 - \varepsilon)|\eta - \xi|)} d\eta \right) d\beta$$

Introduce: $\varphi(\eta) = |x - \eta| + |\eta - \xi|$. Then

$$|K_3(t - \tau, x; \tau, \xi)| \leq c^3 c(\varepsilon) B(1 - \lambda, 1 - \lambda) \times$$

$$\times \int_{\tau}^t (t - \beta)^{-\lambda} (\beta - \tau)^{1 - 2\lambda} d\beta \times$$

$$\times \int_{\mathbb{R}} |\exp\{-a(1 - \varepsilon)\varphi(\eta) - a\varepsilon|x - \eta|\} d\eta$$

Since $\varphi(\eta) \geq |x - \xi|$, then

$$\int_{\mathbb{R}} e^{-a(1 - \varepsilon)\varphi(\eta) - a\varepsilon|x - \eta|} d\eta \leq c(\varepsilon) e^{-a(1 - \varepsilon)|x - \xi|},$$

where $c(\varepsilon) = \int_{\mathbb{R}} \exp\{-a\varepsilon|x - \eta|\} d\eta = 2(a\varepsilon)^{-1}$. In addition,

$$\int_{\tau}^t (t - \beta)^{-\lambda} (\beta - \tau)^{1 - 2\lambda} d\beta =$$

$$= (t - \tau)^{2 - 3\lambda} B(1 - \lambda, 2 - 2\lambda).$$

Therefore, $|K_3|$ is estimated as follows:

$$|K_3(t - \tau, x; \tau, \xi)| \leq$$

$$\leq c^3 c^2(\varepsilon) B(1 - \lambda, 1 - \lambda) B(1 - \lambda, 2 - 2\lambda) \times$$

$$\times (t - \tau)^{2 - 3\lambda} \exp\{-a(1 - \varepsilon)|x - \xi|\}.$$

Using the method of mathematical induction prove that

$$K_m(t - \tau, x; \tau, \xi) \leq c^m c^{m-1}(\varepsilon) \times$$

$$\times B(1 - \lambda, 1 - \lambda) B(1 - \lambda, 2 - 2\lambda) \times$$

$$\times B(1 - \lambda, 3 - 3\lambda) \times \dots \times$$

$$\times B(1 - \lambda, (m - 1) - (m - 1)\lambda) (t - \tau)^{m-1-m\lambda} \times$$

$$\times \exp\{-a(1 - \varepsilon)|x - \xi|\}, \quad m \geq 2.$$

Taking into account formulas

$$B(z, \omega) = \Gamma(z)\Gamma(\omega)/\Gamma(z + \omega)$$

(Γ is a gamma-function), $\Gamma(1 + x) = x\Gamma(x)$ we find that

$$B(1 - \lambda, 1 - \lambda) B(1 - \lambda, 2 - 2\lambda) B(1 - \lambda, 3 - 3\lambda) \dots$$

$$\times B(1 - \lambda, (m - 1) - (m - 1)\lambda) =$$

$$\frac{\Gamma(1 - \lambda)\Gamma(1 - \lambda)\Gamma(1 - \lambda)\Gamma(2 - 2\lambda)}{\Gamma(2(1 - \lambda))\Gamma(3(1 - \lambda))} \times$$

$$\times \frac{\Gamma(1 - \lambda)\Gamma(3 - 3\lambda) \dots \Gamma((m - 1)(1 - \lambda))}{\Gamma(4(1 - \lambda)) \dots \Gamma(m(1 - \lambda))} =$$

$$= \Gamma(1 - \lambda) \frac{\Gamma^m(1 - \lambda)}{\Gamma(m(1 - \lambda))}, \quad m \geq 2.$$

Thus, for the series $\sum_{m=0}^{\infty} K_m$, the following estimates hold:

$$\left| \sum_{m=1}^{\infty} K_m(t-\tau, x; \tau, \xi) \right| \leq \sum_{m=1}^{\infty} |K_m(t-\tau, x; \tau, \xi)| \leq c(t-\tau)^{-\lambda} e^{-a|x-\xi|} + c^{-1}(\varepsilon)\Gamma(1-\lambda)(t-\tau)^{-\lambda} \times \sum_{m=2}^{\infty} c^m c^m(\varepsilon)(t-\tau)^{m(1-\lambda)} \times \frac{\Gamma^m(1-\lambda)}{\Gamma(m(1-\lambda))} e^{-a(1-\varepsilon)|x-\xi|} \leq c(t-\tau)^{-\lambda} e^{-a|x-\xi|} + c^{-1}(\varepsilon)\Gamma(1-\lambda)(t-\tau)^{-\lambda} \times \sum_{m=2}^{\infty} c^m c^m(\varepsilon) T^{m(1-\lambda)} \frac{\Gamma^m(1-\lambda)}{\Gamma(m(1-\lambda))} e^{-a(1-\varepsilon)|x-\xi|}.$$

Because of the Stirling formula $\Gamma(x) = \sqrt{2\pi} e^x x^{x-\frac{1}{2}} e^{\frac{\theta}{12x}}$, $x > 0$, $0 < \theta < 1$, we have that $\frac{\Gamma^m(\omega_0)}{\Gamma(m\omega_0)} \leq \beta_0 \frac{\theta_0^m}{m^{m\omega_0}}$, $\beta_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}$, $\theta_0 = 2\sqrt{2\pi}e$, $\omega_0 = 1 - \lambda$.

The last estimate implies the convergence of a series

$$\sum_{m=2}^{\infty} \beta^m \frac{\Gamma^m(1-\lambda)}{\Gamma(m(1-\lambda))}, \quad \beta = c \cdot c(\varepsilon) T^{1-\lambda}.$$

Since, the series $\sum_{m=1}^{\infty} K_m$ for $0 < \delta_0 \leq t - \tau \leq T$ coincides absolutely and evenly, and its sum is a function of $\Phi(t, x; \tau, \xi)$ for $t > \tau$ is a continuous function of the arguments x, ξ . Set $\varepsilon = 1/2$; then inequality holds for Φ

$$|\Phi(t, x; \tau, \xi)| \leq d_0(t-\tau)^{-\lambda} \exp\left\{-\frac{a}{2}|x-\xi|\right\}. \quad (22)$$

This estimate ensures the convergence of integrals (17), (18). It follows that the integral in (18) is equal

$$\sum_{m=1}^{\infty} \int_{\tau}^t d\mu \int_{\mathbb{R}} K(t-\mu, x; \mu, \eta) K_m(\mu-\tau, \eta; \tau, \xi) d\eta = \sum_{m=1}^{\infty} K_{m+1}(t-\tau, x; \tau, \xi).$$

So, Φ is the solution of equation (18).

Recall that the correct estimate for $|G|$ is

$$|G(t-\tau, x-\xi; \tau, \xi)| \leq c(t-\tau)^{-\lambda} \exp\{-a|x-\xi|\}, \quad \lambda = 1/\alpha, \quad (23)$$

where constants $c, a > 0$ are independent of t, τ (see Lemma 1). On the basis of inequalities (23), (22), (20), we estimate Γ ; while in (20) put $\varepsilon = 1/2$. So,

$$|\Gamma(t, x; \tau, \xi)| \leq \int_{\tau}^t d\mu \times$$

$$\times \int_{\mathbb{R}} |G(t-\mu, x-\eta; \mu, \eta)| \cdot |\Phi(\mu, \eta; \tau, \xi)| d\eta \leq c \int_{\tau}^t (t-\mu)^{-\lambda} (\mu-\tau)^{-\lambda} \times \left(\int_{\mathbb{R}} e^{-a|x-\eta|-\frac{a}{2}|\eta-\xi|} d\eta \right) d\mu \leq \tilde{c}(t-\tau)^{1-2\lambda} \exp\left\{-\frac{a}{4}|x-\xi|\right\}. \quad (24)$$

From estimate (24) implies that for any continuous bounded on \mathbb{R} function φ is

$$\int_{\mathbb{R}} |\Gamma(t, x; 0, \xi)| \cdot |\varphi(\xi)| d\xi \leq \tilde{c} t^{1-2\lambda} \times \int_{\mathbb{R}} \exp\left\{-\frac{a}{4}|x-\xi|\right\} d\xi = d_1 t^{1-2\lambda}, \quad 1 - 2\lambda > 0.$$

From this we already get that at every point $x \in \mathbb{R}$ the boundary relation holds

$$\lim_{t \rightarrow +0} \int_{\mathbb{R}} \Gamma(t, x; 0, \xi) \varphi(\xi) d\xi = 0.$$

On the basis of the obtained results, we claim that the function

$$Z(t, x; \tau, \xi) = V(t, x; \tau, \xi) + \Gamma(t, x; \tau, \xi),$$

$$V(t, x; \tau, \xi) = G(t-\tau, x-\xi; \tau, \xi),$$

is a fundamental solution of the nonlocal m -point in time problem for equation (1), and the function

$$u(t, x) = \int_{\mathbb{R}} V(t, x; 0, \xi) \varphi(\xi) d\xi + \int_{\mathbb{R}} \Gamma(t, x; 0, \xi) \varphi(\xi) d\xi = u_1(t, x) + u_2(t, x), \quad (25)$$

$(t, x) \in (0, T] \times \mathbb{R}$, $\varphi \in W_{M_1}^{\Omega_1}(\mathbb{R})$, is the solution of this problem at $\tau = 0$. We summarize the results obtained in the form of the following statement.

Theorem. m -point problem for equation (1) with parameter $\tau = 0$ is solvable in class X , with the solution given by formula (25); $u(t, x)$ is a continuous function of x bound for \mathbb{R} for every $t \in (0, T]$.

Conclusions. A solution of nonlocal in time multi-point problem for evolution equation with a pseudodifferential operator constructed at variable symbols in a class of bounded continuous on \mathbb{R} functions is established. The definitions and properties of the fundamental solution of this problem are given.

REFERENCES

1. A.M. Nakhshuev. Equations of mathematical biology [in Russian], Higher School, Moscow (1995).
2. I.A. Belavin, S.P. Kapitsa, S.P. Kurdyumov. Mathematical model of global demographic processes taking into account spatial distribution [in Russian], Journal will calculate. Mat. and mat. physics, (1988).
3. A.A. Desin. General questions of boundary value theory [in Russian], Science, Moscow (1980).
4. V.K. Romanko. Boundary value problems for one class of differential operators [in Russian], Differential equations, (1974), Vol. 10, N11.
5. V.K. Romanko. Nonlocal boundary value problems for some systems of equations [in Russian], Mat. Notes, (1985), Vol. 37, N7.
6. A.A. Makarov. Existence of a correct two-point boundary value problem in a layer for systems of pseudodifferential equations[in Russian], Differential equations, (1994), T. 30, N1.
7. V.I. Chesalin. A problem with nonlocal boundary conditions for abstract hyperbolic equations. [in Russian], Differential equations, (1979), Vol.15, N11.
8. V.S. Ilkiv, B.I. Ptashnik. Some non-local two-point problem for systems of partial differential equations [in Russian], Sib. Mate, (2005), Vol.46, N1.
9. N.L. Lazetic. On classical solutions of mixed boundary problems for one-dimensional parabolic equation of second

- order. Publications de Institut Mathematique, (2000). Vol.67.
10. Chabrowski J. On nonlocal problems with a functional for parabolic equation. *Function Equation*, (1984), Vol.27.
 11. Bouziani A., Benouar N.E. Problems of mixed avec conditions integrales pour une class d'equations paraboliques. *C.R. Acad. Sci. Paris. Ser. J.* (1995).
 12. I.M. Gelfand, G.E. Shilov. Some questions of the theory of differential equations [in Russian], Fizmatgiz, Moscow (1958).
 13. B.L. Gurevich. Some spaces of basic and generalized functions and the Cauchy problem for finite difference schemes[in Russian], *Doc. USSR Academy of Sciences*, (1954), T.99, N6.
 14. I.M. Gelfand, G.E. Shilov. Spaces of basic and generalized functions [in Russian], Fizmatgiz, Moscow (1958).
 15. V.V. Gorodetsky, O.M. Leniuk. The Cauchy problem for evolution equations with infinitely differentiating operators [in Ukrainian], *Bulletin of the Kiev Univ. Series: Phys. Science*, (2000) Issue 4.
 16. V.V. Gorodetsky, O.V. Martyniuk. Evolutionary pseudodifferential equations in numerically normalized spaces [in Ukrainian], *Techno-print, Chernivtsi* (2016).

Визначення авторської належності українськомовного тексту за допомогою нейросистеми для ідентифікації авторства

М. І. Лупей

Ужгородський національний університет
Corresponding author. E-mail: maxim.lupey@gmail.com

Paper received 10.06.20; Accepted for publication 22.06.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-07>

Анотація. Стаття спрямована на визначення авторства українськомовних текстів за допомогою штучних нейронних мереж. Для ідентифікації авторської належності тексту створена нейросистема, основними елементами якої є блоки стемінгу, векторизації, класифікації та візуалізації результатів. При дослідженні роботи системи на даних творів українських письменників було отримано результат класифікації на рівні 98% при попарному порівнянні двох авторів.

Ключові слова: авторство тексту, штучна нейронна мережа, українськомовні тексти, Text Mining, векторизація, стемінг.

Вступ. Сьогодні серед методів Data Mining завдання Text Mining займають досить важливе місце, що пояснюється значним поширенням текстової інформації та необхідністю її оброблення різними методами для досягнення різних цілей. Найбільш складними завданнями в цій галузі є класифікація стилю тексту та визначення його належності твору певному авторові. Насамперед ці складності пов'язані з методом попереднього оброблення текстової інформації, оскільки необроблені дані є послідовністю символів, які неможливо подати безпосередньо до самих алгоритмів, оскільки більшість з них очікують числові вектори функцій фіксованого розміру, а не текстові документи із змінною довжиною. Тому саме формування з текстової інформації чисельних даних у вигляді векторів або матриць є необхідною умовою її подальшого оброблення.

Короткий огляд публікацій за темою роботи. У світі багато дослідників займаються проблемами розробки методів дослідження текстової інформації. Серед них можна відзначити роботу P. Sallis та S. Shanmuganathan [1], які вивчали авторство текстів 16-го сторіччя за допомогою додаткових статистичних методів, таких як метод головних компонент (PCA), штучних нейронних мереж (ANNs) та особливої техніки візуалізації на основі самоорганізованої карти Кохонена (SOM). Автори [2] вивчали питання ідентифікації літературних текстів за допомогою штучних нейронних мереж, які дозволяють отримати справжній результат для визначення категорії тексту з вірогідністю 95%. Однак автори не змогли визначити жанр літературного тексту, вірогідність складала лише 75%. Автори [3] описують визначення та класифікацію використання метафоричної мови в історичних німецьких романах за допомогою ієрархічного кластерного підходу. Авторами [4] проведено розроблення системи розпізнавання авторства текстів англійською мовою, точність якої складала на різних датасетах від 73% до 92%. Автор [5] проводив класифікацію чотирьох стилів російської мови – наукового, офіційно-ділового, художнього та публіцистичного за допомогою статистичних методів, точність класифікації складала 88%. Автори [6] визначають авторство історичних документів на прикладі Уільяма Шекспіра за допомогою методів RBF з точністю 96-99%. Застосування нових технологій до задачі визначення авторсь-

кої належності українськомовних текстів дозволить покращити існуючі результати. Тож метою цієї роботи є створення високоефективного підходу для визначення авторської належності українськомовного тексту.

Матеріали та методи. У великому текстовому документі певні слова трапляються дуже часто та мають змінні закінчення, що є характерним для української мови. Тому на першому етапі пропонується видалити всі закінчення слів, для чого можна використовувати адаптований під українську мову варіант класичного стемінгу, описаний у [7].

З іншого боку, деякі слова, що трапляються дуже часто, матимуть дуже мало значущої інформації про фактичний зміст документа. Якби такі дані прямого підрахунку передавати безпосередньо до класифікатора, ці терміни затінювали б частоти більш рідкісних, але цікавіших термінів, притаманних тому чи іншому письменнику. Тому у якості алгоритму векторизації було обрано саме TfidfVectorizer. Згідно з цим методом вага певного слова пропорційна частоті вживання цього слова в документі й обернено пропорційна частоті вживання слова в усіх документах колекції.

$$TF_IMF(t, d) = TF(t, d) \times IMF(t, d)$$

Частота терміна, тобто кількість разів, коли термін виникає в певному тексті, множиться на компонент IDF, який обчислюється як:

$$IMF(t) = \log \frac{1 + M}{1 + MF(t)} + 1,$$

де M – загальна кількість документів у наборі документів, $MF(t)$ – кількість документів у наборі документів, що містять термін t . Отримані вектори TF_IMF нормалізуються евклідовою нормою:

$$vect_{norm} = \frac{vect}{\|vect\|^2} = \frac{vect}{\sqrt{\sum_{i=1}^M (vect_i)^2}}$$

На початку створення це була термінальна схема зважування, розроблена для пошуку інформації, відтепер вона знайшла застосування при попередній обробці текстів перед класифікацією та кластеризацією документів.

Наступним етапом є етап класифікації даних. Для цього пропонується використовувати штучні нейронні мережі: дві модифікації машини опорних векторів –

SVM (Support Vector Machines), такі як SVC (C-Support Vector Classification) і SVR (Epsilon-Support Vector Regression) та багатошаровий перцептрон – MLP (Multi Layer Perseptron).

Багатошаровий перцептрон та алгоритм навчання з учителем описано у [8-9], він реалізує функцію $f(\cdot): R^m \rightarrow R^1$ шляхом навчання набору даних, де m – розмірність вхідних даних, а 1 – розмірність вихідних даних. Вхідні дані можна описати так:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$$

$$J(W, b) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(\frac{1}{2} \|h_{W,b}(x^{(i)}) - y^{(i)}\|^2 \right) + \frac{\lambda}{2} \sum_{i=1}^{n_i-1} \sum_{j=1}^{s_i} \sum_{j=1}^{s_{i+1}} (W_{ji}^{(l)})^2$$

Перша складова – це показник середньоквадратичної помилки; друга – регулюючий член, який прагне зменшити ваги і допомагає запобігти зайвим тренуванням. Коефіцієнт λ контролює відносну важливість обох членів у функції витрат.

Загальною метою навчання є мінімізація W , і в цьому випадку перед початком тренінгу всі параметри $W_{ij}^{(l)}$ і $b_i^{(l)}$ повинні бути ініціалізовані у вигляді випадкової величини, близької до нуля. Одну ітерацію градієнтного спуску можна записати так:

$$W_{ij}^{(l+1)} = W_{ij}^{(l)} - \alpha \frac{d}{dW_{ij}^{(l)}} J(W, b),$$

$$b_i^{(l+1)} = b_i^{(l)} - \alpha \frac{d}{db_i^{(l)}} J(W, b),$$

де α – параметр швидкості навчання.

Ввести всі часткові похідні функції витрат за допомогою синаптичних ваг у вигляді:

$$\frac{d}{dW_{ij}^{(l)}} J(W, b) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{d}{dW_{ij}^{(l)}} J(W, b; x^{(i)}, y^{(i)}) + \lambda W_{ij}^{(l)},$$

$$\frac{d}{db_i^{(l)}} J(W, b) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{d}{db_i^{(l)}} J(W, b; x^{(i)}, y^{(i)}).$$

Внесення до уваги δ -помилки для i -го нейрону n_i шару у вигляді:

$$\delta_i^{(n_i)} = \left(\sum_{j=1}^{s_{i+1}} W_{ji}^{(l)} \delta_j^{(l+1)} \right) f'(z_i^{(l)}),$$

де налаштування параметру проводиться згідно із:

$$f'(z_i^{(l)}) = a_i^{(l)} (1 - a_i^{(l)})$$

Отже, у результаті можна ввести в розгляд нейросистему для визначення належності тексту, структура якої представлена на рисунку 1. Для візуалізації отриманих результатів використовується бібліотека Lime.

Кожен нейрон у прихованому шарі перетворює значення з попереднього шару з урахуванням синаптичних ваг кожного шару $\sum_{i=1}^M w_i x_i$ та з нелінійною функцією активації у вигляді гіперболічного тангенсу. На виході з'являється значення вихідного сигналу y . Оскільки навчальна вибірка є фіксованою, тобто складається з M наборів вхідних даних $(x^{(i)}, y^{(i)})$, можна тренувати нейронну мережу онлайн за допомогою градієнтного спуску. Загальна функція витрат матиме вигляд:

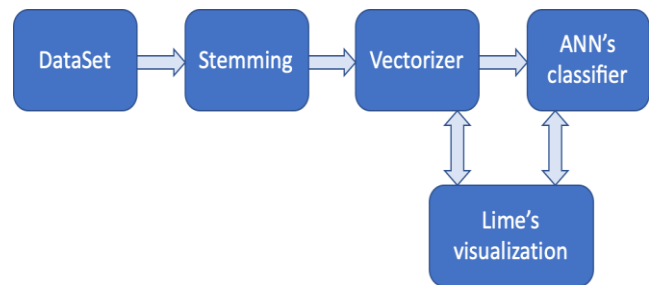


Рисунок 1. Нейросистема для визначення належності тексту

Результати та їх обговорення. Було проведено дослідження з виявлення авторства для різних українських письменників-класиків. Як вхідні дані було взяті твори Івана Багряного, Івана Карпенко-Карого, Григорія Квітки-Основ'яненка, Ольги Кобилянської, Івана Котляревського, Валер'яна Підмогильного, Михайла Старицького, Івана Франка, Марка Вовчка, Олександра Довженка, Михайла Коцюбинського, Пантелеймона Куліша, Панаса Мирного, Миколи Хвильового, Юрія Яновського. Загальна кількість уривків тексту для кожної пари авторів складала від 800 до 1000. Слід зазначити, що немає жодних складнощів при формуванні датасету, оскільки всі дані є у відкритому доступі. З кожного твору були взяті уривки розміром 160-170 слів. Після векторизації розмірність вектору складає 16931×1 . Результати попарного порівняння двох авторів представлено на рисунку 2, звідки добре видно, що точність класифікації вища за 98% за умов використання кросвалідації, що добре видно в стовпчику K-FOLD.

Слід відзначити, що виключення етапу стемінгу тексту трохи погіршує загальні результати класифікації – в середньому на 1%.

Бібліотека Lime дозволяє визначити характерні ознаки кожного з авторів, результати порівняння текстів Вовчка та Мирного за допомогою бібліотеки Lime представлено на рисунку 3, візуалізацію термінів, притаманних саме Панасові Мирному, представлено на рисунку 4.

№	K-FOLD	Структура ШНМ	VALUES	ACCURACY	Тип
	10/0.3	SVC	F1 ≈ 0.9958	0.9947	Багрянний Коцюбинський
	10/0.3	SVC	F1 ≈ 0.9867	0.9871	Довженко Яновський
	10/0.3	SVC	F1 ≈ 0.9874	0.9858	Мирний Вовчок
	10/0.3	SVR	F1 ≈ 0.9948	0.9934	Багрянний Коцюбинський
	10/0.3	SVR	F1 ≈ 0.9880	0.9883	Довженко Яновський
	10/0.3	SVR	F1 ≈ 0.9883	0.9868	Мирний Вовчок
	10/0.3	MLP	F1 ≈ 0.9916	0.9895	Багрянний Коцюбинський
	10/0.3	MLP	F1 ≈ 0.9895	0.9897	Довженко Яновський
	10/0.3	MLP	F1 ≈ 0.9904	0.9891	Мирний Вовчок

Рисунок 2. Результати роботи класифікатора на основі різних архітектур штучних нейронних мереж

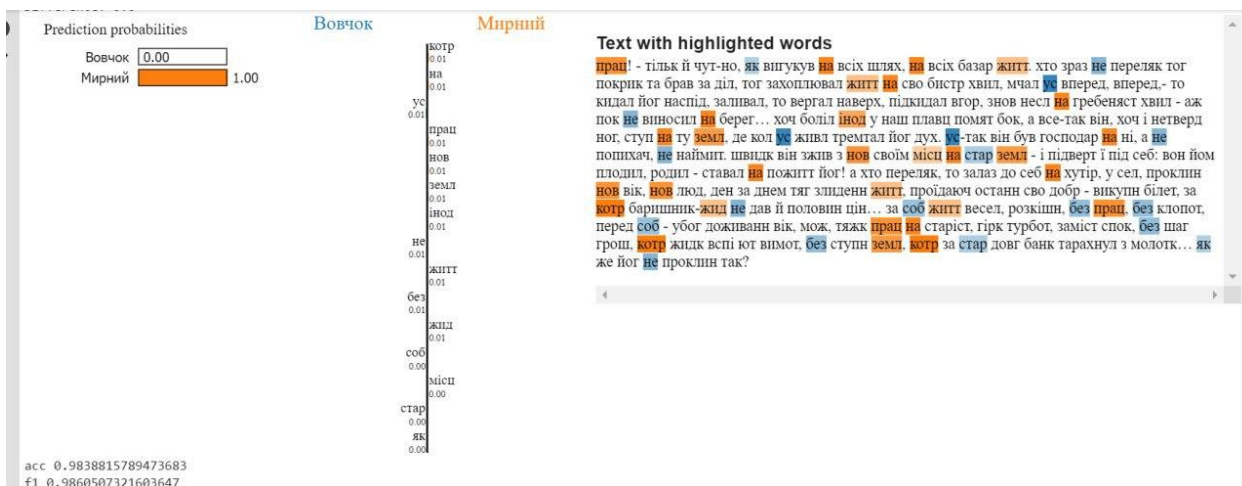


Рисунок 3. Результати порівняння текстів Вовчка та Мирного за допомогою бібліотеки Lime

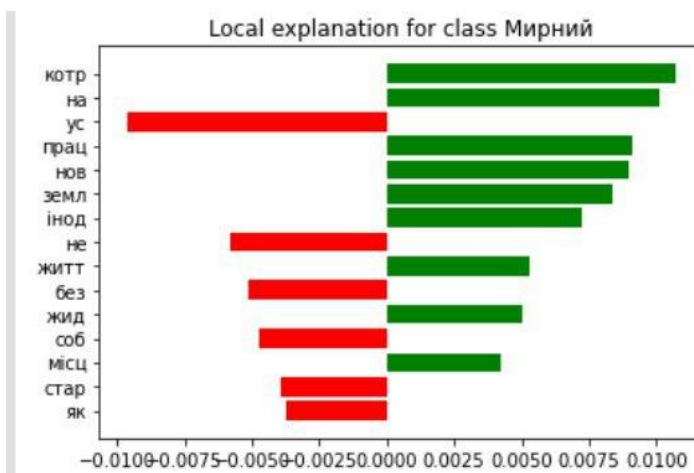


Рисунок 4. Візуалізація лексем, притаманних Панасові Мирному, за допомогою бібліотеки Lime

Висновки. У результаті апробації нейросистеми для визначення належності тексту на датасеті, що складається з текстів творів українських письменників,

було отримано точність на рівні 98%. Результати візуалізації дозволяють визначити найбільш та найменш притаманні кожному з письменників лексеми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sallis, P., Shanmuganathan, S. A Blended Text Mining Method for Authorship Authentication Analysis // 2008 Second Asia International Conference on Modelling & Simulation (AMS), 2008
2. Babenko, M.G., Strashkova, O.K., Babenko, I.A. Development of the neural network method for analyzing the literary text from the point of view of genre identification // 2017 International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&QM&IS) DOI: 10.1109/ITMQIS.2017.8085789
3. Pernes, S. Metaphor mining in historical german novels: An unsupervised learning approach // 2015 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), pp.1650-1652
4. Марченко О.О., Никоненко А.О., Россада Т.В., Мельников С.А. Система визначення авторства тексту // Штучний інтелект, 2016. № 2, С. 77-85
5. Дубовик А.Р. Автоматическое определение стилистической принадлежности текстов по их статистическим параметрам // Компьютерная лингвистика и вычислительные онтологии, 2017, №1, с. 29-45
6. Lowe, D., Matthews, R. Shakespeare vs. fletcher: A stylometric analysis by radial basis functions // Computers and the Humanities, 2005, vol. 29, pp. 449-461.
7. van Rijsbergen, C.J., Robertson, S.E., Porter, M.F. 1980. New models in probabilistic information retrieval. London: British Library. (British Library Research and Development Report, no. 5587)
8. Computer Vision – ACCV 2014: 12th Asian Conference on Computer Vision Singapore, November 1-5, 2014, Revised Selected Papers, Part II
9. Nelles, O. Nonlinear System Identification, Berlin: Springer, 2001, p. 785.

REFERENCES

1. Sallis, P., Shanmuganathan, S. A Blended Text Mining Method for Authorship Authentication Analysis // 2008 Second Asia International Conference on Modelling & Simulation (AMS), 2008
2. Babenko, M.G., Strashkova, O.K., Babenko, I.A. Development of the neural network method for analyzing the literary text from the point of view of genre identification // 2017 International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&QM&IS) DOI: 10.1109/ITMQIS.2017.8085789
3. Pernes, S. Metaphor mining in historical german novels: An unsupervised learning approach // 2015 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), pp.1650-1652
4. Marchenko O.O., Nikonenko A.O., Rossada T.V., Melnikov S.A. The system of recognition of authorship of the text // Shtuchnyi Intellect, 2016. No. 2, P. 77-85
5. Dubovik A.R. Automatic determination of the stylistic affiliation of texts by their statistical parameters // Computer Linguistics and Computational Ontologies, 2017, No. 1, p. 29-45
6. Lowe, D., Matthews, R. Shakespeare vs. fletcher: A stylometric analysis by radial basis functions // Computers and the Humanities, 2005, vol. 29, pp. 449-461.
7. van Rijsbergen, C.J., Robertson, S.E., Porter, M.F. 1980. New models in probabilistic information retrieval. London: British Library. (British Library Research and Development Report, no. 5587)
8. Computer Vision – ACCV 2014: 12th Asian Conference on Computer Vision Singapore, November 1-5, 2014, Revised Selected Papers, Part II
9. Nelles, O. Nonlinear System Identification, Berlin: Springer, 2001, p. 785.

Determining the author's affiliation of a Ukrainian-language text using a neuro-system for determining the affiliation of a text

M. Lupey

Abstract. The article is aimed at determining the authorship of Ukrainian-language texts using artificial neural networks. To do this, a neuro-system was created to determine the ownership of the text, the main elements of which are the blocks of stemming, vectorizer, classification and visualization of results. The system's work was approved on excerpts from works of Ukrainian writers. A classification result of 98% was obtained with a pairwise comparison of the two authors with each other.

Keywords: text authorship, artificial neural network, Ukrainian-language texts, Text Mining, vectorizer, stemming.

Проектування просвітлюючих оптичних покриттів для широкого спектрального діапазону при падінні світла під кутом

О. Міца^{1*}, В. Пецко¹, Н. Боркач², О. Кондрат³, Д. Сорока¹

¹Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна,

²Закарпатський угорський інститут ім. Ференц Ракоці II, м. Берегово, Україна

³Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна

Corresponding author. E-mail: alex.mitsa@gmail.com

Paper received 14.03.20; Accepted for publication 26.03.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-08>

Анотація. Спроектують двошарові та тришарові оптичні покриття, які просвітлюють підкладку з показником заломлення $n_s=1,51$ при падінні світла під кутом на широких спектральних діапазонах для s- та p-поляризацій. При проведенні розрахунків використовувався метод багатовимірної пошуку r-алгоритм.

Ключові слова: r-алгоритм, оптичні просвітлюючі покриття, оптимізація, падіння світла під кутом.

Вступ. Математичне моделювання є основою вивчення більшості сучасних технічних проблем і розвитку багатьох сучасних інноваційних технологій. Важливим об'єктом дослідження, що вимагає застосування методів математичного моделювання, є оптичні шаруваті структури. Такі структури, створювані шляхом напилення тонких діелектричних шарів, знаходять широке застосування в сучасних оптичних пристроях, пов'язаних з вивченням і формуванням оптичного випромінювання, а також в таких областях високих технологій, як лазерна техніка, оптоелектроніка, телекомунікації [1]. Відомо використання оптичних структур в різноманітних системах: у задачах екологічного контролю, модернізації температурних сенсорів, високочутливих пристроїв для отримання термічного зображення, наприклад зображення відбитків пальців людини тощо. Вони є практично незамінними в галузі телекомунікацій, оскільки ма-

ють унікальні у своєму роді якості, що відповідають чітким вимогам оптичних комунікаційних систем. Першочерговим завданням при конструюванні таких структур залишається забезпечення максимальної селективності та експлуатаційної надійності таких структур під час використання мінімальної кількості тонкоплівкових шарів у структурах [2].

Метою даної роботи є дослідити структури дво- та тришарових покриттів, які б ефективно просвітлювали підкладку-скло при падінні світла під кутом в широкому спектральному діапазоні.

Методика розрахунків. Для розрахунку спектральних характеристик оптичних багатошарових покриттів будемо використовувати матричний метод [3]. Цільову функцію для просвітлюючого покриття будемо задавати у вигляді [4]:

$$\Omega(\lambda_2 / \lambda_1) = \max_{\bar{n}, \bar{d}} F(\bar{n}, \bar{d}) = \max_{\bar{n}, \bar{d}} \left(\frac{1}{L} \sum_{i=1}^L T^2(\bar{n}, \bar{d}, \lambda_{(i)}) \right)^{1/2}, \quad (1)$$

де T – коефіцієнт пропускання, залежний від вектора значень показників заломлення $\bar{n} = (n_1, n_2, \dots, n_{k-1}, n_k)$, вектора значень геометричної товщини $\bar{d} = (d_1, d_2, \dots, d_{k-1}, d_k)$ та довжини хвилі λ , L – число точок сітки спектрального інтервалу від λ_1 до λ_2 , при рівномірному його розподілі з кроком $\Delta\lambda$:

$$D = \{ \mathbf{x} \mid n_{j \min} \leq n_j \leq n_{j \max}, \quad d_{j \min} \leq d_j \leq d_{j \max}, \quad j = \overline{1, m} \}. \quad (3)$$

Обмеження на показники заломлення шарів пов'язані з наявністю плівкоутворюючих матеріалів, які використовуються при виготовленні покриття. Нижнє обмеження на товщину шарів може бути пов'язане з необхідністю отримання суцільних плівок на підкладках, що мають мікронерівності поверхні, або з обмеженнями за чутливістю використовуваної контрольної виміральної апаратури. Реально $d_{j \min}$ становить 50 нм. Верхнє обмеження зазвичай пов'язане з вимогами

механічної стійкості шарів. Як правило, оптичну товщину шару вибирають не більшою, ніж λ_0 . Таким чином, при машинному конструюванні покриттів на відміну від аналітичних методів обмеження на параметри шарів враховують уже на етапі формулювання задачі.

Обмеження (3) можна легко виключити використовуючи прийом [5], який полягає у використанні нової змінної \mathbf{Z} , що пов'язана з \mathbf{X} співвідношенням виду

$$x_j = x_{j \min} + (x_{j \max} - x_{j \min}) \sin^2 z_j \quad (4a)$$

або

$$x_j = \frac{x_{j \max} z_j^2 + x_{j \min}}{z_j^2 + 1}, \quad j = \overline{1, 2m}. \quad (4b)$$

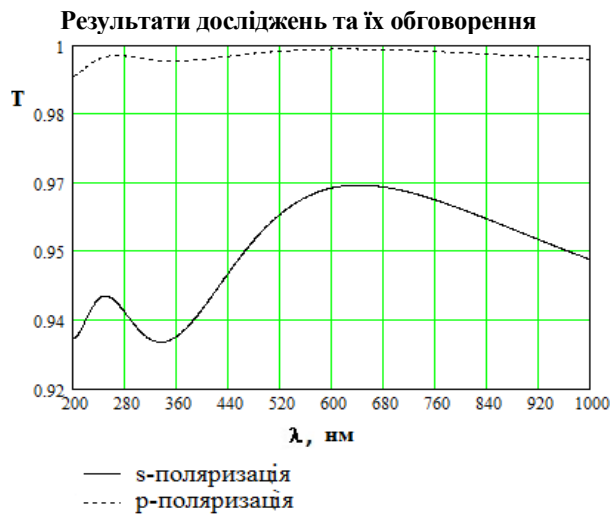


Рис. 1. Криві коефіцієнтів пропускання двошарового покриття при падінні світла під кутом $\theta_0 = 45^\circ$

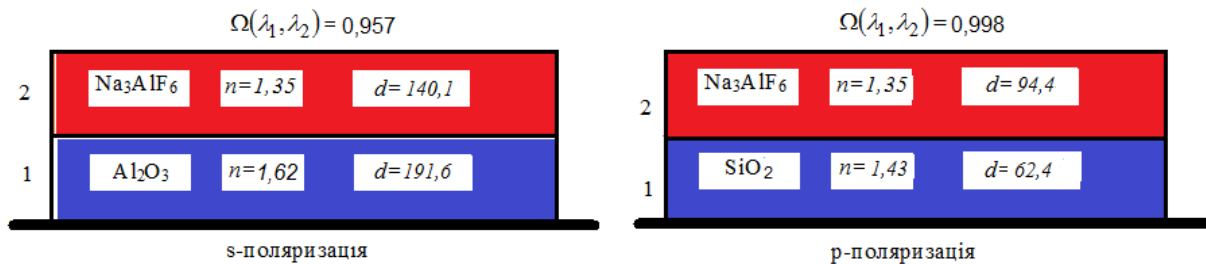


Рис. 2. Спроектвані двошарові оптичні покриття для просвітлення підкладки-скла при падінні світла під кутом $\theta_0=45^\circ$

Для р-поляризації при падінні світла оптимальною виявилась наступна двошарова оптична структура (рис. 2). Для першого шару взято матеріал SiO_2 , який має показник заломлення $n_1=1,43$ та наноситься плівка з геометричною товщиною $d_1=62,4$ нм, другий шар напильється з матеріалу Na_3AlF_6 з показником заломлення $n_2=1,35$ і повинен мати геометричну товщину $d_2=94,4$ нм. Значення цільової функції (1) рівне 0,998. Причому при $\lambda=618$ нм отримуємо максимум коефіцієнта пропускання $T_{\text{max}}=0,999$, а при $\lambda=200$ нм отримуємо мінімум коефіцієнта пропускання $T_{\text{max}}=0,993$. Із рисунку 1 видно, що на всьому спектральному діапазоні коефіцієнт пропускання спроектованих покриттів має більші значення для р-поляризації, ніж для s-поляризації.

Функціонал (1) для двошарової структури при падінні світла під кутом $\theta_0=55^\circ$, маючи праву границю в межах 850 до 1200 нм при s-поляризації після оптимізації показує практично незмінний результат в околі значення значення 0,930. При р-поляризації так само значення функціоналу практично не змінюється і тримається в околі значення 0,999. При падінні світла під кутом $\theta_0=60^\circ$ для правих границь в межах 850 до 1200 нм при s-поляризації від 850 до 1200 нм значення функціоналу практично не змінюється і тримається в околі значення 0,908, а при р-поляризації значення функціоналу тримається в околі значення 0,997. Відмітимо важливий факт: спроектовані двошарові оптичні покриття для просвітлення підкладки-скла при падінні світла під кутом $\theta_0=45^\circ$ показують також ефективні результати просвітлення і при падінні світла під кутами $\theta_0=50^\circ$ та $\theta_0=60^\circ$.

За допомогою метод багатовимірного пошуку г-алгоритму [6] спочатку знаходимо оптимальні параметри функціоналу (1), а далі підбираємо показники заломлення реальних матеріалів, які ближчі до отриманих теоретичних результатів. Після цього фіксуємо показники заломлення та оптимізуємо товщини шарів[7].

Розглянемо можливості просвітлення двошаровим покриттям підкладки-скла в широкому спектральному діапазоні при падінні світла під кутом $\theta_0=45^\circ$ (рис. 1). Після проведення обчислень для s-поляризації отримуємо оптичне покриття, яке має наступну структуру: перший шар товщиною $d_1=191,6$ нм з матеріалу Al_2O_3 , показник заломлення якого $n_1=1,62$, другий шар напильється з матеріалу Na_3AlF_6 , який має показник заломлення $n_2=1,35$ і геометрична товщина його становить $d_2=140,1$ нм. Значення цільової функції (1) рівне 0,957 (рис. 2). Причому при $\lambda=218$ нм отримуємо максимум коефіцієнта пропускання $T_{\text{max}}=0,993$, а при $\lambda=348$ нм отримуємо мінімум коефіцієнта пропускання $T_{\text{max}}=0,859$.

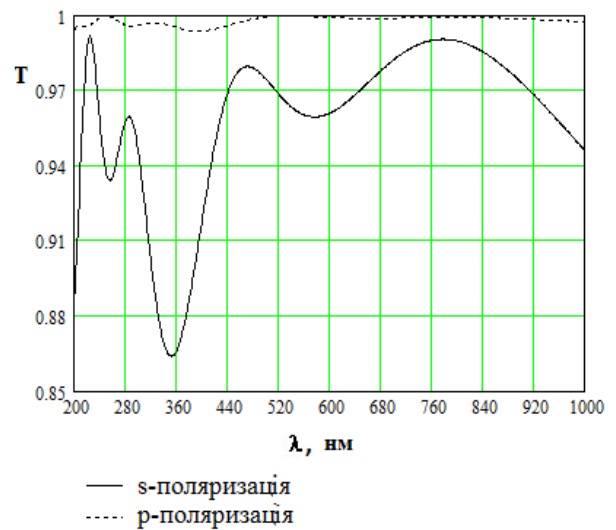


Рис. 3. Криві коефіцієнтів пропускання тришарового покриття при падінні світла під кутом $\theta_0 = 45^\circ$

Розглянемо можливості просвітлення тришаровим покриттям підкладки-скла в широкому спектральному діапазоні при падінні світла під кутом $\theta_0=45^\circ$ (рис. 3). Після проведення обчислювального експерименту для s-поляризації отримуємо оптичне покриття з наступною структурою: перший шар – Al_2O_3 з показником заломлення $n_1=1,7$ та геометричною товщиною $d_1=175,1$ нм, другий шар складатиметься з матеріалу SiO_2 , який має показник заломлення $n_2=1,43$ та потрібно напилити плівку з геометричною товщиною $d_2=59,7$ нм, третій шар напильється з матеріалу Na_3AlF_6 , який має показ-

ник заломлення $n_3=1,35$ та оптимальною для нього буде геометрична товщина $d_3=83,0$ нм. Значення цільової функції (1) рівне 0,959. Причому при $\lambda=224$ нм

отримаємо максимум коефіцієнта пропускання $T_{\max}=0,991$, а при $\lambda=352$ нм отримаємо мінімум коефіцієнта пропускання $T_{\max}=0,864$.

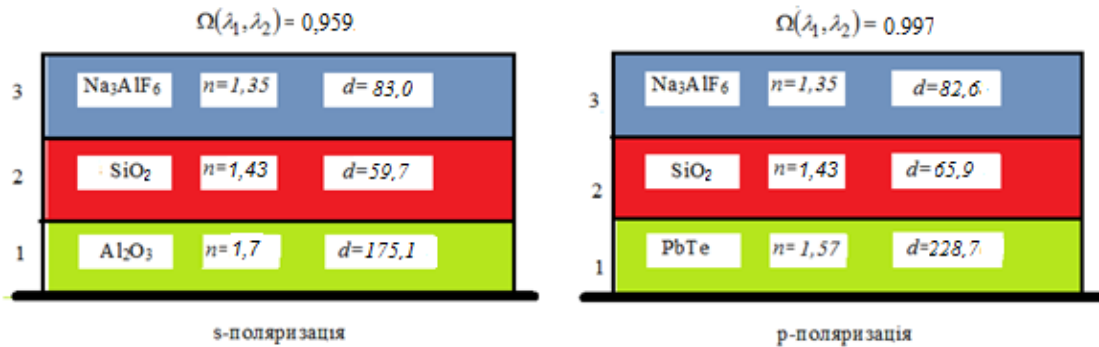


Рис. 4. Спроектвані тришарові оптичні покриття для просвітлення підкладки-скла при падінні світла під кутом $\theta_0=45^\circ$

Для р-поляризації, при падінні світла під кутом $\theta_0=45^\circ$ була спроектована наступна тришарова оптична структура (рис. 4). Для першого шару взято матеріал РbТе з показником заломлення $n_1=1,57$ та геометричною товщиною $d_1=228,7$ нм, для другого шару використовуємо матеріал SiO_2 з показником заломлення $n_2=1,43$ та геометричною товщиною $d_2=65,9$, для третього шару використаємо матеріал Na_3AlF_6 , який має показник заломлення $n_3=1,35$ та оптимальною для нього буде геометрична товщина $d_3=82,6$. Значення цільової функції (1) рівне 0,997. Причому при $\lambda=249$ нм отримаємо максимум коефіцієнта пропускання $T_{\max}=0,999$, а при $\lambda=393$ нм отримаємо мінімум коефіцієнта пропускання $T_{\max}=0,993$. Із рисунку 3 видно, що як і для двошарової структури для трьохшарової структури на всьому спектральному діапазоні коефіцієнт пропускання спроектованих покриттів має більші значення для s-поляризації, ніж для р-поляризації.

Розглянемо поведінку функціоналу (1) для інших кутів падіння. Для кута падіння $\theta_0=50^\circ$ при збільшенні правої границі λ_2 від 400 до 600 нм для s-поляризації значення функціоналу спадає стрімкіше від 0,987 до 0,961, ніж при збільшенні правої границі λ_2 від 600 до 1200 нм – від 0,961 до 0,948. Для р-поляризації графік функціоналу наближається до прямої, значення функціоналу при збільшенні правої границі λ_2 від 400 до

1200 нм становить 0,999. Для кута $\theta_0=55^\circ$ при s-поляризації функціонал при збільшенні правої границі λ_2 від 400 до 600 нм стрімко спадає від 0,984 до 0,950, а при збільшенні правої границі λ_2 від 600 до 1200 нм значення функціоналу спадає повільніше – від 0,950 до 0,933. Для р-поляризації графік функціоналу наближається до прямої так само, як і при падінні світла під кутом $\theta_0=50^\circ$. При збільшенні правої границі λ_2 від 400 до 1200 нм значення функціоналу становить 0,999. При падінні світла під кутом $\theta_0=60^\circ$ при s-поляризації функціонал, при збільшенні правої границі λ_2 від 400 до 600 нм, спадає від 0,976 до 0,932, а при збільшенні правої границі λ_2 від 600 до 1200 нм, значення функціоналу спадає повільніше до 0,911. При р-поляризації простежується спадання функціоналу при збільшенні правої границі λ_2 від 400 до 500 нм від 0,999 до 0,997 відповідно. При подальшому збільшенні правої границі λ_2 до 1200 нм значення функціоналу спадає до 0,996.

Висновки. Спроектвані тришарові оптичні покриття є ефективним для просвітлення підкладки-скла при падінні світла під кутами $\theta_0=50^\circ$, $\theta_0=55^\circ$ та $\theta_0=60^\circ$.

Розраховані двошарові та тришарові оптичні покриття можна реалізувати та використовувати на практиці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яковлев, П. П., & Мешков, Б. Б. (1987). Проектирование интерференционных покрытий. М.: Машиностроение. – 185 с.
2. Міца, В. М., Феєр, О., Голомб, Р. М., Ткач, В., Іванда, М., Міца, О. В., & Петрецький, С. В. (2019). Взаємозв'язок низькотемпературних аномалій теплопровідності та низькочастотних Раман спектрів широкозонних халькогенідних стекел для оптичних покриттів силової оптики. Ужгород: ТОВ «РІК-У». -152с.
3. Sh, Furman, & Tikhonravov, A. V. (1992). Basics of optics of multilayer systems. Editions Frontiers, Gif-sur Yvette. -242 p.
4. Stetsyuk, P. I., & Mitsa, A. V. (2005). Parameter Optimization Problems for Multilayer Optical Coatings. Cybernetics and Systems Analysis, 41(4), 564-571.
5. Мица А.В., Стецюк П.И. (2010).Использование г-алгоритма для оптимизации трех оптических многослойных покрытий // Modelare matematica, optimizare si tehnologii informatonale. – Chisinau, – С. 100-108.
6. Шор, Н. Ц. (1979). Методы минимизации недифференцируемых функций и их приложения. Наук. думка. - 200 с.
7. Міца О.В., Пецько В.І., Стецюк В.І. (2017) Двоетапний метод для синтезу багатошарових оптичних систем // Комп'ютерна математика. № 1. – С. 73-82.

Designing anti-reflective optical coatings for a wide spectral range at a different angle of light incidence

O. Mitsa, V. Petsko, N. Borkach, O. Kondrat, D. Soroka

Abstract. Two- and three-layers anti-reflective optical reducing the reflection of substrate with a refractive index of $n_s = 1.51$ were designed for the incident light angle variation on the wide spectral range for s- and p-polarizations. The method of multidimensional search r-algorithm is used for calculations.

Keywords: r-algorithm, optical anti-reflection coatings, optimization, light incidence at an angle.

Nonlocal multi-point in time Cauchy problem for parabolic equations with degeneration

I. D. Pukal'skii, B. O. Yashan

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine
Corresponding author. E-mail: bohdanjaschan94@gmail.com

Paper received 07.05.20; Accepted for publication 29.05.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-09>

Abstract. A multi-point in time problem for a parabolic equation with power singularities of arbitrary order in coefficients for time and spatial variables is considered. The existence and uniqueness of the solutions of the problem in the Hölder spaces with degree weight are established.

Keywords: degeneration, impulse action, apriori estimation.

Introduction. Nonlocal multi-point in time problem applies to nonlocal boundary value problems for partial differential equations whose theory is developed intensively since the seventies of the last century. The study of such problems is conditioned by many applications in the fields of mechanics, physics, chemistry, biology, ecology and other natural sciences, that arise in mathematical modeling of various processes [1, 2, 3].

At present, the theory of equations with degenerations and singularities is extensive field of mathematical knowledge with many areas of scientific research. It takes an important place in the theory of partial differential equations, as at the expense of many analytical results, and thanks to numerous applications in various sections of mathematics and physics [4, 5].

This article suggests an algorithm for solving the nonlocal multi-point in time problem for the parabolic second-order equation with degree singularities and degenerations in coefficients by time and spatial of variables arbitrary order for some set of points. The existence and uniqueness of a solution of the problem is proved in Hölder spaces with degree weight.

Previous data. In paper [6] for a second-order parabolic equation problem with oblique derivative and impulse influence was reviewed. In paper [7], the problem of optimal control of a system described by the oblique derivative problem and the integral condition for a time variable for a second order parabolic equation with power singularities in the equation and boundary condition coefficients is investigated. The coefficients of the equation and the boundary condition have power singulation arbitrary order in the time space variables on some set of points. With the help of modified methods developed in the study of boundary-value problems for parabolic equations with smooth coefficients, a priori estimates, the existence and uniqueness of the solution of a nonlocal parabolic boundary-value problem with degeneracy was established.

This article is a continuation of research for nonlocal parabolic equations with degeneracy.

Problem statement. Let $\eta, t_0, t_1, \dots, t_N, t_{N+1}$ be fixed positive numbers, $0 \leq t_0 < t_1 < \dots < t_{N+1}$, $t_0 < \eta < t_{N+1}$, $\eta \neq t_\lambda$, $\lambda \in \{1, 2, \dots, N\}$, let Ω be some bounded domain, $\bar{\Omega} \subset R^{n-1}$, $\dim \Omega \leq n-1$. Let us denote

$\Pi_{(0)} = \{(t, x) : t \in [t_0, t_{N+1}), x \in \Omega\} \cup \{(t, x) : t = \eta, x \in R^n \setminus \bar{\Omega}\}$. In the domain $\Pi = [t_0, t_{N+1}) \times R^n$ we consider a problem of finding the function $u(t, x)$, which, for $(t, x) \notin \Pi_{(0)}$ satisfies the equation

$$(Lu)(t, x) \equiv \left[\partial_t - \sum_{i,j=1}^n A_{ij}(t, x) \partial_{x_i} \partial_{x_j} + \sum_{i=1}^n A_i(t, x) \partial_{x_i} + A_0(t, x) \right] u(t, x) = f(t, x), \quad (1)$$

and condition for the time variable

$$u(t_0 + 0, x) + \sum_{j=1}^N b_j(x) u(t_j, x) = \varphi(x). \quad (2)$$

The power singularities of coefficients of the differential equation (1) at the point $P(t, x) \in \Pi \setminus \Pi_{(0)}$ are characterized by functions $s_1(\beta_i^{(1)}, t)$ and $s_2(\beta_i^{(2)}, x)$:
 $s_1(\beta_i^{(1)}, t) = |t - \eta|^{\beta_i^{(1)}}$ if $|t - \eta| \leq 1$,
 $s_1(\beta_i^{(1)}, t) = 1$ if $|t - \eta| \geq 1$,
 $s_2(\beta_i^{(2)}, x) = \rho^{\beta_i^{(2)}}(x)$ if $\rho(x) \leq 1$, $s_2(\beta_i^{(2)}, x) = 1$ if $\rho(x) \geq 1$, $\rho(x) = \inf_{z \in \Omega} |x - z|$, $\beta_i^{(v)} \in (-\infty, \infty)$,
 $v \in \{1, 2\}$, $\beta^{(v)} = (\beta_1^{(v)}, \dots, \beta_n^{(v)})$,
 $\beta = (\beta^{(1)}, \beta^{(2)})$.

Let's denote by $(x_1^{(1)}, \dots, x_i^{(1)}, \dots, x_n^{(1)})$ the coordinates of the point $x^{(1)} \in R^n$, $(x_1^{(1)}, \dots, x_{i-1}^{(1)}, x_i^{(2)}, x_{i+1}^{(1)}, \dots, x_n^{(1)})$ are the coordinates of the point $x^{(2)} \in R^n$, $\ell, \alpha, q^{(1)}, q^{(2)}, \gamma^{(1)}, \gamma^{(2)}, \mu_j^{(1)}, \mu_j^{(2)}$ are real numbers, $j \in \{0, 1, \dots, n\}$, $1 \geq 0, q^{(v)} \geq 0, \gamma^{(v)} \geq 0, \mu_j^{(v)} \geq 0, \alpha \in (0, 1)$, $[l]$ is the integer part of l . Let D be an arbitrary closed domain, $\bar{D} \subset R^n$, $Q = [t_0, t_{N+1}) \times D$,

$P_i(t^{(1)}, x^{(1)})$, $R(t^{(2)}, x^{(1)})$, $H_i(t^{(1)}, x^{(2)})$, $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ are arbitrary points of the domain Q , $\bar{Q} \subset \Pi = [t_0, t_{N+1}] \times R^n$, $Q_{(0)} = Q \cap \Pi_{(0)}$.

Let's define the functional space in which we study problem (1), (2).

$H^1(\gamma; \beta; q; Q)$ is set of functions $u(t, x)$ of space $L_1(\Pi)$, which have continuous partial derivatives in $Q \setminus Q_{(0)}$ of the form $\partial_t^j \partial_x^r$, $2i + |r| \leq [L]$ and a finite value of the norm

$$\|u; \gamma; \beta; q; Q\|_l = \sum_{2j+|r| \leq l} \|u; \gamma; \beta; q; Q\|_{2j+|r|} + \langle u; \gamma; \beta; q; Q \rangle_l,$$

where, e.g.,

$$\|u; \gamma; \beta; 0; Q\|_0 = (\sup_{P_i \in \bar{Q}} |u(P_i)|) \equiv \|u; \Pi\|_0,$$

$$\begin{aligned} \|u; \gamma; \beta; q; Q\|_{2j+|r|} &\equiv \sup_{P_i \in \bar{Q}} \left[s_1(q^{(1)} + 2j\gamma^{(1)}, t^{(1)}) s_2(q^{(2)} + 2j\gamma^{(2)}, x^{(1)}) \times \right. \\ &\quad \times \left| \partial_t^j \partial_x^r u(P_i) \right| \prod_{i=1}^n s_1(r_i(\gamma^{(1)} - \beta_i^{(1)}), t^{(1)}) \times \\ &\quad \times s_2(r_i(\gamma^{(2)} - \beta_i^{(2)}), x^{(1)}) \Big], \\ \langle u; \gamma; \beta; q; Q \rangle_l &= \sum_{2j+|r|=1}^l \left\{ \sum_{v=1}^n \sup_{(P_i, H_v) \subset \bar{Q}} \left[s_1(q^{(1)} + l\gamma^{(1)}, t^{(2)}) \times \right. \right. \\ &\quad \times s_2(q^{(2)} + 2j\gamma^{(2)}, \tilde{x}) \prod_{i=1}^n s_1(-r_i\beta_i^{(1)}, t^{(1)}) s_2(r_i(\gamma^{(2)} - \beta_i^{(2)}), \tilde{x}) \times \\ &\quad \times s_1(-[l]\beta_v^{(1)}, t^{(1)}) s_2(\{1\}(\gamma^{(2)} - \beta_v^{(2)}), \tilde{x}) \Big] \left| x_v^{(1)} - x_v^{(2)} \right|^{-[1]} \times \\ &\quad \times \left| \partial_t^j \partial_x^r u(P_i) - \partial_t^j \partial_x^r u(H_v) \right| \Big] + \\ &\quad + \sup_{(P_i, R) \subset \bar{Q}} \left[s_1(q^{(1)} + l\gamma^{(1)}, \tilde{t}) s_2(q^{(2)} + (l-|r|)\gamma^{(2)}, x^{(2)}) \times \right. \\ &\quad \times \prod_{i=1}^n s_1(-r_i\beta_i^{(1)}, \tilde{t}) s_2(r_i(\gamma^{(2)} - \beta_i^{(2)}), x^{(1)}) \Big] \left| t^{(1)} - t^{(2)} \right|^{-[1/2]} \times \\ &\quad \times \left| \partial_t^j \partial_x^r u(R) - \partial_t^j \partial_x^r u(P_i) \right| \Big] \Big\}. \end{aligned}$$

Marked here:

$$s_1(a, \tilde{t}) = \min(s_1(a, t^{(1)}), s_1(a, t^{(2)})),$$

$$s_2(a, \tilde{x}) = \min(s_2(a, x^{(1)}), s_2(a, x^{(2)})),$$

$$\partial_x^r = \partial_{x_1}^{r_1} \partial_{x_2}^{r_2} \dots \partial_{x_n}^{r_n}, \quad |r| = r_1 + \dots + r_n.$$

Let's assume that the initial date of problems (1), (2) satisfy the following conditions:

a) for the arbitrary vector $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_n) \forall (t, x) \in \Pi$ the following inequality holds

$$\begin{aligned} \pi_1 |\xi|^2 &\leq \sum_{i,j=1}^n A_{ij}(t, x) s_1(\beta_i^{(1)}, t) s_1(\beta_j^{(1)}, t) \times \\ &\quad \times s_2(\beta_i^{(2)}, x) s_2(\beta_j^{(2)}, x) \xi_i \xi_j \leq \pi_2 |\xi|^2, \end{aligned}$$

π_1 , π_2 are fixed positive constants and $s_1(\mu_i^{(1)}, t) s_2(\mu_i^{(2)}, x) A_i \in H^\alpha(\gamma; \beta; 0; \Pi)$,

$s_1(\mu_0^{(1)}, t) s_2(\mu_0^{(2)}, x) A_0 \in H^\alpha(\gamma; \beta; 0; \Pi)$, $A_0 \geq 0$, $s_1(\beta_i^{(1)}, t) s_1(\beta_j^{(1)}, t) s_2(\beta_i^{(2)}, x) s_2(\beta_j^{(2)}, x) A_{ij} \in H^\alpha(\gamma; \beta; 0; Q)$,

$$\gamma^{(v)} = \max \left\{ \max_i (1 + \beta_i^{(v)}), \max_i (\mu_i^{(v)} - \beta_i^{(v)}), \frac{\mu_0^{(v)}}{2} \right\},$$

$v \in \{1, 2\}$;

b) functions $f \in H^\alpha(\gamma; \beta; \mu_0; \Pi)$, $\varphi_0 \in H^{2+\alpha}(\tilde{\gamma}; \tilde{\beta}; 0; R^n)$, $b_j(x) \in C^{2+\alpha}(R^n)$, $\sum_{j=1}^N |b_j(x)| \leq \lambda_0 < 1$, $\tilde{\gamma} = (0, \gamma^{(2)})$, $\tilde{\beta} = (0, \beta^{(2)})$.

Main results. Let's formulate the main result of the work.

Theorem 1. Let conditions a), b) be satisfied for problem (1), (2). Then there exists a unique solution of problem (1), (2) in the space $H^{2+\alpha}(\gamma; \beta; 0; \Pi)$ and the following estimate is correct:

$$\|u; \gamma; \beta; 0; \Pi\|_{2+\alpha} \leq c(\|f; \gamma; \beta; \mu_0; \Pi\|_\alpha + \|\varphi; \tilde{\gamma}; \tilde{\beta}; 0; R^n\|_{2+\alpha}) \equiv B. \quad (3)$$

To prove Theorem 1 we construct a sequence of solutions of problems with smooth coefficients, the boundary value of which is the solution of problem (1), (2).

Evaluation of solutions of problems with smooth coefficients. Let $\Pi_m = \Pi \cap$

$$\cap \{(t, x) \in \Pi : s_1(1, t) \geq m_1^{-1}, s_2(1, x) \geq m_2^{-1}\}, \quad m = (m_1, m_2),$$

$m_1 > 1$, $m_2 > 1$ be a sequence of domains that, for $m_1 \rightarrow \infty$, $m_2 \rightarrow \infty$ converges to $\Pi \setminus \Pi_{(0)}$.

In the domain Π we consider the problem of finding the function $u_m(t, x)$, that satisfies the equation

$$\begin{aligned} (L_1 u_m)(t, x) &\equiv \left[\partial_t - \sum_{i,j=1}^n a_{ij}(t, x) \partial_{x_i} \partial_{x_j} + \right. \\ &\quad \left. + \sum_{i=1}^n a_i(t, x) \partial_{x_i} + a_0(t, x) \right] u_m(t, x) = f_m(t, x), \quad (4) \end{aligned}$$

and condition for the time variable

$$u_m(t_0 + 0, x) + \sum_{j=1}^N b_j(x) u_m(t_j, x) = \varphi_m(x). \quad (5)$$

Here, the coefficients a_{ij} , a_i , a_0 and functions f_m , φ_m , for $(t, x) \in \Pi_m$ coincide with A_{ij} , A_i , A_0 and f, φ respectively. For $(t, x) \in \Pi \setminus \Pi_m$ the coefficients a_{ij} , a_i , a_0 , and functions f_m , φ_m are continuous extensions of the coefficients A_{ij} , A_i , A_0 and functions f_m , φ_m from the domain Π_m into the domain $\Pi \setminus \Pi_m$, $m = (m_1, m_2)$.

Let us find the estimate of the solution to the problem

(4), (5). In the space $C^{2+\alpha}(\Pi)$ we introduce the norm $\|u_m; \gamma; \beta; q; \Pi\|_l$, which, for every m is equivalent to the Hölder norm determined by the same way as $\|u; \gamma; \beta; q; \Pi\|_l$, but instead of the functions $s_1(\beta_i^{(1)}, t)$ and $s_2(\beta_i^{(2)}, x)$ we take $d_1(\beta_i^{(1)}, t)$, $d_2(\beta_i^{(2)}, x)$:
 $d_1(\beta_i^{(1)}, t) = \max(s_1(\beta_i^{(1)}, t), m_1^{-\beta_i^{(1)}})$ if $\beta_i^{(1)} \geq 0$ and
 $d_1(\beta_i^{(1)}, t) = \min(s_1(\beta_i^{(1)}, t), m_1^{-\beta_i^{(1)}})$ if $\beta_i^{(1)} < 0$;
 $d_2(\beta_i^{(2)}, x) = \max(s_2(\beta_i^{(2)}, x), m_2^{-\beta_i^{(2)}})$ if $\beta_i^{(2)} \geq 0$ and
 $d_2(\beta_i^{(2)}, x) = \min(s_2(\beta_i^{(2)}, x), m_2^{-\beta_i^{(2)}})$ if $\beta_i^{(2)} < 0$.

For the solution of the problem (4), (5) we have a correct theorem.

Theorem 2. Let u_m be the classical solutions of problem (4), (5) in the domain Π and let conditions a), b) be satisfied. Then for $u_m(t, x)$ the following estimate is true

$$|u_m| \leq c \left(\left\| \varphi_m \left(1 - \sum_{j=1}^N |b_j(x)|^{-1}; R^n \right) \right\|_0 + \|f_m; \Pi\|_0 \right). \quad (6)$$

Inequality (6) is proved by the scheme of proving of Theorem 2.5 [8, p. 27].

Theorem 3. If conditions a), b) are satisfied then for the solution of the problem (4), (5) the following inequality is true:

$$\|u_m; \gamma, \beta, 0; \Pi\|_{2+\alpha} \leq c (\|f_m; \gamma; \beta; \mu_0; \Pi\|_\alpha + \|\varphi_m; \tilde{\gamma}; \tilde{\beta}; 0; R^n\|_{2+\alpha}). \quad (7)$$

Proof. Using the definition of the norm and interpolation inequalities from [9, 10], we have

$$\|u_m; \gamma; \beta; 0; \Pi\|_{2+\alpha} \leq (1 + \varepsilon^\alpha) \|u_m; \gamma; \beta; 0; \Pi\|_{2+\alpha} + c(\varepsilon) \|u_m; \Pi\|_0,$$

where ε is an arbitrary real number, $\varepsilon \in (0, 1)$. This is why it suffices to evaluate the half norm $\langle u_m; \gamma; \beta; 0; \Pi \rangle_{2+\alpha}$. From the definition of the half norm it follows that, in Π there exist the points P_1, R_i, H_v , for which one of the following inequalities is true

$$\frac{\lambda_0 + 1}{2} \|u_m; \gamma; \beta; 0; \Pi^{(k)}\|_{2+\alpha} \leq E_\delta, \quad \delta \in \{1, 2\} \quad (8)$$

Where

$$E_1 \equiv \sum_{2j+|r|=2} \left\{ \sum_{v=1}^n d_1((2+\alpha)\gamma^{(1)}, t^{(1)}) \times \prod_{i=1}^n d_1(-r_i\beta_i^{(1)}, t^{(1)}) d_2(r_i(\gamma^{(2)} - \beta_i^{(2)}), \tilde{x}) d_1(-\alpha\beta_v^{(1)}, t^{(1)}) \times d_2(-\alpha(\gamma^{(2)} - \beta_v^{(2)}), \tilde{x}) |x_v^{(1)} - x_v^{(2)}|^{-\alpha} \times |\partial_t^j \partial_x^r u_m(P_1) - \partial_t^j \partial_x^r u_m(H_v)| \right\},$$

$$E_2 \equiv \sum_{2j+|r|=2} d_1((2+\alpha)\gamma^{(1)}, \tilde{t}) d_2((2-|r|+\alpha)\gamma^{(2)}, x^{(2)}) \times \prod_{i=1}^n d_1(-r_i\beta_i^{(1)}, \tilde{t}) d_2(r_i(\gamma^{(2)} - \beta_i^{(2)}), x^{(2)}) |t^{(1)} - t^{(2)}|^{-\alpha/2} \times$$

$$\times |\partial_t^j \partial_x^r u_m(R) - \partial_t^j \partial_x^r u_m(P_1)|,$$

$$d_1(a, \tilde{t}) = \min(d_1(a, t^{(1)}), d_2(a, t^{(2)})),$$

$$d_2(a, \tilde{x}) = \min(d_2(a, x^{(1)}), d_x(a, x^{(2)})).$$

If $|x_v^{(1)} - x_v^{(2)}| \geq \frac{\varepsilon_1}{4} \frac{1}{n} d_1(\gamma^{(1)} - \beta_v^{(1)}, t^{(1)}) \times \times d_2(\gamma^{(2)} - \beta_v^{(2)}, \tilde{x}) \equiv T_1$ then

$$E_1 \leq 2\varepsilon_1^{-\alpha} \|u_m; \gamma; \beta; 0; \Pi\|_2. \quad (9)$$

If $|t^{(1)} - t^{(2)}| \geq \frac{\varepsilon_1}{16} d_1(2\gamma^{(1)}, \tilde{t}) d_2(2\gamma^{(2)}, x^{(2)}) \equiv T_2$ then

$$E_2 \leq 2\varepsilon_1^{-\alpha} \|u_m; \gamma; \beta; 0; \Pi\|_2. \quad (10)$$

Applying the interpolation inequalities to (9), (10), we obtain

$$E_\delta \leq \varepsilon^\alpha \|u_m; \gamma; \beta; 0; \Pi\|_{2+\alpha} + c(\varepsilon) \|u_m; \Pi\|_0. \quad (11)$$

Let $|x_v^{(1)} - x_v^{(2)}| \leq T_1$, and $|t^{(1)} - t^{(2)}| \leq T_2$. We assume that $d_1(2\gamma^{(1)}, \tilde{t}) = d_1(2\gamma^{(1)}, t^{(1)})$, $d_2(2\gamma^{(2)}, \tilde{x}) = d_2(2\gamma^{(2)}, x^{(1)})$, $(t^{(1)}, x^{(1)}) \in \Pi$. In the domain Π we write problem (4), (5) in the form

$$(L_2 u_m) \equiv \left[\partial_t - \sum_{i,j=1}^n a_{ij}(t^{(1)}, x^{(1)}) \partial_{x_i} \partial_{x_j} \right] u_m =$$

$$= \sum_{i,j=1}^n [a_{ij}(t, x) - a_{ij}(t^{(1)}, x^{(1)})] \partial_{x_i} \partial_{x_j} u_m -$$

$$- \sum_{i=1}^n a_i(t, x) \partial_{x_i} u_m - a_0(t, x) u_m + f_m(t, x) \equiv$$

$$\equiv F_m(t, x; u_m) + f_m(t, x), \quad (12)$$

$$u_m(t_0 + 0, x) = \psi_m(t_0, x), \quad (13)$$

where $\psi_m(t_0, x) = \varphi_m(x) - \sum_{j=1}^N u_m(t_j, x)$.

Let V_{ε_2} be a domain from Π , $V_{\varepsilon_2} = \{(t, x) \in \Pi, |t - t^{(1)}| \leq \varepsilon_2^2 T_2, |x_i - x_i^{(1)}| \leq \varepsilon_2 T_1, i \in \{1, \dots, n\}\}$. In problem (12), (13) we make the substitution $u_m(t, x) = v_m(t, x)$, $y_i = d_1(\beta_i^{(1)}, t^{(1)}) d_1(\beta_i^{(2)}, x^{(1)}) x_i$. As a result, we are observed

$$(L_2 v_m)(t, y) \equiv \left[\partial_t - \sum_{i,j=1}^n d_1(\beta_i^{(1)}, t^{(1)}) d_1(\beta_j^{(1)}, t^{(1)}) \times \times d_2(\beta_i^{(2)}, x^{(1)}) d_2(\beta_j^{(2)}, x^{(1)}) a_{ij}(t^{(1)}, x^{(1)}) \partial_{y_i} \partial_{y_j} \right] v_m =$$

$$= F_m(t, \tilde{y}; v_m) + f_m(t, \tilde{y}), \quad (14)$$

$$v_m(t_0 + 0, y) = \psi_m(t_0, y), \quad (15)$$

where $\tilde{y} = (d_1(-\beta_1^{(1)}, t^{(1)}) d_2(-\beta_1^{(2)}, x^{(1)}) y_1, \dots, d_1(-\beta_n^{(1)}, t^{(1)}) d_2(-\beta_n^{(2)}, x^{(1)}) y_n)$. Let's denote $y_i^{(1)} = d_1(\beta_i^{(1)}, t^{(1)}) d_2(\beta_i^{(2)}, x^{(1)}) x_i^{(1)}$,

$$W_{\varepsilon_2} = \{(t, y), |t - t^{(1)}| \leq \varepsilon_2 T_2, |y_i - y_i^{(1)}| \leq \varepsilon_2 \sqrt{T_2}\}$$

and take the triply differentiable function $\mu(t, y)$ that satisfies the conditions

$$\mu(\tau, z) = \begin{cases} 1, & (t, y) \in W_{1/2}, & 0 \leq \mu(t, y) \leq 1, \\ 0, & (t, y) \notin W_{3/4}, & \left| \partial_t^j \partial_x^r \mu \right| \leq c_{jr} \times \\ & & \times d_1(-2j\gamma^{(1)}, t^{(1)}) \times \\ & & \times \prod_{i=1}^n d_2(-r_j\gamma^{(2)}, x^{(2)}). \end{cases}$$

Then the function $Z_m(t, y) = \mu(t, y)v_m(t, y)$ is a solution of the Cauchy problem

$$\begin{aligned} (L_2 Z_m)(t, y) &= \sum_{i,j=1}^n d_1(\beta_i^{(1)}, t^{(1)}) d_1(\beta_j^{(1)}, t^{(1)}) \times \\ &\times d_2(\beta_i^{(2)}, x^{(1)}) d_2(\beta_j^{(2)}, x^{(1)}) a_{ij}(t^{(1)}, x^{(1)}) \times \\ &\times [\partial_{y_i} \mu \partial_{y_j} v_m + \partial_{y_j} \mu \partial_{y_i} v_m] + \\ &+ v_m \left[\sum_{i,j=1}^n d_1(\beta_i^{(1)}, t^{(1)}) d_1(\beta_j^{(1)}, t^{(1)}) d_2(\beta_i^{(2)}, x^{(1)}) \times \right. \\ &\times d_2(\beta_j^{(2)}, x^{(1)}) a_{ij}(t^{(1)}, x^{(1)}) \partial_{y_i} \partial_{y_j} \mu - \partial_t \mu \left. \right] + \\ &+ \mu [F_m + f_m] \equiv F_m^{(1)} + \mu f_m, \end{aligned} \quad (16)$$

$$Z_m(t_0 + 0, x) = \psi_m(t_0, \tilde{y}) \mu(t_0, y). \quad (17)$$

On the basis of Theorem 5.1 from [8, p. 364], for the solution of problem (16), (17) the following inequalities are true:

$$\begin{aligned} |y^{(1)} - y^{(2)}|^{-\alpha} \left| \partial_t^j \partial_y^r Z_m(t, y^{(1)}) - \partial_t^j \partial_y^r Z_m(t, y^{(2)}) \right| &\leq \\ &\leq c \left(\|F_m^{(1)} + \mu F_m\|_{C^\alpha(W_{3/4})} + \right. \\ &+ \|\mu \psi_m\|_{C^{2+\alpha}(W_{3/4} \cap (t=t_0))} \Big) \equiv B_m, \end{aligned} \quad (18)$$

$$|t^{(1)} - t^{(2)}|^{-\alpha/2} \left| \partial_t^j \partial_y^r Z_m(t^{(1)}, y) - \partial_t^j \partial_y^r Z_m(t^{(2)}, y) \right| \leq c_1 B_m,$$

where $\{(t, y^{(1)}), (t, y^{(2)}), (t^{(1)}, y), (t^{(2)}, y)\} \subset W_{1/4}$, $2j + |r| = 2$.

Taking into account the properties of the function $\mu(t, y)$ we obtain

$$\begin{aligned} \|F_m^{(1)} + \mu f_m\|_{C^\alpha(W_{3/4})} &\leq c_2 d_1(-2 + \alpha)\gamma^{(1)}, t^{(1)} \times \\ &\times d_2(-2 + \alpha)\gamma^{(2)}, x^{(1)} (\|v_m; \gamma; 0; 0; W_{3/4}\|_2 + \\ &+ \|v_m; W_{3/4}\|_0 + \|F_m; \gamma; 0; 2\gamma; W_{3/4}\|_\alpha), \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \|\mu \psi_m\|_{C^{2+\alpha}(W_{3/4} \cap (t=t_0))} &\leq c_3 d_1(-2 + \alpha)\gamma^{(1)}, t^{(1)} \times \\ &\times d_2(-2 + \alpha)\gamma^{(2)}, x^{(1)} \|\psi_m; \tilde{\gamma}; 0; 0; W_{3/4}\|_{2+\alpha}, \end{aligned} \quad (20)$$

Substituting (19), (20) into (18) and returning to the variables (t, x) , we obtain

$$\begin{aligned} E_\delta &\leq c_4 (\|F_m; \gamma; \beta; 2\gamma; V_{3/4}\|_\alpha + \|f_m; \gamma; \beta; 2\gamma; V_{3/4}\|_\alpha + \\ &+ \|u_m; V_{3/4}\|_0 + \|u_m; \gamma; \beta; 0; V_{3/4}\|_2 + \\ &+ \|\psi_m; \tilde{\gamma}; \tilde{\beta}; 0; V_{3/4}\|_{2+\alpha}). \end{aligned} \quad (21)$$

Given the interpolation inequalities and estimates of the norm of each additive of the expressions F_m, ψ_m , we obtain the inequalities

$$\begin{aligned} E_\delta &\leq (\varepsilon_1^\alpha (n+2) + \varepsilon^2 n^2) \|u_m; \gamma; \beta; 0; V_{3/4}\|_{2+\alpha} + \\ &+ c_4 \|u_m; V_{3/4}\|_0 + c_5 (\|f_m; \gamma; \beta; \mu_0; V_{3/4}\|_\alpha + \\ &+ \|\psi_m; \tilde{\gamma}; \tilde{\beta}; 0; V_{3/4}\|_{2+\alpha}), \end{aligned} \quad (22)$$

where

$$\begin{aligned} \|\psi_m; \tilde{\gamma}; \tilde{\beta}; 0; V_{3/4}\|_{2+\alpha} &\leq c (\|\varphi_m; \tilde{\gamma}; \tilde{\beta}; 0; R^n\|_{2+\alpha} + \\ &+ \lambda_0 \|u_m; \gamma; \beta; 0; V_{3/4}\|_{2+\alpha}). \end{aligned}$$

Using inequalities (6), (8), (11), (21), (22) and choosing ε and ε_1 sufficiently small, we obtain the estimate (7). Theorem is proved.

Now let's establish the existence of a solution to the problem (4), (5). Such a theorem is correct.

Theorem 3. If the conditions a), b) are satisfied then the unique solution to the problem (4), (5) exists for which the estimate (3) is valid.

The solution of the problem (4), (5) is constructed in the form

$$u_m(t, x) = \int_{R^n} Z_m(t, x, t_0, \xi) \mu_0(t_0, \xi) d\xi + \omega_m(t, x),$$

Where $\omega_m(t, x)$ is the solution of the Cauchy problem

$$(L_1 \omega_m)(t, x) = f_m(t, x), \quad \omega_m(t_0 + 0, x) = \varphi_m(x), \quad (23)$$

where $Z_m(t, x, \tau, \xi)$ is fundamental solution of the problem (23). Satisfying the condition (5), we obtain

$$\begin{aligned} u_m(t_0 + 0, x) + \sum_{j=1}^N b_j(x) \int_{R^n} Z_m(t_j, x, t_0, \xi) \mu_m(t_0, \xi) d\xi &= \\ = - \sum_{j=1}^N b_j(x) \omega_m(t_j, x). \end{aligned} \quad (24)$$

Given the restrictions on functions $b_j(x)$ by the method of successive approximations the solution of the integral equation (24) is constructed. Substituting it into (23) we obtain the solution of the problem (4), (5) for which the estimate (7) is valid.

Proof of Theorem 1. Because

$$\begin{aligned} \|f_m; \gamma; \beta; \mu_0; \Pi\|_\alpha &\leq c \|f; \gamma; \beta; \mu_0; \Pi\|_\alpha, \\ \|\varphi_m; \tilde{\gamma}; \tilde{\beta}; 0; R^n\|_{2+\alpha} &\leq c \|\varphi; \tilde{\gamma}; \tilde{\beta}; 0; R^n\|_{2+\alpha}, \end{aligned}$$

then based on the estimate (7) for the solution of the problem (4), (5) the following estimate is true

$$\|u_m; \gamma; \beta; 0; \Pi\|_{2+\alpha} \leq B, \quad (25)$$

the right-hand side of inequality does not depend on $m = (m_1, m_2)$. Moreover, the sequences

$$\begin{aligned} \{U_m^{(0)}\} &\equiv \{u_m\}, \\ \{U_m^{(1)}\} &\equiv \{d_1(\gamma^{(1)}, t) d_2(\gamma^{(2)} - \beta_i^{(2)}, x) \partial_{x_i} u_m(t, x)\}, \\ \{U_m^{(2)}\} &\equiv \{d_1(2\gamma^{(1)}, t) d_2(\gamma^{(2)} - \beta_i^{(2)}, x) \times \\ &\times d_2(\gamma^{(2)} - \beta_j^{(2)}, x) \partial_{x_i} \partial_{x_j} u_m(t, x)\}, \\ \{U_m^{(3)}\} &\equiv \{d_1(2\gamma^{(1)}, t) d_2(2\gamma^{(2)}, x) \partial_t u_m(t, x)\} \end{aligned}$$

are uniformly bounded and equicontinuous in the domain \bar{Q} . According to the Arzela theorem, there exist subsequences $\{U_{m_k}^{(v)}\}$, uniformly convergent in \bar{Q} to $\{U_0^{(v)}\}$, $v \in \{0, 1, 2, 3\}$. Since Q is an arbitrary domain,

$Q \subset \Pi$, then passing to the limit for $m_{1k} \rightarrow \infty$, $m_{2k} \rightarrow \infty$ in problem (4), (5), we find that $u(t, x) = U_0^{(0)}$ – is the unique solution to the problem (1), (2), in the space $H^{2+\alpha}(\gamma; \beta; 0; \Pi)$. Theorem is proved.

Conclusions. The necessary and sufficient conditions for the existence of the unique solution of a multipoint problem for parabolic equations with degeneration are established. Estimates of derivatives of the solution of the problem in the Hölder spaces with power weight are found. The order of the degree weight depends on the power of the degree features of the coefficients of the equation.

REFERENCES

1. A.M. Nakhushev. Equations of mathematical biology [in Russian], Higher School, Moscow (1995).
2. Belovich I.A., Kapitsa S.P., Kordyumov S.P. Mathematical model of global demographic processes taking into account spatial distribution [in Russian], Journal computational mathematics and mathematical physics, (1988), Vol. 38, N6.
3. Maykov A.R., Poyezd A.D., Yakunin S.A. The economic method of calculating nonstationary time-non-local radiation conditions for wave systems [in Russian] Journal computational mathematics and mathematical physics, (1980), Vol. 30, N8.
4. Seitz F. The modern theory of solids. – L.M. Gostekhizdat (1949)
5. Jasmine G.M. On the finiteness of the discrete spectrum of the energy operators of quantum systems of many particles [in Russian] Doc. SSSR Academy of Sciences, (1972), Vol. 207, N1.
6. I. D. Pukalskyi, B. O. Yashan Boundary-value problem with impulsive action for a parabolic equation with degeneration [in Ukrainian] Ukrainian Mathematical Journal (2019), Vol. 71, N1.
7. I.D. Pukal'skii, B.O. Yashan Optimal control in a nonlocal boundary value problem with integral condition for parabolic equations with degeneration [in Ukrainian], Bukovinian Math. Journal (2019), Vol. 7 N1.
8. Ladyzhenskaya O. A., Solonnikov V. A., Ural'tseva N. N. Linear and quasilinear equations of parabolic type [in Russian], Science, Moscow (1967).
9. Friedman A. Partial differential equations of parabolic type [in Russian], World, Moscow (1968).
10. Pukalskyi I.D. The boundary value problems for unevenly parabolic and elliptic equations with degeneration and singularities [in Ukrainian], Ruta, Chernivtsi (2008).

INFORMATION TECHNOLOGY

Процеси автоматизації динамічних геоінформаційних систем у задачах моніторингу регіональних ресурсів

О. В. Зарицький¹, О. Б. Костенко¹, О. І. Чуб²

¹Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, Україна

²Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна

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

Paper received 15.07.20; Accepted for publication 25.07.20

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-10>

Анотація. Статтю присвячено окремим процесам автоматизації динамічних геоінформаційних систем для задач здійснення моніторингу регіональних ресурсів. В роботі представлено аналіз ряду розроблених продукційних правил із застосуванням методу дерева рішень. Розглянуто особливості використання паралельних обчислень під час обробки великих масивів даних інформаційних систем з використанням та планування територій. Наведено спосіб передачі, зберігання та візуалізації масивів геопросторових даних динамічної ГІС у форматі XML. Запропоновано підхід щодо автоматизації документообігу результатів пілотного проектування при опрацюванні геопросторових даних.

Ключові слова: динамічна геоінформаційна система, моніторинг, регіональні ресурси, продукційні моделі, відтворення даних, паралельні обчислення, документообіг.

Вступ. Зі стрімким розвитком технологій успішний розвиток господарської діяльності забезпечується за допомогою розгортання інформаційних систем (ІС) та здійснення моніторингу.

Опрацювання великих обсягів інформації, зміни у нормативному полі, оперативне вирішення поточних завдань потребують швидкого прийняття рішень, узгодження в динаміці [1]. Таким чином стає актуальним належне проектування потужної інфраструктури даних, збільшується потреба в розгортанні динамічних геоінформаційних систем (ДГІС) – інтегрованих систем геопросторових даних, які здатні відразу транслювати зміни у корисну інформацію [2].

Моніторинг у загальному розумінні передбачає систему збирання, реєстрації, зберігання та аналізу невеликої кількості ключових ознак або параметрів опису певного об'єкту для винесення судження про його поведінку та стан в цілому [3].

Моніторинг необхідний при систематичному відстеженні таких регіональних ресурсів, як: водні, енергетичні, інформаційні, земельні, кліматичні, лікувальні, мінеральні, рекреаційні, рослинні та тваринні. Згідно [4 – 5] проведення моніторингу регіональних ресурсів забезпечується створенням відкритої динамічної інформаційної системи (ДІС), яка відображає стан розвитку регіонів України та забезпечує прозорість представлених даних.

В цьому контексті важливим є розвиток таких ІС, як кадастри, ГІС та бази геопросторових даних (БГД) [6], з якими пов'язані державні обліки, реєстри та статистичні звіти.

Сучасні динамічні ГІС містять ряд показників, що змінюються в часі за своєю суттю, або законодавчо, та інформація про які є неповною. Розуміння причин відсутності частини даних є важливим для коректної обробки всього масиву даних. Якщо значення повністю відсутні у випадковому порядку, вибірка даних, ймовірно, ще є репрезентативною для населення. За інших обставин аналіз може бути упередженим.

Рівень розгортання, деталізації інформаційного представлення в динамічних ГІС залежить від вимог

цільового користувача, масштабу охоплення територій, якості зібраної інформації тощо. Очевидним є пошук мінімізації ресурсних витрат для забезпечення швидкого прийняття рішень щодо питань проектування, планування, оновлення та представлення результатів.

З плином часу інформація, яка міститься у вихідних даних звітів, ускладнюється та збільшується в об'ємах. Також змінюється уявлення щодо друкованого документа, оскільки він може містити такі компоненти, як графіки, зображення, складні розрахунки, діаграми та багато іншого.

Отже, в процесі побудови моніторингу регіональних ресурсів виникає ряд проблем, які заважають належному проектуванню ДГІС: неоднорідність даних в діючих ІС; дублювання та конфліктність інформації в реєстрах та системах як у паперовому так і в електронному вигляді; відсутність деяких відомостей в регіональних ІС; складнощі використання значних масивів архівних матеріалів; нові вимоги до змісту електронних документів про окремі геопросторові об'єкти при переході на європейські стандарти ведення банку географічної інформації; більшість проектних рішень в тематичних ІС досі реалізуються без урахування майнової структуризації території; існує потреба у відкритості та актуальності відомостей про майнові об'єкти; зміни в адміністративно-територіальному устрої.

Виникає необхідність у розробленні нових підходів побудови ГІС регіональних ресурсів. Така технологія має передбачати два випадки, які стосуються:

- обробки значного об'єму вже накопичених за минулі роки даних в інформаційних системах;
- побудови системи, що реалізує процедуру відтворення пропущених даних із застосуванням продукційної моделі та паралельних обчислень під час обробки великих масивів даних.

Короткий огляд публікацій. Для здійснення ефективного використання та планування регіональних ресурсів існує багато інформаційних і технологічних напрямів, які розглянуті у дослідженні [7].

У роботі [8] запропоновано встановлювати порядок інформаційної взаємодії між ІС для виключення дуб-

люючих процесів.

У роботі [9] першовідомості ІС нижчого порядку представляються як посилання через ключі в усіх інших ІС вищого порядку. Розглянуто метод уніфікації з ранжуванням, що створює базис для формування нової кваліфікованої структури динамічної ГІС та БГД. Такий підхід все ще не забезпечує від пропущених даних, але визначені ранги підсистем дозволяють розробляти в подальшому чіткі нормативно-правові правила щодо відтворення таких даних в процесі інформаційної взаємодії.

При опрацюванні інформації регіональних ІС можливі випадки пропущених даних або «missing data», що в державному комплексі стандартів [10] визначається, як значення, що не є готовими для постачальника даних. Дані часто відсутні загалом або містять помилки. Ці форми невизначеності даних мають різний вплив на обґрунтованість висновків в дослідженнях: відсутні повністю випадковим чином, відсутні випадково і відсутні не випадково [11]. Деякі пропущені дані концептуально і тимчасово в роботі [12] пропонується замінювати відомими значеннями.

В дослідженні [13] наголошується, що маркування пропущених даних на основі валідації допомагає визначити пропущені відомості про об'єкти для коригування. Автори продемонстрували методи для вирішення таких завдань, що дозволяють визначити обсяги помилок та способи їх виправлення.

У роботі [14] визначені переваги та недоліки виконання лінійних та паралельних алгоритмів обробки даних. Однак, паралельні обчислення в ІС є актуальними при здійсненні операцій над функціями відтворення пропущених даних.

В статті [15] розглядаються спеціальні програмні компоненти що дозволяють автоматизувати процес створення документів на основі просторових та операційних даних.

Мета роботи. Побудова методу вирішення проблеми невизначеності та оновлення відомостей, обробки великих масивів даних інформаційних систем планування та використання територій при формуванні, відновленні та використанні геопросторових даних у задачах моніторингу регіональних ресурсів, що заснований на продукційній подання даних.

Результати та їх обговорення. Згідно результатів попередніх досліджень уніфікований склад відомостей дозволяє побудувати нормативно прийнятні складові підсистем (класи, домени) [7].

Утворені структурні зв'язки в БГД у такому разі є відображенням геометрично-правових правил в системі планування(рис. 1).

На рис. 1 показано, як при формуванні просторових класів геопросторових об'єктів газорозподільної мережі уніфікованої ІС містобудівного кадастру (ІС МК^U) застосовуються дані з наявних, раніше сформованих відомостей ІС транспорту, енергетики та зв'язку (ІС ТЕЗ^U).

Значна частина (80%) інформації про навколишнє середовище сприймається людиною візуально. Створення візуальних засобів опису даних, що зберігаються в традиційних табличних базах даних стає можливим за допомогою формату XML. Така структура організації даних активно використовується в ІС, пов'язаних з

геопростором.



Рис. 1. Принцип формування класу газорозподільної мережі в ІС МК^U

Використання XML уможливує часткове оновлення збережених даних. Це означає, що при зміні окремих відомостей в базі даних не обов'язково повністю оновлювати структуровані дані. Крім того, застосування XML дозволяє стандартизувати бази геоданих та системи обміну інформацією (серія стандартів ISO 19100).

Для того щоб побудована модель динамічної ГІС була нормативно прийнятною, пропущені дані пропонується коригувати за допомогою продукційної моделі представлення знань у вигляді правил виду «якщо (умова), то (дія)».

Оскільки ранги підсистем наявних відомостей вказують на послідовну залежність одних підсистем від інших, характер зв'язків між підсистемами стає однозначним. Таким чином, уніфікація з ранжуванням усуває окремі недоліки продукційних моделей: неясність відношень правил; складність оцінки знань; складність перевірки несуперечності продукцій; недетермінованість.

На першому етапі побудови продукційної моделі визначаються інформаційні шари (класи), які пов'язані з відтворюваними відомостями. Другий етап складається з розробки сценарію та алгоритму відтворення пропущених відомостей щодо об'єктів дослідження.

Принцип реалізації продукційної моделі та алгоритму відтворення відомостей розглянемо на двох прикладах:

- відновлення пропущених земельних ділянок в житловій зоні населеного пункту;
- оновлення значень атрибутів геопросторових об'єктів класу «Дерева», як представників лісових насаджень.

Інформаційні шари (класи) характеризують земельні ділянки та представників лісових насаджень (дерева). На рис. 2 наведено один із сценаріїв відтворення пропущеної інформації, за яким відомо, яку саме ділянку пропущено, і якою має бути допустима нормативна площа в даному житловому масиві. Програмна реалізація алгоритму відтворення пропущених даних виконана в середовищі розробки Digital [16] за допомогою вбудованої мови програмування скриптів.

Вихідною є інформація, яку відновлено за допомогою алгоритму відтворення пропущених даних. Інформація виводиться на монітор, а також зберігається у

файлі формату XML з записом відомостей про відновлені об'єкти.

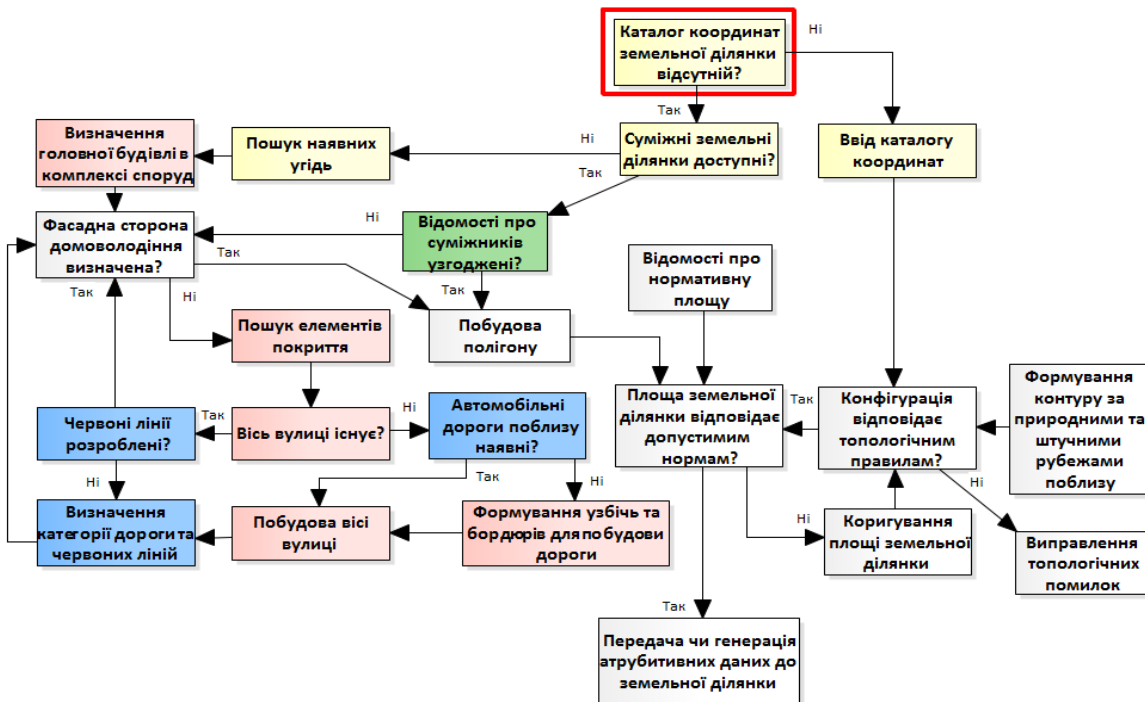


Рис. 2. Сценарій відтворення пропущеної інформації для класу «Земельні ділянки» (забарвлені блоки відповідають відомостям окремих підсистем)

Такий підхід дозволяє виправляти пропущені дані повноцінно або в межах, дозволених нормативними документами (рис. 3).

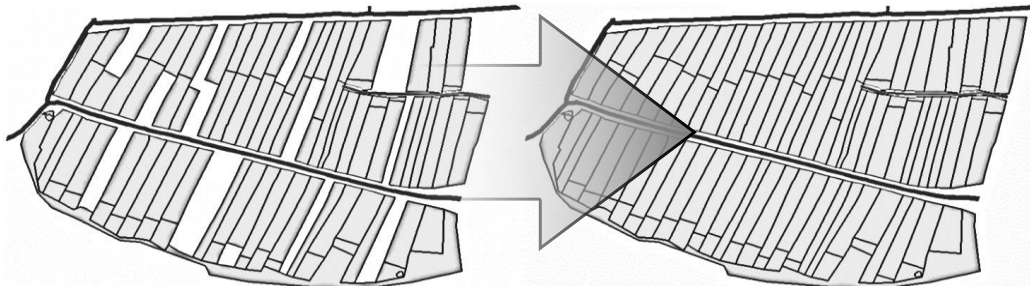


Рис. 3. Візуалізація відтворення земельних ділянок у ПЗ «Digitals»

Програмна реалізація також включає візуалізацію масивів геопросторових даних на основі визначення геометричних примітивів об'єктів у файлі, параметризації цих об'єктів та пошарового виведення на екран.

Аналіз наявного арсеналу засобів обробки інформації визначив два концептуально різних підходи для проектування інформаційної системи: лінійні та паралельні обчислення. На думку авторів більш перспективним є паралельна методологія обробки масивів даних, яку представлено нижче.

Для реалізації паралельного обчислення обрано метод AsParallel() бібліотеки PLINQ мови програмування C#.

Таким чином реалізовано наступний алгоритм: звернення до бази даних → визначення предмету помилки та обрання відповідного правила → визначення методу обробки (лінійний або паралельний) → система звертається до ядер процесора та виконує обробку згідно обраних функцій (правил) → запис результатів відновлення даних.

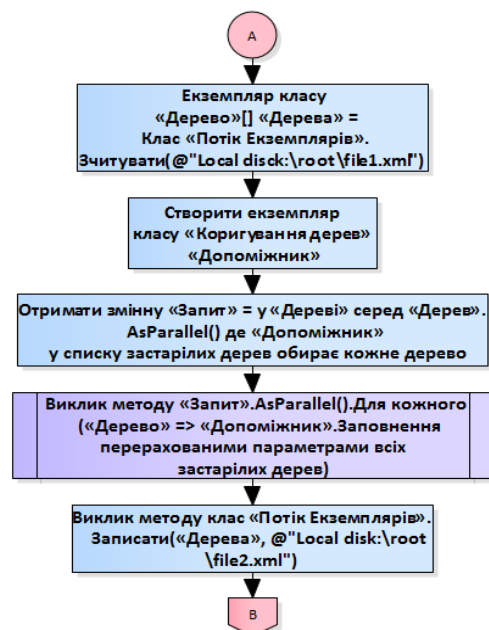


Рис. 4. Концептуальна схема відтворення пропущених даних на основі паралельних обчислень

Концептуальну схему відтворення пропущених даних за допомогою продукційної моделі на основі паралельних обчислень, застосовану для відновлення інформації класу «Дерева», надано на рис. 4.

Для порівняння результатів лінійних та паралельних обчислень обрано невелике лісове насадження з кількістю екземплярів класу «Дерева» у 3225 одиниць. Використовуючи розроблену продукційну модель актуалізації відомостей, мовою C# реалізовано два підходи, один з яких був доповнений паралельним обчисленням. У табл. 1 показано результати виконання двох алгоритмів відтворення втрачених даних відповідно на одному та чотирьох процесорах.

Таблиця 1. Порівняння результатів обробки даних на одному та декількох процесорах

Модель	Процесор	Результат	Лінійні обчислення, сек	Паралельні обчислення, сек
Laptop Toshiba Satellite L655	Intel(R) Core(TM) i5 CPU M 460 @ 2.53GHz	1	0,7811523	0,1090094
		2	0,7700069	0,1168123
		3	0,7450330	0,1481569
		4	0,7750003	0,1389646
		5	0,7888944	0,1199223

На порівняно незначній за рівнем завантаженості задачі (відтворення відомостей екземплярів одного лісового масиву) результати паралельного обчислення в середньому більше ніж у 6 разів швидше за лінійні. Якщо виконувати обробку даних лісових масивів всієї області або країни і додати ряд інших складноструктурованих запитів щодо відтворення відомостей, то застосування паралельних обчислень можна вважати цілком виправданим.

Кінцевим етапом побудови моніторингу регіональних ресурсів після валідації, відтворення пропущених даних та візуалізації є створення проектної, або звітної, документації.

Процес роботи зі звітами можна представити у такій послідовності: впорядкування графічного та нормативного контенту → обрання шаблону документації → формування сторінок звіту → попередній перегляд результатів → демонстрація проектних документацій, звітів, презентацій.

Процес обрання шаблону документації в основному залежить від тематики відомостей, що надходять, та нормативного підґрунтя формування звіту. Дані особливості прямо впливають на дизайн сторінок шаблону документа.

Для прикладу розглянемо один з базових картографічних матеріалів ІС «Державний земельний кадастр»^U – кадастровий план земельної ділянки. Дизайн сторінки кадастрового плану має свої обмеження та правила щодо наповнення контенту. Відповідно до вимог щодо вмісту документу розробляються складові об'єкти сторінки звіту (рис. 5).

Для того, щоб у кожному об'єкті сторінки відображався відповідний вміст даних, необхідно попередньо виконати етап впорядкування графічного та нормативного контенту.

Оскільки зберігати та передавати контент БГД передбачається у XML-форматі, то і для ІС «Державного земельного кадастру»^U необхідно сформулювати необхідний діапазон відомостей у належному вигляді.

Кожен такий кортеж відомостей є результатом послідовного вилучення з БГД необхідних даних, які потім транспортуються до ядра генератора звітів.

Для реалізації задачі побудови звітної інформації застосовано програмний продукт «FastReport» [17], що являє собою поєднання дизайнера та генератора звітів. Має різні можливості для платформ WinForms, ASP.NET і MVC Framework, сумісний та частково інтегрований своїм функціоналом з картографічним редактором «Digitals».

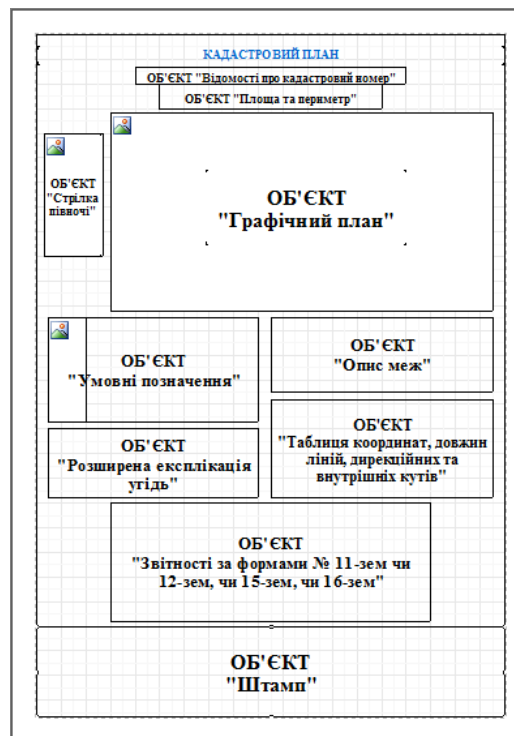


Рис. 5. Концепт наповнення сторінки «Кадастровий план» для технічної документації із землеустрою

Висновки. Запропоновано процедуру відтворення пропущених даних в ІС за допомогою продукційної моделі із застосуванням паралельних обчислень під час обробки великих масивів даних.

Запропоновано спосіб передачі, візуалізації та зберігання впорядкованих геопросторових даних за допомогою XML-структур.

Результати візуалізації у поєднанні з нормативним наповненням готові для подання до обговорення громадою. Така документація може бути перспективним планом розвитку або проектним рішенням для досліджуваної території.

Представлені процеси можуть стати складовою методології побудови моніторингу регіональних ресурсів, яка дозволить нормативно створювати варіанти моделей перспективного розвитку території.

ЛІТЕРАТУРА

1. Drummond J., eds. Dynamic and mobile GIS: investigating changes in space and time // Boca Raton, FL: CRC Press, 2007.
2. Albrecht J. Dynamic GIS // CUNY Academic Works, 2008, 13р.
3. Мартин А. Г. Реформування системи моніторингу земель в Україні: напрями та механізми // Землепорядний вісник.

- 2017, № 11, С. 22-25.
4. Про затвердження Положення про регіональні кадастри природних ресурсів : Постанова КМУ від 28.12.2001 № 1781 // Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/1781-2001-%D0%BF> (дата звернення: 14.02.2019).
 5. Land administration in the UNECE region: Development trends and main principles // UNECE, Technical Chamber of Greece, 2005.
 6. Про затвердження Порядку інформаційної взаємодії між кадастрами та інформаційними системами: Постанова КМУ від 03.06.2013 № 483 // Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/483-2013-%D0%BF> (дата звернення: 04.02.2019).
 7. Боровий В. О., Костенко О. Б., Зариський О. В. Ранжування інформаційних систем галузей господарської діяльності // Новітні технології. – 2017. – №2(4). – С. 5–14.
 8. Костенко О. Б., Зариський О. В. Динамічна геоінформаційна система на основі Зонінгу в умовах невизначеності геопросторових даних // Информационные системы и технологии: материалы 5-й Международ. науч.-техн. конф., Харьков, 12-17 сент. 2016 г.: тез. докл. – Х.: Друкарня Мадрид, 2016.
 9. Боровий В. О., Зариський О. В. ГИС-технології в геодезії та землеустрої : монографія. – К.: ТОВ "ВІСТКА", 2017. – 252 с.
 10. COY ISO 19136:2009 "Обмінний формат геопросторових даних на основі географічної мови розмітки GML (ISO 19136:2007)" // Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.twirpx.com/file/2703214> (дата звернення: 04.02.2020).
 11. Зариський О. В., Булаєнко М. В., Костенко О. Б. Відтворення пропущених даних території геопростору за допомогою продукційної моделі на основі паралельних обчислень // Інформаційні системи і технології в міському просторі : монографія – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – С. 138-158.
 12. Codd E. F. Missing Information (Applicable and Inapplicable) in Relational Databases // [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.1145/16301.16303>. (дата звернення: 04.02.2020).
 13. Zarytskyi O. V., Kostenko O. B., Bulaienko M. V. Marking of Incomplete Information in the Databases of Topographic Data Using Validation // Information systems and innovative technologies in project and program management : monograph – Riga: ISMA, 2019. – P. 185-197.
 14. Falklev E. H. Mapping of solar energy potential on Tromsøya using solar analyst in ArcGIS. MS thesis. UiT The Arctic University of Norway, 2017.
 15. Погромська Г. С., Махровська Н. А. Засоби генерації звітів: порівняльний аналіз та тенденції розвитку // Геометричне моделювання та інформаційні технології. – 2016. – № 2. – С. 84-92.
 16. Digitals. Использование в геодезии, картографии и землеустройстве // [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://www.vinmap.net/book/apd.html>. (дата звернення: – 12.04.2020).
 17. FastReport.Net. Руководство программиста // [Електронний ресурс] – Режим доступу URL: https://www.fastreport.ru/public_download/FRNetProgrammerManual-ru.pdf – 12.04.2019 г.

REFERENCES

3. Martyn A. G. Reforming the land monitoring system in Ukraine: directions and mechanisms // Land Management Bulletin, 2017, No. 11, pp. 22-25.
4. On approval of the Regulation on regional cadastres of natural resources: Resolution of the CMU 28.12.2001 № 1781 // Electronic resource. - Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1781-2001-%D0%BF> (accessed 20 May 2020).
6. On approval of the Order of information interaction between the State land cadastre, other cadastres and information systems: Resolution of the CMU from 03.06.2013 № 483 // Electronic resource. - Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/go/483-2013-%D0%BF> (accessed 20 May 2020).
7. Borovyi V. O., Kostenko O. B., Zarytskyi O. V. Ranging of information systems of economic activity sectors // Emerging Technologies, 2017, No. 2(4), pp. 5-14.
8. Kostenko O. B., Zarytskyi O. V. Dynamic geoinformation system on the basis of Zoning in conditions of uncertainty of geospatial data // Information Systems and Technologies : Materials of the 5th International Scientific and Technical Conf., Kharkiv, September 12-17, 2016, Drukarnia Madrid, Kharkiv.
9. Borovyi V. O., Zarytskyi O. V. GIS technology in surveying and land management: monograph – Kyiv: Ltd. “VISTKA”, 2017 – 252 с.
10. SOU ISO 19136:2009 Geographic information – Geography Markup Language (GML) (ISO 19136:2007) // Electronic resource. - Access mode: <https://www.twirpx.com/file/2703214> (accessed 20 May 2020).
11. Zarytskyi O. V., Bulaenko M. V., Kostenko O. B. Reproduction of the missing data of territories of geospace by means of production model on the basis of parallel calculations // Information Systems and Technology in Urban Space: Monograph, O. M. Beketov NUUE, Kharkiv, 2019, pp. 138-158.
15. Pogromska G. S., Maxrovska N.A. The reporting tools: comparative analysis and trends of development // Geometric Modeling and Information Technology, No. 2, pp. 84-92.

Automation processes of dynamic geographic information systems in the tasks of regional resources monitoring

O. V. Zarytskyi, O. B. Kostenko, O. I. Chub

Abstract. The article is concerned with single automation processes of dynamic geographic information systems in the tasks of regional resources monitoring. In the paper a review is given of the analysis of a number of the developed production rules with application of a method of a tree of decisions. Features and parallel calculations during processing of large data sets of information systems on use and planning of territories are considered. The method of transmission, storage and visualization of geospatial data arrays of dynamic GIS in XML format is provided. An approach to the automation of document flow of the results of pilot design in the processing of geospatial data is proposed.

Keywords: dynamic GIS, monitoring, regional resources, production models, data reproduction, parallel calculations, document flow.

MEDICAL SCIENCE

The ultrastructural features of the hemocapillary channel in common bile duct during the long-term influence of opioid in the experiment

I. I. Hirniak

Danylo Halytsky Lviv National Medical University
Corresponding author. E-mail: lvatseba@gmail.com

Paper received 23.06.20; Accepted for publication 13.07.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-11>

Abstract. To define the features of the opioid effect on the morphological state of the hemocapillary channel of the common bile duct, a study was performed on 24 adult white male rats, which were injected for 6 weeks with the opioid «Nalbuphine». The method of electron microscopy has been used. The results of the study showed that the first changes of the hemocapillary ultrastructure of the common bile duct wall developed after 2 weeks of nalbuphine administration to experimental animals, they increased during the following terms of the experiment and had all characteristic signs of angiopathy.

Keywords: bile duct, capillaries, ultrastructure, opioid, experiment.

Introduction. The morphology of the bile ducts remains one of the most current problems of modern medical science, as evidenced by a large number of scientific literature on the study of bile outflow paths under physiological norms and in various pathological conditions [1, 2]. The damage of the bile duct mucous membrane epithelium due to autoimmune imbalance, viral or bacterial infection, toxic substances or developmental abnormalities, leads to severe structural changes in the liver, leading to high mortality [3]. Particular attention researchers focus on therapeutic and surgical treatment of bile duct pathology [4]. The number of bile duct surgeries has increased by 56% over the last 10 years (about 4,100 surgeries per year), with a postoperative mortality rate of 2.1% [5]. The widespread use of narcotic drugs in clinical practice to obtain analgesic and anti-inflammatory effects requires a comprehensive morphological study of the organ structural organization under the influence of opioids [6].

A brief overview of publications on the topic. In recent years, the importance of drug-induced lesions of the liver and bile ducts has significantly increased [7]. Opioids are used to obtain an analgesic effect in patients with acute cholecystitis or acute cholangitis. [8]. Single studies are devoted to the influence of opioids on the morphological state of the digestive system organs [9, 10]. It has been found that in cholestatic liver diseases, the concentration of endogenous opioid peptides increases in the blood plasma, which indicates a close functional relationship between the hepatobiliary and opioid systems. It has been described the rapid progressive destruction of the bile ducts associated with the use of narcotic agents [11] and the effect of the ketamine opioid on the bile ducts [12, 13]. Among non-obstructive etiologies of bile duct dilation, the opioid consumption predominates [14]. Opioids can cause an increase in basal pressure and frequency of phase contractions in the Oddi sphincter, which leads to the dilation of the bile ducts. In patients without clinical symptoms, the normal level of bilirubin and alkaline phosphatase, and without obstructive factors, it is described the relationship between increased bile duct diameter and opioid dependence. In professional literature, there are more and more reports that the structural changes of the organs, caused by the use of opioids, are preceded by the reorganization of the vessels in the

hemomicrocirculatory channel of these organs, characteristic for microangiopathy [15]. We can predict the negative effect of opioids on the hemomicrocirculatory channel of the bile ducts. However, there are practically no studies on the structural organization of the hemocapillary channel of the bile duct walls under the conditions of opioid usage.

The aim of the study – to define the features of the ultrastructural organization of the hemocapillary channel in the common bile duct under the conditions of nalbuphine six-week administration in the experiment.

Materials and methods. The studies were performed on 24 adult white male rats, aged 4.5-5.5 months and weighing 180-200 g. Experimental animals were divided into 3 series: in the first series (5 animals), it has been studied the ultrastructure of the hemocapillary channel in the common bile duct after 2 weeks of nalbuphine administration, in 2nd series of experiments (5 animals) at the ultramicroscopic level, the changes of the common bile duct microvessels were studied after 4 weeks of the experiment, and in 3th series of experiments (5 animals), it has been found restructuring of the hemocapillary channel in the common bile duct in white rats after 6 weeks of nalbuphine administration. 9 white rats, which were injected with saline, were as control. Administration of nalbuphine was performed intramuscularly according to the following scheme: I week – 8 mg/kg, II week – 15 mg/kg, III week – 20 mg/kg, IV week – 25 mg/kg, V week – 30 mg/kg, VI week – 35 mg/kg. The method of electron microscopy was used in the study. Ultrathin sections of the common bile duct were prepared on an ultramicrotome UZHTP-3 using glass knives. The tapes of silver or light lemon color sections were selected for the study. The sections were contrasted first in a 2% solution of uranyl acetate and then lead citrate. The study and photographing of the material were performed using a microscope UEMV-100 K at an acceleration voltage of 75 kV and magnifications on the microscope screen of 1000-12000 x.

All animals were kept in the vivarium of Danylo Halytsky Lviv National Medical University, the experiments were conducted according to the provisions of the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes (Strasbourg, 1986).

Results and discussion. In electron microscopic examination of the hemocapillaries in the common bile duct of white rats after 2 weeks of nalbuphine administration, it has been revealed that the microvessels mostly retained their usual structure, but in some cases, there were capillaries with an enlarged lumen. The nuclei of single endothelial cells lost their proper shape (image 1). The perinuclear space was insignificantly enlarged. On the periphery, the cytoplasm of some endothelial cells is dilated, others - indurated in the form of a strip, and represented by a large number of ribosomes, polysomes, and micropinocytic vesicles. The basement membrane integrity preserved, but in some areas, it is thickened and no clear outer contour. The granular endoplasmic reticulum is sometimes represented by dilated tubules containing single ribosomes, the Golgi complex - cisterns and a large number of bubbles with light content. In the matrix of mitochondria in weak electron density, the single dilated cristae are visible.

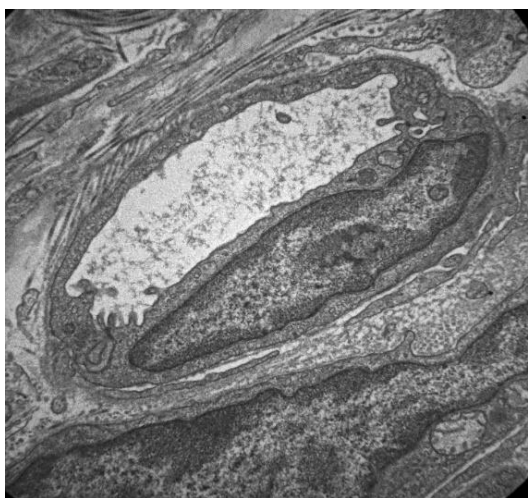


Image 1. Hemocapillary of the common bile duct wall in white rats after 2 weeks of nalbuphine administration. Electronic microphotography. The magnification: x4000.

After 4 weeks of nalbuphine administration, in the hemocapillaries of the common bile duct wall, there have been found the significant changes – their wall thickened, the endothelial cells are swelled, their cytoplasm contained numerous mitochondria and free ribosomes. The nuclear part of the cytoplasm protruded into the lumen of the hemocapillary (image 2). In the nucleus of endothelial cells, the chromatin lumps are located on the periphery of the nucleus. In some places, the apical plasmalemma protruded into the lumen of the vessel and formed microvilli. The endoplasmic granular endoplasmic reticulum is represented by vacuoles, the Golgi complex contained dilated vesicles, in the mitochondria, it is a sparse matrix and single cristae.

After 6 weeks of the experiment, the lumen of most capillaries had an incorrect shape, there was significant edema with a reduced electron density of the cytoplasm of the endothelial cells (image 3). The contours of the nuclei are unclear, have the elongated shape with homogeneous chromatin, which was concentrated in lumps, located near the nucleolemma, and the number of nuclear pores is strongly decreased. The luminal plasmalemma of endothelial cells with weak electron density had a protrusion and, in some places, formed microclasmatosis. Desmosomes between adjacent endothelial cells are destructured. The pericytes were characterized by unclear and uneven con-

tours, the small intussusceptions were observed. In the lumen of microvessels, the accumulation of blood elements was observed; in the lumen of hemocapillaries, erythrocytes also had an altered shape (image 4). The basement membrane is thickened and acquired a „blurred” and unclear shape.

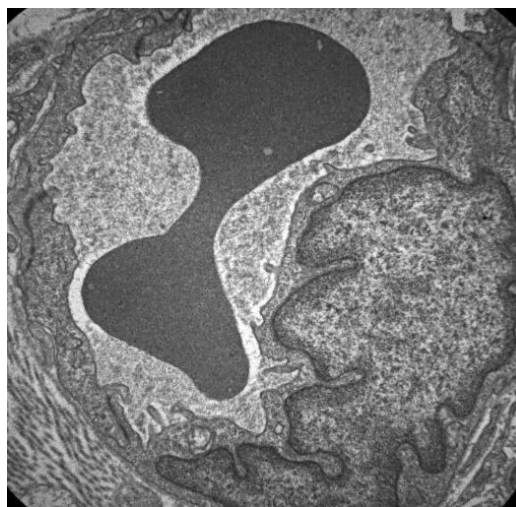


Image 2. Hemocapillary of the common bile duct wall in white rats after 4 weeks of nalbuphine administration. Electronic microphotography. The magnification: x8000.



Image 3. Hemocapillary of the common bile duct wall in white rats after 6 weeks of nalbuphine administration. Electronic microphotography. The magnification: x4000.

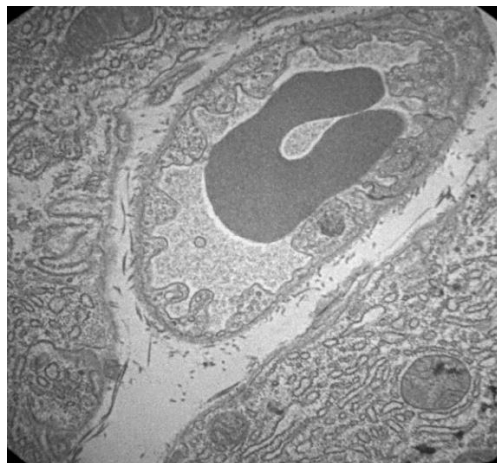


Image 4. Hemocapillary of the common bile duct wall in white rats after 6 weeks of nalbuphine administration. Electronic microphotography. The magnification: x4000.

Conclusions. The first changes of the hemocapillary ultrastructure in the common bile duct wall developed after 2 weeks of nalbuphine administration to experimental animals and they increased during the following terms of the experiment. In the conditions of 6-week nalbuphine administration, the main manifestations of microangiopathy of the common bile duct wall were: edema of endotheliocytes, the enlightenment of their cytoplasm, destructuring of the mitochondrial apparatus, vacuolation of granular endo-

plasmic reticulum, protrusion of endotheliocytes into the lumen of capillaries, formation of cytoplasmic growths, shape change, fragmentation of endotheliocyte nucleus, formation of intussusception by nuclear membrane, condensed marginally placed chromatin, loosening, fragmentation of the basement membrane, change in the shape of the hemocapillary lumen, adhesion of blood elements to the wall of the microvessel.

REFERENCES

- Giusto M, Barberi L, Di Sario F, Rizzuto E, Nicoletti C, Ascenzi F, Renzi A, et al. Skeletal muscle myopenia in mice model of bile duct ligation and carbon tetrachloride-induced liver cirrhosis. *Physiol Rep.* 2017;5(7):e13153. doi:10.14814/phy2.13153.
- Sheen JM, Chen YC, Tain YL, Huang LT. Increased Circulatory Asymmetric Dimethylarginine and Multiple Organ Failure: Bile Duct Ligation in Rat as a Model. *Int J Mol Sci.* 2014;15(3):3989-4006. doi:10.3390/ijms15033989.
- Hatano R, Akiyama K, Tamura A, Hosogi S, Marunaka Y, Caplan MJ, Ueno Y, et al. Knockdown of Ezrin Causes Intrahepatic Cholestasis by the Dysregulation of Bile Fluidity in the Bile Duct Epithelium in Mice. *Hepatology.* 2015;61(5):1660-1671. doi:10.1002/hep.27565.
- Hatano R, Akiyama K, Tamura A, Hosogi S, Marunaka Y, Caplan MJ, Ueno Y, et al. Knockdown of Ezrin Causes Intrahepatic Cholestasis by the Dysregulation of Bile Fluidity in the Bile Duct Epithelium in Mice. *Hepatology.* 2015;61(5):1660-1671. doi:10.1002/hep.27565.
- Zhou CG1 Wei BJ, Gao K, Dai DK, Zhai RY. Successful treatment of complex cholangiolithiasis following orthotopic liver transplantation with interventional radiology. *World J Gastroenterol.* 2015 14;21(6):2000-2004. doi:10.3748/wjg.v21.i6.2000.
- Voronkov M. Administration of nalbuphine to heroin addicts. Feasibility and short-term effects / M. Voronkov, D. Ocheret, S. Bondarenko // *Heroin Addict Relat Clin Probl.* – 2008. – 10, № 1. – P. 19–24.
- Fenner EK, Boguniewicz J, Tucker RM, Sokol RJ, Mack CL. High Dose IgG Therapy Mitigates Bile Duct Targeted Inflammation and Obstruction in a Mouse Model of Biliary Atresia *Pediatr Res.* 2014;76(1):72-80. doi:10.1038/pr.2014.46.
- Farnia MR, Babaei R, Shirani F, Momeni M, Hajimaghsoudi M, Vahidi E, Saeedi M. Analgesic effect of paracetamol combined with low-dose morphine versus morphine alone on patients with biliary colic: a double blind, randomized controlled trial. *World J Emerg Med.* 2016;7(1):25-29. doi:10.5847/wjem.j.1920-8642.2016.01.004.
- Baumeister D, Tojo LM, Tracy DK. Legal highs: staying on top of the flood of novel psychoactive substances. *Ther Adv Psychopharmacol.* 2015;5(2):97-132. doi:10.1177/2045125314559539.
- Soleimanpour H, Safari S, Shahsavari Nia K, Sanaie S, Alavian SM. Opioid Drugs in Patients With Liver Disease: A Systematic Review. *Hepat Mon.* 2016;16(4):e32636. doi:10.5812/hepatmon.32636.
- Kim HY, Yang HK, Kim SH, Park JH. Ibuprofen Associated Acute Vanishing Bile Duct Syndrome and Toxic Epidermal Necrolysis in an Infant. *Yonsei Med J.* 2014;55(3):834-837. doi:10.3349/ymj.2014.55.3.834.
- Al-Nowfal A, Al-Abed YA. Chronic biliary colic associated with ketamine abuse. *Int Med Case Rep J.* 2016;9:135-137. doi:10.2147/IMCRJ.S100648.
- Sundaram V, Björnsson ES. Drug-induced cholestasis. *Hepatol Commun.* 2017;1(8):726-735. doi:10.1002/hep4.1088.
- DeAngelis C, Marietti M, Bruno M, Pellicano R, Rizzetto M. Endoscopic ultrasound in common bile duct dilatation with normal liver enzymes. *World J Gastrointest Endosc.* 2015 Jul 10;7(8):799-805. doi:10.4253/wjge.v7.i8.799.
- Mateshuk-Vatseba L, Kost A, Pidvalna U. Effect of Narcotic Analgesics on the Ultrastructure of the Eyeball (Experimental Study). *Journal of Morphological Sciences.* Georg Thieme Verlag KG; 2018 Dec 35(04):251-4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0038-1676543>

The effect of long-term administration of opioids on the ultrastructure of the white rat's tricuspid valve heart valve

L. Matshuk-Vatseba, R. Symivska

Department of General Anatomy, Danylo Halytskyi Lviv National Medical University, Pekarska Street, 69, 79-010 Lviv, Ukraine
Corresponding author. Email: roxolana.kohut@gmail.com

Paper received 24.02.20; Accepted for publication 16.03.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-12>

Abstract. The first signs of disruption of the ultramicroscopic structure of the tricuspid valve of the white rat heart were detected after 2 weeks of experimental exposure to nalbuphin, which was manifested by changes in the thickness of the endothelial cell in its various parts, a decrease in the number of microvilli on the surface of endothelial cells and swollen cells. In the course of the experiment lasting 6 weeks, destructive changes increased, which led to the disorganization of the structure of the tricuspid heart valve of the white rat. Changes in the shape and size of endothelial cells, their loss of contact with the destroyed and homogenized basement membrane, the destruction of collagen and elastic fibers. The connective tissue exposed as a result of endothelial damage is infiltrated by blood lipids, indicating the onset of fatty degeneration.

Keywords: heart, tricuspid valve, opioid, nalbuphine, experiment, ultrastructural.

Introduction. Anesthesia is one of the most important tasks in the work of a doctor, because pain is the main cause of suffering and treatment of patients for medical help [1]. According to WHO, about 90% of all diseases are associated with pain, and patients with chronic pain are five times more likely to seek medical treatment, compared with the underlying disease [2]. The history of medicine has long been associated with the use of opioids as the main means of analgesia [14]. There is an increasing trend in the world of opioid use, which contributes to the improvement of somatic, visceral and neuropathic pain [4]. However, it should be noted that doctors are reluctant to prescribe opioids, except in cases of acute pain (surgery, trauma, childbirth) or cancer patients, fearing side effects, leaving a large number of patients without real help, condemning them to suffering [3]. Opioids improve the effectiveness of analgesia and the quality of life of patients [5]. Not infrequently, the opioid arsenal and physicians' knowledge was limited to the use of morphine, which has long been the 'gold standard' [8]. However, the biggest problem with the use of morphine is the lack of a 'boundary effect' and linear dose-response [9]. Nowadays, the opioid agonist-antagonist-nalbuphine is widely popular [6,7]. The analgesic effect of nalbuphine is not inferior to morphine and does not require special control, unlike the latter [10,11]. Unfortunately, there are no data on the influence of the opioid mean of nalbuphine on cardiac function, namely ultramicroscopic changes of the valve apparatus of the heart under the influence of nalbuphine, some studies are observational and the available conclusions are insufficiently substantiated [12,13].

Aim. To establish the features of the ultrastructural organization of the tricuspid white rat heart valve with long-term administration of opioid in the experiment.

Матеріал і методи The study was performed on 25 mature white male rats aged 3.0 months and body weight 160–180 g. The experimental group consisted of 20 animals to which Nalbuphine hydrochloride (Rusanpharma LTD., India) was injected intramuscularly every day during 6 weeks. Administration of nalbuphin was conducted intramuscularly as follows: I week – 8 mg/kg, II week – 15 mg/kg, III week – 20 mg/kg, IV week – 25 mg/kg, V week – 30 mg/kg, VI week – 35 mg/kg [15]. The control group consisted of 5 white rats to which saline solution (Indar, Kyiv, Ukraine) was injected. The animals were removed from the experiment in the second, fourth and sixth weeks.

All animals were kept in a vivarium within the Danylo Halytsky Lviv National Medical University. The experiments were conducted in compliance with the provisions of the "Guide for the care and use of laboratory animals, 8th edition, 2018." Euthanasia was performed by way of overdosing intraperitoneal anesthesia using Thiopental sodium (Kyivmedpreparat, Kyiv, Ukraine). The research material was presented by ultrathin sections of the white rat heart valve.

Electron microscopic study was conducted in compliance with generally adopted methods. Electron microscopic examination of the valve of white rats was performed on a TEM-100 transmission electron microscope. They were photographed using a SONY-19 digital camera.

Results and Discussion. The first signs of disruption of the ultramicroscopic structure of the white rat's tricuspid valve of the heart were detected after 2 weeks of experimental exposure to nalbuphine. There is a change in the thickness of the endothelial cell in its various parts: the nuclear zone containing the endothelial nucleus is thinned, the number of openings (fenestres) increases in the peripheral zone. The nucleus retains its elongated (oval) shape. The number of microvilli on the surface of the endothelial cell decreases. The endothelial cells are still bound by tight contact contacts. The endothelium is located on a relatively thick basement membrane, which has a thin-fibril structure (image 1).

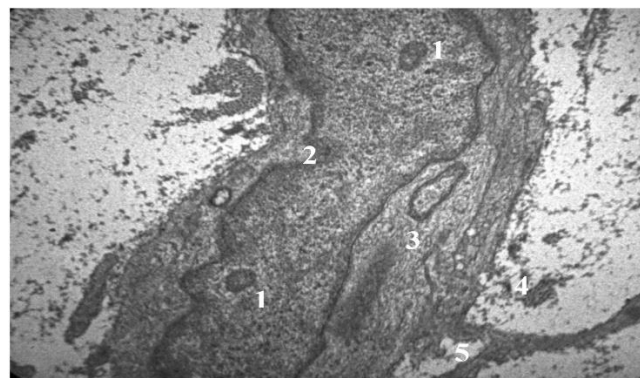


Image. 1 Ultrathin section of endothelial cells at the base of the white rat tricuspid valve with 2-week nalbuphine exposure in the experiment. Electronic micrograph. ST: 8000.

1-oval endothelial cell nucleus; 2- thinning of the endothelial cell nuclear envelope; 3-zone organelles; 4- reducing the number of microvilli on the surface of the endothelial cell; 5- endothelial cell connection with the basement membrane.

Dense unformed fibrous connective tissue is represented by thick tufts of collagen fibers, which are oriented in different directions. Collagen fibers are swollen, their divergence is lost, and homogenization of elastic fibers is indicated, which indicates the onset of surface layers loosening (image. 2). Fibroblasts retain the appearance of large cells with processes. Smooth myocytes have a fusiform shape and the presence of seedlings on the surface. They are enveloped by a thin basement membrane to which collagen fibrils are attached.

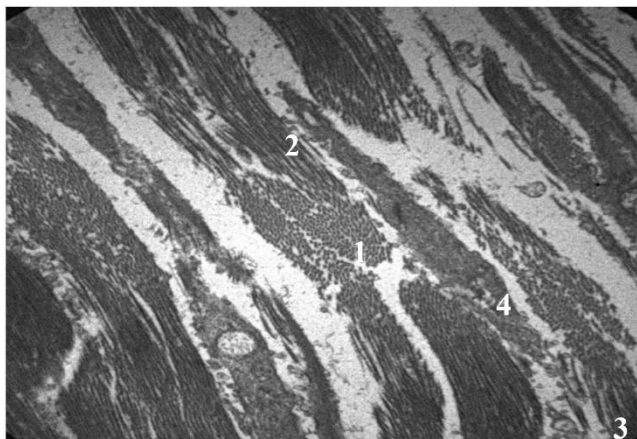


Image 2 The connective tissue basis of the white rat tricuspid valve of the heart in 2-week exposure to nalbuphine in the experiment. Electronic micrograph. ST: 4000. 1- cross-sectioned tufts of collagen fibers; 2- longitudinal direction of collagen fibers; 3- swelling and homogenization of surface layers of collagen fibers; 4- smooth myocyte.

In the long-term exposure to narcotic analgesics of nalbuphine, there were destructive changes in the ultramicroscopic structure of the bicuspid white rat heart valve. There was a decrease in size and change in the shape of the endothelial cells, thinning of the peripheral sections of endothelial cells, partial or complete destruction of their plasmolema, appearance in the cytoplasm of vacuoles with myelin-like structures, deformation of the nucleus with thickening or destruction of nucleolema, as well as the destruction or compaction and homogenization of the basement membrane with which the endothelial cells lost contact. The number of microvillous on the surface of the endothelial cell decreases, or the tight closing contacts between the endothelial cells are broken or destroyed (image 3).

In places of desquamation of the endothelium, layers of smooth myocytes with signs of increased synthetic activity were found, in the cytoplasm of which there were tubules of the endoplasmic reticulum with numerous ribosomes, large mitochondria and polysomes. The cytoplasm of other smooth myocytes contained single organelles, vacuoles with fine material, and membrane structures that formed myelin-like formations. The endomysium formed between muscle cells, elastic and thin collagen fibers is destroyed. There is a stratification of elastic fibers, microfibrils swell and lose contact with glycoproteins.

The connective tissue, exposed as a result of endothelial damage, is infiltrated by blood lipids. In response, lipophages accumulate in the lesion sites, and fat deposits accumulate in the intercellular space. The surface layers are loosened: swelling, homogenization of collagen fibers

and their merging into small foci, often fragmentation of necrotized collagen beams, the latter becoming homogeneous and electron-dense (image 4). The fibroblasts are not densely arranged, chaotic, and have an elongated shape with two or three processes. The cytoplasm of cells contained one large drop of fat, which displaced the nucleus to the periphery directly to the cell membrane. This indicated the beginning of the degeneration of the loose fibrous connective tissue into adipose tissue.

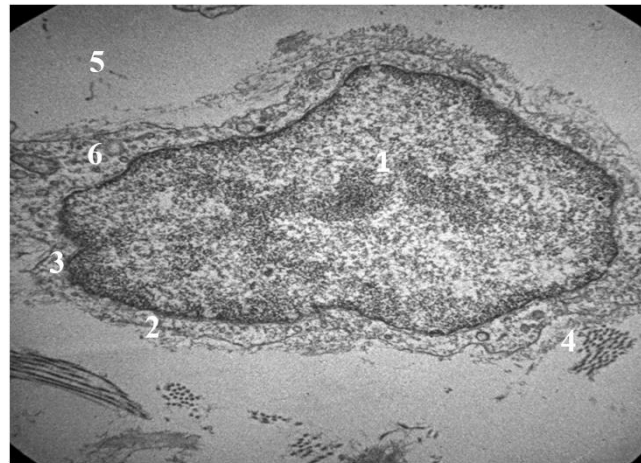


Image 3. Ultrathin section of endothelial cells at the base of the tricuspid white rat heart valve with long-term exposure to nalbuphine in the experiment. Electronic micrograph. ST: 8000. 1- deformed nucleus with destroyed nucleolema; 2- change in the shape of the endothelial cell nuclear envelope; 3- thinning of the cytoplasm of endothelial cells; 4- reducing the number of microvillous on the surface of the endothelial cell; 5- homogenization of the basement membrane; 6- inclusion of vacuoles with myelin-like structures.

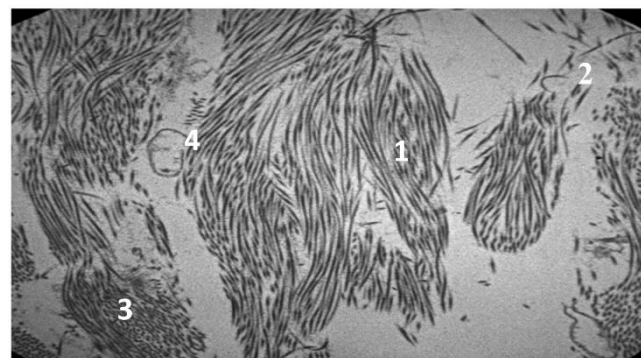


Image 4. The connective tissue base of the tricuspid white rat heart valve with 6-week nalbuphine exposure in the experiment. Electronic micrograph. ST: 4000. 1- loosening of the surface layers of collagen fibers; 2- fragmentation of necrotized collagen beams; 3- stratification of elastic fibers: swelling of myofibrils and loss of their connection with glycoproteins; 4- a splash of fat;

Conclusions. Analyzing the results of the experimental study of the ultramicroscopic structure of the tricuspid white rat heart valve with long-term opioid exposure, we can talk about the destructive changes of the main components, which become noticeable from the 2nd week of the experiment and lead to the gradual degeneration of the valve apparatus into the fatty tissue closer to the 6th week of the experiment.

REFERENCES

1. Ducoffè 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
2. 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.
3. 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.
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. Bekesevych A, Matshuk-Vatseba L. Peculiarities of cerebellar cortex ultrastructure under the influence of opioid in experiment. Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. 2016;4(91):36-40.
7. Pidvalna U. Ye. Structural organization of organs and systems under the influence of opioids / U. Ye. Pidvalna // Experimental and clinical physiology and biochemistry. - 2014 - №1 (65). - pp. 71-78.
8. Order of the Ministry of Health of Ukraine dated 14.01.2009 №13 «On approval of the form guide on the use of medicines in anesthesiology and intensive care»
9. Ismailova, US, Altaeva, AJ, Bekisheva, AN, Alsherieva, UA. Addiction, morphine and morphism. Gazette of the Kazakh National Medical University. 2013,3-2 :.
10. Kobelyatsky, Yu. Modern aspects of the use of the mixed opioid receptor agonist of nalbuphine in clinical practice / Yu. - Dnepropetrovsk. - 2012. - №1. - pp. 61-64.
11. Yeh Y.C., Lin T.F., Chang H.C. et al. Combination of low-dose nalbuphine and morphine in patient-controlled analgesia decreases incidence of opioid-related side effects // J. Formos. Med. Assoc. – 2009. – Vol. 108 (7). – P. 548–553.
12. Yeh Y.C., Lin T.F., Lin F.S. et al. Combination of opioid agonist and agonist-antagonist: patient-controlled analgesia requirement and adverse events among different-ratio morphine and nalbuphine admixtures for postoperative pain // Br. J. Anaesth. – 2008. – Vol. 101 (4). – P. 542–548.
13. Voronkov M. Administration of nalbuphine to heroin addicts. Feasibility and short-term effects / M. Voronkov, D. Ocheret, S. Bondarenko // Heroin Addict Relat Clin Probl. — 2008. — №10 (1). — P.19—24.
14. 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.
15. Pat. №76564 U Ukraine, MPK A 61 K 31/00 Method of modeling of physical opioid dependence in rats / Applicants: Onysko R.M., Paltov Ye.V., Fik V.B., Vilkhova I.V., Kryvko Yu.Ya., Yakymiv N.Ya., Fitcalo O.S.; patent holder: Danylo Haltsky Lviv National Medical University. - №201207124; stated. 12.06.2012; has published 10/01/2013, Byul. №1.

TECHNICAL SCIENCES

Factors of behavioral economics in scientific projects

D. Bedrii¹, O. Danchenko², Y. Poskrypko³, O. Bielova⁴, P. Teslenko⁵

¹State Enterprise "Ukrainian Scientific Research Institute of Radio and Television", Odesa, Ukraine

²Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

^{3,4}«KROK» University, Kyiv, Ukraine

⁵Odesa National Polytechnic University, Odesa, Ukraine

Corresponding author. E-mail: ¹dimi7928@gmail.com, ²elen_danchenko@rambler.ru, ³poskrypko@ukr.net, ⁴belovaelenag@gmail.com, ⁵p_a_t@ukr.net

Paper received 11.06.20; Accepted for publication 29.06.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-13>

Annotation. This study contains materials on the application of project management standard in any field of human activity, including scientific. The analysis of scientists' publications revealed that risks, uncertainty and conflict can have both negative and positive effects on the success of scientific project. It is proposed to study in more detail the factors of behavioral economics in the process of managing the scientific projects. It is established that the results of this study will provide the leader and members of project team with a basis for further analysis and identification of the impact of behavioral economics on the implementation of scientific project in terms of risk, uncertainty and conflict.

Keywords: project management methodology, scientific project, factors, behavioral economics, risks, conflicts, competence.

Introduction. Modern rates of development in any sphere of activity require a person to constantly develop personality, increase of competence and acquisition of new skills and abilities. [1]. This also applies to scientific activity because it is creative and intellectual, and requires scientists to constantly develop, update knowledge and skills [2]. Risks and conflicts may arise in the implementation of scientific projects, in particular, it may be related to behavioral factors [3]. In [4] the activity of scientists and their real behavior, which may result in an irrational component, was analyzed, possible causes of their ineffective and unethical behavior are given. Therefore, there is a need for further research on the impact of risks and conflicts, taking into account behavioral factors on the implementation of scientific project.

Brief overview of publications on the topic. In most cases, management decisions are made in conditions of risk, uncertainty and conflict. Thus, the peculiarities of the decision-making process, both private and public, in these conditions are of great interest, in particular for positive analysis in order to understand the behavior of the decision-maker, and for regulatory analysis - to make recommendations on features of business management or policy decisions [5].

Analysis of decision-maker's behavior in these conditions includes an understanding of how he assesses factors that affect the situation in respect of which it is necessary to make a decision. These reasons include the following: natural phenomena, political events, changes in legislation, tax regulation, fluctuations in prices and exchange rates, competition, fulfillment of contractual obligations, personal preferences, etc. This study can be useful in decision-making in scientific projects in conditions of risk, uncertainty and conflict.

Classical economic theory considers human as a rational being who makes decisions based on possible risks, maximizing own benefits, and thinks mostly logically and rationally [6]. But due to the rapid changes

taking place in the world (the information revolution, as a result, began the process of transition of society from industrial to post-industrial, or information, which accelerated globalization and internationalization), there was a new view of the person who accepts decision.

In particular, a person mostly departs from rational and clear thinking under the influence of such emotions as fear, passion, hatred, which called into question the vision of human as a completely rational being. In addition, this view of the human essence through the prism of psychology formed the foundation for the development of a new science - behavioral economics, which is based on economic and psychological sciences and provides an opportunity to study errors or distortions in solving business problems [6, 7]. These studies provide a basis for taking into account the influence of behavioral economics factors in management of scientific projects.

In [8] authors found that development of project management systems, programs and project portfolios depends on their environment. In particular, it is noted that significant changes in the environment from "rational economy" to "behavioral economy" require additional research on the effectiveness of existing methodologies application, knowledge systems and competencies of project managers.

The foundation of environmental change lies in changing the paradigm of decision-making in management from rational to irrational paradigm. Modern approaches to the formation of "behavioral economy", its specifics in terms of decision-making processes in project management and anomalies that affect these processes are investigated. A content model of diagnostics of application for models and methods of project management in "behavioral economy" is given. The patterns of project managers' behavior in creating a project product and project management are studied. Such patterns allowed the authors to identify bottlenecks in the application of modern project management methodologies in a "behavioral economy". This study will be useful in

the process of applying the principles of behavioral economics in scientific projects.

Based on publications' analysis, it can be concluded that risks, uncertainty and conflict can have both negative and positive effects on success of any project, including scientific, so the factors of behavioral economics in the management of scientific projects require more detailed study.

Purpose. The purpose of this study is to identify factors of behavioral economics in scientific projects and determine their impact.

Materials and methods. The project management standard [1] contains detailed key concepts, new trends, considerations for adapting project management processes and information on how to apply tools and methods in project implementation. Project managers can use one or more methodologies in the implementation of project management processes listed in specified standard. Project management views the decision maker as a rational person, but in today's world, scientists are increasingly paying attention to the study of irrational human behavior, in particular acting in conditions of risk, uncertainty and conflict.

Results and discussion. The study of behavioral economics is based on experimental observations, various types of research, surveys, testing, but recently increasingly used econometric analysis of data collected during field research [7, 9].

Fundamental in the theory of behavioral economics is the rejection of the theory of traditional rational behavior and analysis of the irrational component of economic agents' behavior. In order to understand how the economy works and how to manage it effectively, it is necessary to understand exactly how agents and market participants think in the process of making various management decisions.

But this requires understanding and studying the irrational grain behind human feelings, thoughts, and actions. Based on all the research conducted, behaviorists conclude that people make all sorts of management decisions that do not always correspond to the model of rational choice.

Behaviorists suggest that by analyzing the psychological aspects of decision-making, it is possible to predict behavioral errors that may be made by individuals and analyze the impact of mental states of individuals on their behavior in making important management decisions [9].

In the theory of behavioral economics and behavioral finance there are three main tools in the study and analysis of behavioral economics [8]:

1) heuristics - people often make decisions based on creative, unconscious thinking, which is not always logically correct;

2) frame - people use the semantic framework to understand and act in certain cases;

3) market inefficiency - market decision errors that lead to various market anomalies, including incorrect pricing, inefficient allocation of resources.

In [10] it is noted that the competency approach is based on two concepts: a) competence - the area of activity or function performed by the employee; б) competency - a description of the potential ability of the

employee to carry out successful activities within certain competencies.

In addition, the studies of domestic and foreign authors provide many different typologies of competencies [11, 12], in particular, there are three levels in the structure of competency:

a) integration competency – the ability to integrate knowledge and skills and to use them in practice;

b) psychological competency, which is a developed system of emotions, able to provide adequate perception of the world around and practical behavior of people;

c) competency in specific areas of activity, which is expressed in the ability to work with people, overcome uncertainty, implement plans, etc.

Modern development processes, which are based on project management methodologies taking into account the formation of breakthrough competencies, are characterized by the following factors [10, 12]:

1) increasing the factor of dynamism and uncertainty;

2) change of lifestyles at all levels: global, social, organizational, individual;

3) implementation of competence standards in education;

4) increasing the role of horizontal mobility of workers during working life;

5) transformation of many professions, their globalization and accelerated demarcation;

6) strengthening the role and complicating the tasks of personal development ("lifelong skills");

7) decentralization of responsibility for the quality of work;

8) the need for the employee to realize the high "value" of the decision in a particular workplace;

9) the need for a correct assessment of the individual contribution of a particular worker to the unique production result, this is due to the specifics of single or small-scale production at the enterprise;

10) inclusion personal qualities' evaluation of the employee's work that provide motivation to increase productivity;

11) high adaptability of the competency model in the selection, motivation, evaluation and development of employees.

Based on the above factors, we can conclude that human behavior in any activity can lead to disruption of the project's implementation or to its timely and quality completion, so in order to reduce the risk of irrational human behavior, it is proposed to apply the principles of behavioral economics in scientific projects [10, 12].

Behavioral economic theory considers that its main task is to study the influence of various mental states of individuals in making economic or managerial decisions [7].

The most common conclusion reached by behavioral economics is that people often understand and interpret the situations they find themselves in, not as the standard model of rational choice suggests. Behavioral economists [7, 13] insist that behavioral errors made by individuals are predictable.

In certain circumstances, even competent, functionally successful people begin to act irrationally, against their own long-term interests. Therefore, changing the

situation, even in small details, can provoke a person to completely different reactions and appropriate behavior.

Various deviations from the model of rational choice can be conveniently divided into two major classes - cognitive errors and defects of will.

However, most of these deviations can be synchronously seen as a manifestation of intellectual limitations and lack of self-control.

The most important psychological dysfunctions in the field of human resources management in scientific projects include the following (Fig. 1):

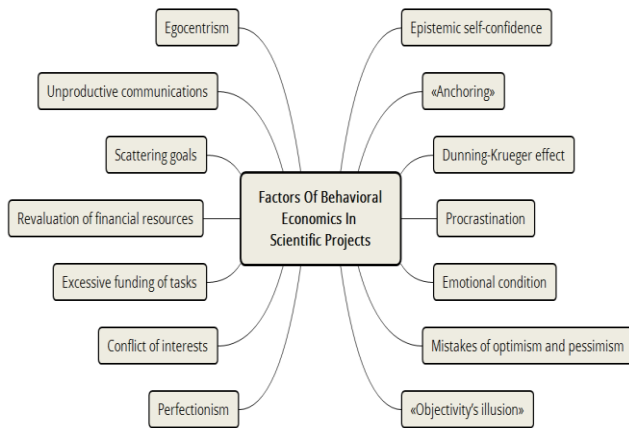


Fig. 1. Factors of behavioral economics in scientific projects

1. Epistemic self-confidence [14, 15] – reluctance to admit that human knowledge is limited, in particular: people overestimate their knowledge and underestimate uncertainty, narrowing the range of possible uncertain situations, so many people are prone to "tunnel" and "narrow" thinking. In scientific projects, this behavior can lead to the loss of leading positions in the development of science.

2. «Anchoring» [15] – making managerial decisions on the basis of the first received data, in particular, it is based on a consciously or unconsciously established strong conditioned-reflex connection. This may be the result of making wrong decisions that will contribute to the emergence of risky and conflict situations in the scientific project.

3. Dunning-Krueger effect [15] – making wrong decisions by incompetent people who are not able to realize it because of too much confidence in their own knowledge and competence. Due to the fact that most scientific projects are implemented in conditions of risk, uncertainty and conflict, such behavior may be grounds for losing the opportunity to become the first in a new direction of scientific research.

4. Procrastination [15] – postponing cases "for later", usually the most complex cases, which has negative consequences - unfinished work in time and negative destructive emotions - guilt, shame, anger. In a scientific project, this can lead to untimely and low-quality execution of existing projects, as well as the loss of new orders.

5. Emotional condition [7, 13] – can have a great influence on a person's choice, in particular: in psychologically "hot" states, such as anger, fear, admiration, excitement, etc., individuals are able to make ill-considered decisions. On the contrary, in "cold" states -

calm, composure, sober thinking, etc. - a person is able to make informed decisions. Based on the characteristics of scientific project, we can conclude that such behavior of any of its stakeholders' can lead to risks and conflicts.

6. Mistakes of optimism and pessimism [7, 13] – the mistake of optimism makes people overconfident in making decisions. Its essence - in underestimating the likelihood of adverse events that can cause serious, often irreparable harm to humans. There is the opposite mistake - pessimism, which makes people the most insecure, forcing them to exaggerate the likelihood of adverse events. Any stakeholder of a scientific project in this state can influence both negatively and positively, the decision concerning the project.

7. «Objectivity's illusion» [7, 13] – subconscious bias is present in every person and very often it contradicts the proclaimed values. Person, even on the basis of the best motivations, in the decision-making process is influenced by unconscious thoughts and feelings. This can lead to a loss of future prospects for both: scientific project team and the project itself.

8. Perfectionism [7, 13] – confidence in the possibility of achieving the best result, the desire to bring each action to excessively high results, scrupulousness, concentration on mistakes, doubts about the quality of work tasks; susceptibility to criticism, imbalance in self-esteem and others. Such behavior in a scientific project can lead to the loss of available resources (time, human and financial) and project failure.

9. Conflict of interests [7, 13] – a situation in which the employee's personal interest may influence the decision-making process and cause damage to the interests of society or company that is the employee's employer. Any scientific project stakeholder is interested in the success of the project, which can further improve its prospects, but it can also harm the project itself due to the fact that at any stage it may exceed the interests of the project.

10. Excessive funding of tasks [15] – making an incorrect or ill-considered decision by any stakeholder of the scientific project on the expenditure of available funds for tasks that are not of strategic importance, but are important for implementation, at the stage of current work.

11. Revaluation of financial resources [15] – overestimation of the necessary resources by any stakeholder of the scientific project of the request for financing of each separate task of the project.

12. Scattering goals [15] – dragging or distracting stakeholders' attention in scientific project from the strategic goals of the project.

13. Unproductive communications – inability of any project stakeholder to find a common language with others in the process of its planning and implementation. Non-implementation of the communication plan in the scientific project, which may contribute to the failure of the project and the emergence of risks, uncertainty and conflict.

14. Egocentrism – the focus of the project stakeholder on own goals, aspirations and experiences; and the inability as a result to perceive another person as a different personality. Such behavior in a scientific project can lead to risks, uncertainty and conflict, as well as loss

of resources (human, material, time), failure to perform project work, etc.

Conclusions. According to the results of the study, the factors of behavioral economics that may affect the process of planning and implementation of a scientific project were considered and analyzed, in particular, new factors were added to the previously proposed ones:

unproductive communications and egocentrism. Thus, we can conclude that one of the main problems of behavioral economics is the difficulty of building a model of optimal behavior in terms of risk, uncertainty and conflict based on the true utility function, ie interests and factors influencing the scientific project for a particular person in certain conditions.

REFERENCES

1. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). Six Edition. USA. PMI, 2017. 574 p.
2. Bedrii D.I. Osoblyvosti proektno-orientovanoho upravlinnya naukovymy proektamy [Features of project-oriented management of scientific projects]. Materialy II Mizhnarodnoyi naukovo praktichnoyi konferentsiyi «Project, Program, Portfolio Management» [Abstracts of the II International Scientific and Practical Conference «Project, Program, Portfolio Management»]. Odesa, ONPU, 2017, pp. 15-18.
3. Bedrii D.I., Danchenko O.B. & Semko I.B. Upravlinnya ryzykamy ta konfliktamy steykholderiv naukovoho proektu v umovakh povedinkovoyi ekonomiky [Risk and conflict management of stakeholder stakeholder projects in conditions of behavioral economy]. Tezy dopovidey XVII mizhnarodnoyi konferentsiyi «Upravlinnya proektamy u rozvytku suspil'stva» [Abstracts of the XVIIth International Conference "Project Management in the Development of Society"]. K.: KNUBA, 2020. pp. 83-88.
4. Bedrii D.I. & Semko I.B. Zastosuvannya pryntsyviv povedinkovoyi ekonomiky v upravlinni naukovymy proektamy [Application of the principles of behavioral economics in the management of scientific projects]. Tezy dopovidey XIV mizhnarodnoyi konferentsiyi «Upravlinnya proektamy: stan ta perspektyvy» [Abstracts of the XIVth International Conference «Project Management: Status and Prospects»]. Mykolaiv, NUK, 2018. pp. 13-14.
5. Baganov V.Yu. Osnovnyye aspekty prinyatiya resheniy v usloviya neoperedelennosti [The main aspects of decision making in conditions of uncertainty]. Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration [Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration]. 2019. vol. 8. no. 2(27). pp. 54-58.
6. Krykina K.A. Vplyv psikhologichnykh faktoriv na pryynyattya rishen' v umovakh nevyznachenosti ta ryzyku [Influence of psychological factors on decision-making in conditions of uncertainty and risk]. Infrastruktura rynku [Market infrastructure]. 2018. Vol. 24. pp. 185-189.
7. Yakovleva Ye.A. Povedencheskaya ekonomika kak oblast' nauchnogo znaniya v sovremennoy ekonomicheskoy nauke [Behavioral economics as a field of scientific knowledge in modern economic science]. Journal of economic regulation (Voprosy regulirovaniya ekonomiki) [Journal of economic regulation]. Rostov-na-Donu: OOO "Gumanitarnyye Perspektivy". 2014. Vol. 5 (no. 2). pp. 62-69.
8. Bushuyev S.D., Bushuyev D.A. & Yaroshenko R.F. Upravlinnya proektamy v umovakh «povedinkovoyi ekonomiky» [Project management in terms of "behavioral economy"]. Upravlinnya rozvytkom skladnykh system [Management of the development of complex systems]. K.: KNUBA, 2018. no. 33. pp. 26-30.
9. Vlasov A.V., Gaibov G.S. Povedencheskaya ekonomika kak novaya oblast' issledovaniya v ekonomicheskoy nauke [Behavioral economics as a new field of research in economic science]. Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve [Models, systems, networks in economics, technology, nature and society]. 2017. no. 3(23). pp. 31-40.
10. Bushuyev S.D., Bushuyev D.A. & Yaroshenko R.F. Proryvni kompetentsiyi v upravlinni innovatsiyynykh proektamy ta prohramamy [Breakthrough competencies in the management of innovative projects and programs] *Visnyk NTU "KhPI"* [Bulletin of the National Technical University "KhPI"]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2018, no. 1 (1227), pp. 3-9.
11. Individual Competence Baseline for Project, Programme & Portfolio Management. 4th edition. International Project Management Association, 2015. 415 p.
12. Bushuyev S., Bushuyev D. Emotional Intelligence – The Driver of Development of Breakthrough Competences of the Project // Proceedings 30th IPMA World Congress – Breakthrough competences for managing change. Astana, Kazakhstan. 2017. P. 8-14.
13. Yakovleva E.A. Analiz vozmozhnostey ispol'zovaniya printsipov povedencheskoy ekonomiki dlya prinyatiya effektivnykh upravlencheskikh resheniy [Analysis of the possibilities of using the principles of behavioral economics for making effective management decisions]. Sovremennyye tekhnologii upravleniya [Modern management technologies]. No. 5(65). Article number: 6504. Date of publication: 2016-05-17. Access mode: <https://sovman.ru/article/6504/> (date of death: 06/08/2020).
14. Taleb N.N. Chernyy lebed'. Pod znakom nepredskazuyemosti [Black Swan. Under the sign of unpredictability]. M.: «KoLibri», 2015. 736 p.
15. Sepeda Huaman D. F. Model' otochennya orhanizatsiyonoho proektu v umovakh povedinkovoyi ekonomiky [Model of the organizational project environment in a behavioral economy]. Materialy III Mizhnarodnoyi naukovo praktichnoyi konferentsiyi «Project, Program, Portfolio Management» [Abstracts of the III International Scientific and Practical Conference «Project, Program, Portfolio Management»]. Odesa, ONPU, 2018, pp. 89-91.

Пориста кераміка на основі відсівів граніту

О. Ю. Білоусов, В. А. Свідерський, Л. П. Черняк

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»
Corresponding author. E-mail: belousov-oleg@ukr.net

Paper received 21.04.20; Accepted for publication 13.05.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-14>

Анотація. Наведено результати дослідження пористої кераміки на основі сировини різного генезису як фракціонованого наповнювача. Відзначено особливості хіміко-мінералогічного складу, енергетичного стану поверхні наповнювачів та порової структури матеріалу після швидкісного випалу. Показано можливість використання відходів нерудної промисловості – відсівів граніту замість керамічного шамоту як фактору ресурсозбереження.

Ключові слова: кераміка пориста, шамот, граніт, хімічний склад, фазовий склад, ліофільність, випал, пористість.

Вступ. Пористі фільтрувальні матеріали та системи застосовуються в різних областях науки, техніки, промисловості, у сільському господарстві, медицині. При цьому приділяється увага підвищенню показників властивостей та експлуатаційної надійності шляхом оптимізації технології виробництва, базовим елементом якої є вихідні сировинні матеріали.

Практичне розповсюдження в системах фільтрування та очищення отримали керамічні пористі вироби [1-3]. В зв'язку з цим виконано ряд розробок по розширенню асортименту виробів відповідно до напрямків умов їх експлуатації [4-7].

Пористу кераміку для фільтрації та аерації отримують по технології, що базується на регулюванні параметрів пористості шляхом використання шамоту певного гранулометричного складу та спеціальних зв'язуючих. Вироби формують методами напівсухого пресування або трамбування, сушать та випалюють при максимальній температурі 1150-1200°C. При цьому технологічні витрати теплової енергії визначаються не лише високою температурою випалу виробів, а і використанням керамічного шамоту, що є продуктом випалу глинистої сировини. Отже заміна керамічного шамоту на відповідні за властивостями та гранулометрію природні матеріали, може стати фактором ресурсозбереження у виробництві пористої кераміки.

Вибір вихідних сировинних матеріалів потребує поглиблення уявлень про фізико-хімічний склад та властивості. При цьому окрім характеристик пористості, що відносять до основних факторів фільтрації матеріалу [8,9], з сучасних позицій хімії поверхні та фізичної хімії силікатів ефективність використання пористої кераміки має залежати також від властивостей матеріалів, які застосовують як наповнювач [10], в тому числі від енергетичного стану поверхні та міри ліофільності.

Мета роботи. Метою даної роботи стало вивчення можливості заміни в технології пористої кераміки енергосемного шамоту на природний матеріал на основі комплексного аналізу хіміко-мінералогічного складу, властивостей поверхні та характеристик пористості.

Характеристика об'єктів та методів дослідження. Об'єктами дослідження стали пористі керамічні вироби для фільтрування, очищення рідин і газів, виготовлені на основі різновидів сировинних матеріалів - відсівів граніту ТОВ «Омельнівський кар'єр» (Житомирська область) і шамоту ПАТ «Часівоярський вогнетривкий комбінат» (Донецька область).

Обрані для дослідження матеріали відрізняються застосуванням вихідної сировини різного походження:

- відсівів граніту є відходом видобутку та переробки природного каменю;
- часівоярський шамот (проба Ч1) є спеціальним продуктом випалу вогнетривкої глини місцевого родовища на максимальну температуру 1320 °С.

Досліджувані вихідні матеріали суттєво відрізняються за хіміко-мінералогічним складом та фізико-хімічними властивостями.

За хімічним складом проба Г відсівів граніту значно відрізняється від часівоярського Ч1 по вмісту діоксиду кремнію, оксиду алюмінію при кількісному співвідношенні SiO₂: Al₂O₃ (5,8 проти 1,8), більшим вмістом Fe₂O₃, лужноземельних оксидів (5,27 проти 1,14 %), лужних оксидів (7,86 проти 2,58 %) та за сумою RO+R₂O (табл. 1).

Таблиця 1. Хімічний склад сировинних матеріалів

Код проби	Вміст оксидів, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	в.п.п.
Г	69,25	11,97	2,15		3,51	1,76	2,65	5,21	3,00
Ч1	59,53	33,74	1,10	1,03	0,47	0,67	0,69	1,89	0,29

Результати рентгенофазового аналізу, проведеного з використанням дифрактометра ДРОН-3М, дозволили виявити особливості мінералогічного складу досліджуваних матеріалів. Очевидно, що структурні особливості досліджуваних проб визначаються відмінностями кристалічних фаз, їх кількісного співвідношення та ступенем розвитку склофази (рис. 1,2).

Так, проба Г відсівів граніту характеризується розвиненими кристалічними фазами кварцу та різновидів польового шпату, наявністю біотиту.

Проба часівоярського шамоту значно відрізняється від відсівів граніту наявністю кристалічних фаз муліту 3Al₂O₃·2SiO₂ та кристобаліту, меншим розвитком скло фази.

Енергетичний стан поверхні та ліофільність матеріалів. З огляду на агрегатний стан матеріалів при фільтрації в системах газо- і водоочищення можна виділити два типи поверхонь розділу фаз: *газ - тверде тіло* (Г-Тв) та *рідина - тверде тіло* (Р-Тв). В цьому зв'язку у дослідженнях були використані методи оцінки енергетичного стану поверхні частинок шамоту по змочуванню при натіканні [11].

Характерною особливістю вказаного методу є можливість оцінити одночасно ступінь змочування частинок полярними і неполярними рідинами (відповідно вода і бензол), коефіцієнт фільтрації і питому ефективну поверхню.

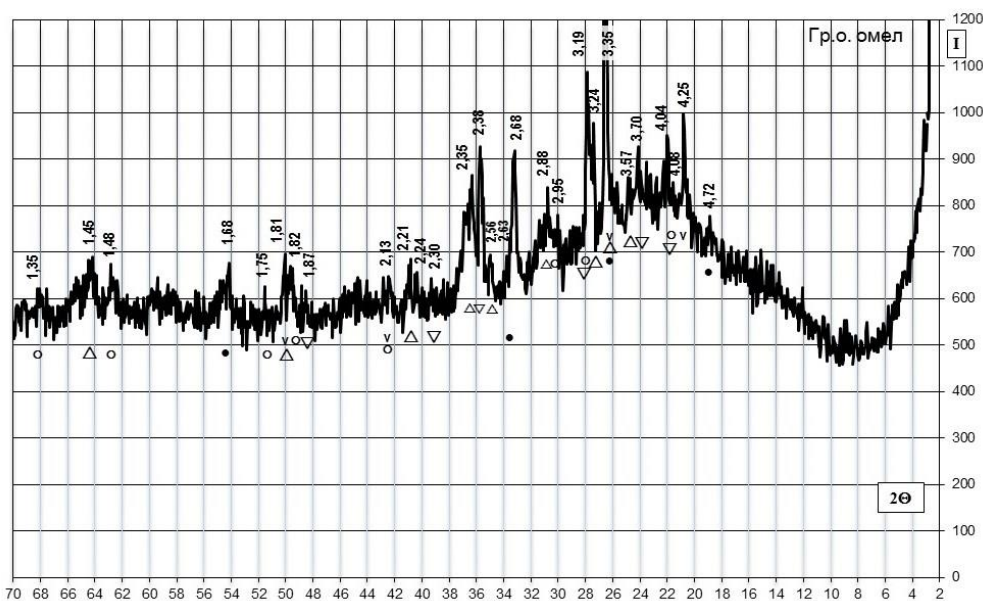


Рис. 1. Дифрактограма проби гранітного відсіву. Позначення: \circ кварц, Δ мікроклін, \circ анортит, ∇ олігоклаз, \bullet біотит

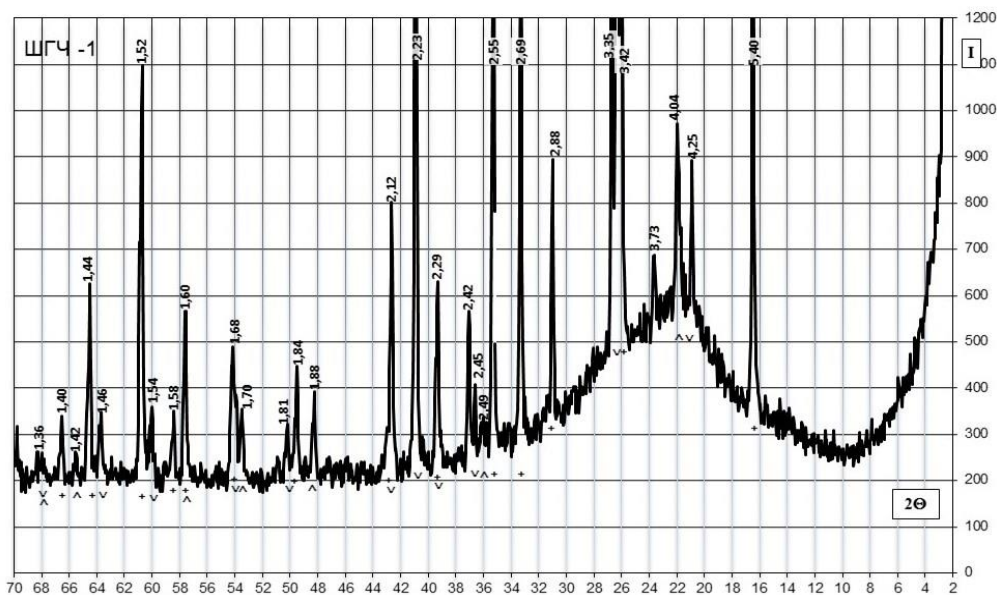


Рис. 2. Дифрактограма проби шамоту Ч1. Позначення: ∇ кварц, Δ кристобаліт, + муліт

За отриманими експериментальними даним (табл. 2) стосовно змочування водою проба Г відсівів граніту характеризується вдвічі меншим показником V_n у порівнянні з Ч1: 0,41 проти 0,82.

Неполярними рідинами (бензол) досліджувані проби змочуються гірше, ніж водою. При цьому проба відсівів граніту також поступається Ч1 за показником V_n = 0,36 проти 0,43.

Відповідно за значеннями коефіцієнту ліофільності проба відсівів граніту перевищує Ч1 – 0,88 проти 0,52.

Показники коефіцієнту фільтрації полярних і неполярних рідин для досліджуваних проб суттєво різняться. При цьому проба Г відсівів граніту перевищує Ч1 за коефіцієнтами фільтрації по воді - $4,73 \cdot 10^{-6}$ проти $2,30 \cdot 10^{-6}$ см³/с/г та по бензолу - $1,18 \cdot 10^{-6}$ проти $0,72 \cdot 10^{-6}$ см³/с/г.

За показниками ефективної питомої поверхні по воді та по бензолу проба Г відсівів граніту значно поступається Ч1, що становить відповідно 2,6 та 1,1 м²/г проти 11,1 та 6,6 м²/г.

Порова структура кераміки після швидкісного випалу. При виготовленні зразків пористої кераміки на

основі шамоту дотримувались технологічного регламенту інституту «НИИстройкерамика» щодо гранулометрії наповнювача (табл. 3) та складу маси: 85 % шамоту, 15 % зв'язуючого (рідке скло).

Таблиця 2. Властивості поверхні шамоту

Код проби	Змочування при натіканні		Питома ефективна поверхня, м ² /г		Умовний tgδ
	Коефіцієнт фільтрації, К · 10 ⁻⁶ см ³ ·с/г		вода	бензол	
Г	0,41	0,36	2,56	1,08	0,013
	4,73	1,18			
Ч1	0,82	0,43	11,08	6,62	0,030
	2,30	0,72			

Зразки кераміки для випробувань формували на гідравлічному пресі, сушили та випалювали в промисловій роликовій печі за швидкісним режимом: протягом 55 хвилин при максимальній температурі 1125 °С.

Результати випробувань свідчать, що відповідно до вказаних вище відмінностей мінералогічного складу

Таблиця 3. Гранулометричний склад шамоту

Код проби	Вміст фракцій шамоту (мм), %				
	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,2	< 0,2
Г	10	20	25	25	20
Ч1	10	20	25	25	20

проба Г на основі відсівів граніту відрізняється від Ч1 меншою мірою спікання за показниками водопоглинання (12,0 проти 10,6 %) та уявної густини (1,78 проти 1,91 г/см³). При цьому визначаються відмінності у характеристиках порової структури кераміки(табл. 4).

Таблиця 4. Характеристика пористої кераміки на основі шамоту після швидкісного випалу на 1125 °С

Код проби	Водо-погли-нання w, %	Уявна гус-тина, р,г/см ³	Істинна гус-тина, γ,г/см ³	Пористість,%			
				відкрита Пв	закрита Пз	Загальна П	питома частка відк-ритих пор, ΔПв
Г	12,0	1,78	2,58	21,40	9,60	31,00	69,0
Ч1	10,6	1,91	2,74	20,31	9,98	30,29	67,1

Очевидно, що проба Г при дещо більшій у порівнянні з Ч1 загальній пористості (31,0 проти 30,3 %) характеризується більшою питомою часткою відкритих пор – 69,0 проти 67,1 %, що важливо для практичного використання в системах фільтрації та рідино- і газоочищення. В свою чергу проба Ч1 відзначається дещо більшим розвитком закритих пор – 10,0 проти 9,6 %.

Висновки. 1. Відома технологія виготовлення пористої кераміки базується на використанні фракціонованого шамоту як основного компоненту-наповнювача. Проте шамот отримують у керамічному виробництві як продукт високотемпературного випалу глинистої сировини. Отже заміна керамічного шамоту на відповідні за властивостями та гранулометрію природні матеріали, зокрема відсів граніту, може стати фактором ресурсозбереження у виробництві пористої кераміки.

2. Поряд із гранулометриєю наповнювачів. мають враховуватись хіміко-мінералогічний склад та енергетичний стан поверхні, що в свою чергу залежать від особливостей генезису матеріалів. Так, проба природної магматичної породи – граніту суттєво відрізняється від керамічного шамоту більшим вмістом склофаз та кристалічних фаз польових шпатів, а за енергетичним станом поверхні – більшим коефіцієнтом фільтрації при меншій питомій ефективній поверхні.

3. Отримані результати випробувань свідчать, що при однаковій гранулометрії наповнювачів, однаковому за типом і кількістю зв'язуючому, однаковому способі формування та режимі випалу кераміка на основі відсівів граніту характеризується рівними із зразками на основі шамоту характеристиками загальної та відкритої пористості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Смирнова К.А. Пористая керамика для фильтрации и аэрации. – М.: Стройиздат, 1968, 172 с.
 2. Белоусов О.Ю. Пористая керамика для систем водоочистки / О.Ю. Белоусов // Строительные материалы и изделия, 2007, № 1(42), С.27 -28.
 3. Hammel E.C. Processing and properties of advanced porous ceramics: An application based review / E.C.Hammel, O.L.-R.Ighodaro, O.I.Okoli // Ceramics International, 2014, Vol. 40, Is. 10, Part A, pp. 15351-15370/
 4. Родина Т.И. Фильтрующая керамика для очистки промышленных серных кислот / Т.И. Родина, П.Г. Трунов // Труды института НИИСтройкерамика, 1968, вып. 29, С. 99 – 108.
 5. Фарсиянц С.Ю. Новые виды фильтрующих изделий / С.Ю. Фарсиянц, Л.С. Опалейчук, В.И. Романова // Стекло и керамика, 1989, № 8, С. 17-18.
 6. Khemakhem Sabeur. New ceramic membranes for tangential waste-water filtration /Sabeur Khemakhem, R. Ben Amar, R.

BenHassen, A.Larbot, M.Medhioub, A. BenSalah, L.Cot // Desalination, 2004, Vol. 167, pp. 19-22.
 7. Zhigang Zhou, Jinxie Chen. A new material design method on porous ceramics in chemical sensors / Sensors and Actuators B: Chemical, 1993, Vol. 13, Is. 1-3, pp. 132-134.
 8. Смирнова К.А. Факторы, определяющие основные свойства пористых материалов для фильтрации и аэрации.// Труды института НИИСтройкерамика, 1968, вып. 29, С. 108 – 120.
 9. Yoshio Sakka, Fengqiu Tang, Hiroshi Fudouzi, Tetsuo Uchikoshi. Fabrication of Porous Ceramics with Controlled Pore Size by Colloidal Processing / Yoshio Sakka, Fengqiu Tang, Hiroshi Fudouzi, Tetsuo Uchikoshi // Science and Technology of Advanced Materials, 2005, No 6 (8), pp. 915-920.
 10. Страшненко С.В., Черняк Л.П. Обжиговые свойства отощителей керамических смесей // ВНИИЭСМ. Сер. Керамическая промышленность, 1988, Вып. 10, С. 3 -6.
 11. Пашенко А.А., Крупа А.А., Свидерский В.А. К вопросу определения гидрофобности пористых дисперсных материалов// Докл. АН УССР, Сер. Б, 1974, №10, С. 913-916.

REFERENCES

1. Smirnova K.A. Porous ceramic for filtration and aeration / M.: Stroyizdat, 1968, P. 172.
 2. Belousov O.Ur. Porous ceramics for water treatment systems / O.Ur. Belousov // Building materials and products, 2007, № 1(42), pp.27 -28.
 4. Rodina T.I. Filter ceramics for industrial sulfuric acid purification / T.I. Rodina, P.G. Trunov // Proceedings of the Institute “NIISTroykeramika», 1968, Is. 29, pp. 99 – 108.
 5. Farsiyants S.Ur. New types of products for filtration / S.Ur. Farsiyants, L.S. Opaleychuk, V.I. Romanova // Glass and ceramic, 1989, № 8, С. 17-18.

8. Smirnova K.A. Factors determining the basic properties of porous materials for filtration and aeration // Proceedings of the Institute “NIISTroykeramika», 1968, Is. 29, pp. 108 – 120.
 10. Strashnenko S.V., Chernyak L.P. Calcination properties of ceramic mixers // M:VNIIESM, Ceramic Industry, 1988, Is. 10, pp. 3 -6.
 11. Paschenko A.A., Krupa A.A., Svidersky V.A. To the question of determining the hydrophobicity of porous dispersed materials // Reports of Ukrainian Academy of Sciences, 1974, №10, pp. 913-916.

**Porous ceramics on the basis of granite screenings
 O. Ur. Bilousov, V. A. Svidersky, L. P. Chernyak**

Abstract. Research results of porous ceramics on the basis of raw material with different genesis as a fractionating filler are expounded. The features of the chemical and mineralogical composition, power state of fillers surface and pore structure of material after the speed baking are studied. Possibility of utilization of wastes from non-metallic industry - granite screenings instead of ceramic chamot as resource saving factor is shown.

Keywords: porous ceramics, chamot, granite, chemical composition, phase composition, liophilicity, baking, porosity.

Оцінка характеристик бітового потоку як випадкової величини

О. М. Романов

Науково-дослідний інститут Міністерства оборони України, м. Київ, Україна
Corresponding author. E-mail: rolex@i.ua

Paper received 22.06.20; Accepted for publication 16.07.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-15>

Анотація. Априорно невідомий бітовий потік з каналу зв'язку та передачі даних представлено як випадкову величину. За обмеженою кількістю спостережень оцінено його основні характеристики – математичне очікування й дисперсію кількості одиниць у вибірці. Розроблено спеціальне програмне забезпечення, яке дозволяє завантажити довільну вибірку бітового потоку, оцінити її основні статистичні характеристики та відобразити результати. Отримані результати представлені у таблиці й графічно.

Ключові слова: бітовий потік, аналіз, ймовірність, вибірка, математичне очікування, дисперсія, оцінка.

Вступ. При проведенні аналізу априорно невідомого бітового потоку його можна представити як випадкову величину. Виникає необхідність отримання її статистичних характеристик за обмеженою кількістю спостережень.

Огляд публікацій за темою досліджень вказує на розвиненість методичного апарату аналізу мережевих протоколів передачі даних і їх ланцюгів на вищих рівнях моделі OSI [1, 2, 3], а також визначення виду модуляції на першому рівні моделі OSI [4], існування окремих підходів до визначення виду і параметрів завадостійкого кодування [5]. Публікацій, які висвітлюють інші аспекти аналізу бітових потоків на першому рівні ієрархії моделі OSI, немає.

Метою роботи є оцінка математичного очікування і дисперсії кількості одиниць у вибірці з априорно невідомого бітового потоку.

Матеріали і методи. Априорно невідомий бітовий потік, що приймається з каналу зв'язку та передачі даних, представимо генеральною сукупністю $Y(n)=\{y_0, y_1, \dots, y_{z-1}\}$, $y_i \in \{0, 1\}$, де n – номер біту (рис. 1). Статистична ймовірність того, що $y_n=1$, – p_1 , відповідно, ймовірність того, що $y_n=0$, – $p_0=1 - p_1$. Ймовірності p_1 і p_0 можуть змінюватись залежно від інформації, що передається в каналі зв'язку і передачі даних, та методів кодування, що застосовуються.

1011000111010100010001100011.....110001010101000110101

Рис. 1. Приклад бітового потоку, що приймається з каналу зв'язку та передачі даних

Кількість одиниць N_i у довільній вибірці довжиною L , $L < Z$ з генеральної сукупності $Y(n)$ – дискретна випадкова величина. Кількість одиниць N_i , унормована до довжини вибірки L , $F=N_i/L$ – також дискретна випадкова величина, яка може приймати значення від 0 до 1 і не залежить від довжини вибірки.

Визначимо діапазон можливих значень випадкової величини F . Для цього проведемо k спостережень. У кожному досліді братимемо вибірку довжиною L із генеральної сукупності $Y(n)$, підраховуватимемо в ній кількість одиниць N_i і нормуватимемо її до довжини вибірки: $F=N_i/L$. Для забезпечення незалежності вибірок початок вибірки у кожному наступному спостереженні зсуватимемо на L відносно початку попередньої вибірки.

Спроможну незміщену оцінку математичного очікування випадкової величини F обчислимо за форму-

лою $\tilde{m}_F = \tilde{M}[F] = \frac{\sum_{i=1}^k f_i}{k}$ [6], де f_i – значення випадкової величини F , що спостерігалось в i -му досліді.

Спроможну незміщену оцінку дисперсії обчислимо за

формулою $\tilde{D}_F = \tilde{D}[F] = \frac{\sum_{i=1}^k (f_i - \tilde{m}_F)^2}{k-1}$ [6]. Оцінку середньоквадратичного відхилення, яке більш наглядно

характеризує розсіювання випадкової величини, виразимо: $\tilde{\sigma}_F = \sqrt{\tilde{D}_F}$ [6].

За нерівністю Чебишева ймовірність відхилення величини F від свого математичного очікування не менше, ніж на додатне число a , обмежена зверху величиною D_F/a^2 : $P(|F - m_F| \geq a) \leq \frac{D_F}{a^2}$ [6].

Покладаючи $a=3\sigma_F$, отримуємо ділянку практично можливих значень випадкової величини $m_F \pm 3\sigma_F$, ймовірність попадання в яку величини F не менше 0,88.

Результати і їх обговорення. Для аналізу бітових потоків у середовищі програмування Visual Studio 2019 мовою програмування C# розроблено СПЗ, яке дозволяє завантажити довільну вибірку бітового потоку, здійснити обчислення за наведеними виразами та наглядно відобразити отримані результати.

Для проведення експериментів було обрано бітовий потік з каналу зв'язку, організованого за стандартом [7], з корисним навантаженням.

Отримані оцінки математичного очікування і середньоквадратичного відхилення нормованої кількості одиниць у вибірці для різних довжин вибірок і кількості спостережень представлені у табл. 1.

При кількості спостережень $k=450$, довжині вибірки у кожному спостереженні $L=450$ отримано такі оцінки нормованої кількості одиниць: $\tilde{m}_F = 0,505$, $\tilde{\sigma}_F = 0,027$. Практично можливі значення – від 0,424 до 0,586. На рис. 2 наведені результати обчислення

нормованої кількості одиниць у вибірці за результатами спостережень, а на рис 3 – гістограма її розподілу при $k=450$ і $L=450$.

Таблиця 1. Оцінки математичного очікування і середньоквадратичного відхилення нормованої кількості одиниць у вибірці

		Довжина вибірки L				
		100	200	300	400	500
Кількість спостережень k	100	$\tilde{m}_F = 0,519$ $\tilde{\sigma}_F = 0,064$	$\tilde{m}_F = 0,518$ $\tilde{\sigma}_F = 0,050$	$\tilde{m}_F = 0,514$ $\tilde{\sigma}_F = 0,043$	$\tilde{m}_F = 0,511$ $\tilde{\sigma}_F = 0,036$	$\tilde{m}_F = 0,513$ $\tilde{\sigma}_F = 0,034$
	200	$\tilde{m}_F = 0,518$ $\tilde{\sigma}_F = 0,065$	$\tilde{m}_F = 0,511$ $\tilde{\sigma}_F = 0,043$	$\tilde{m}_F = 0,511$ $\tilde{\sigma}_F = 0,037$	$\tilde{m}_F = 0,508$ $\tilde{\sigma}_F = 0,032$	$\tilde{m}_F = 0,507$ $\tilde{\sigma}_F = 0,029$
	300	$\tilde{m}_F = 0,514$ $\tilde{\sigma}_F = 0,061$	$\tilde{m}_F = 0,511$ $\tilde{\sigma}_F = 0,041$	$\tilde{m}_F = 0,508$ $\tilde{\sigma}_F = 0,035$	$\tilde{m}_F = 0,507$ $\tilde{\sigma}_F = 0,031$	$\tilde{m}_F = 0,506$ $\tilde{\sigma}_F = 0,027$
	400	$\tilde{m}_F = 0,511$ $\tilde{\sigma}_F = 0,059$	$\tilde{m}_F = 0,508$ $\tilde{\sigma}_F = 0,041$	$\tilde{m}_F = 0,507$ $\tilde{\sigma}_F = 0,034$	$\tilde{m}_F = 0,506$ $\tilde{\sigma}_F = 0,029$	$\tilde{m}_F = 0,505$ $\tilde{\sigma}_F = 0,027$
	500	$\tilde{m}_F = 0,513$ $\tilde{\sigma}_F = 0,059$	$\tilde{m}_F = 0,507$ $\tilde{\sigma}_F = 0,040$	$\tilde{m}_F = 0,506$ $\tilde{\sigma}_F = 0,033$	$\tilde{m}_F = 0,505$ $\tilde{\sigma}_F = 0,029$	$\tilde{m}_F = 0,505$ $\tilde{\sigma}_F = 0,026$

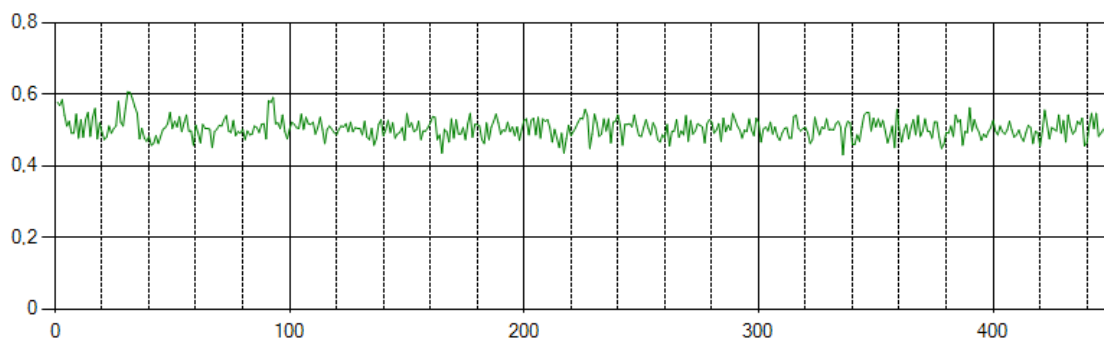


Рис. 2. Нормована кількість одиниць у вибірці за результатами спостережень

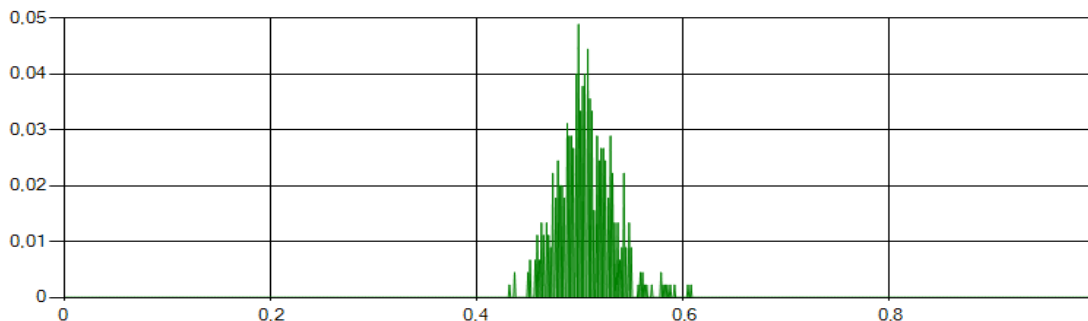


Рис. 3. Гістограма розподілу нормованої кількості одиниць у вибірці

Висновки. Теоретичні залежності і отримані експериментально дані вказують на можливість представлення апріорно невідомого бітового потоку як випадкової величини, яка характеризується математичним

очікуванням і дисперсією. По мірі збільшення довжини вибірки і кількості спостережень оцінка математичного очікування наближається до її істинного значення, а дисперсія зменшується.

ЛІТЕРАТУРА

1. Романов О. М. Застосування аналізаторів протоколів при технічному аналізі сигналів систем зв'язку / О. М. Романов // Проблеми кібербезпеки інформаційно-телекомунікаційних систем: II науково-практична конференція, Київ, 23–24 березня 2017 р.: матеріали доповідей. – К.: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2017. – С. 177–179.
2. Маркин Ю. В. Методы и средства углубленного анализа сетевого трафика: автореф. дис. ... к-та техн. наук: 05.13.11 “Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей” [Электрон. ресурс] / Ю. В. Маркин. М.: ИСП РАН, 2017. – 30 с. – Режим доступа: <https://www.ispras.ru/dcouncil/docs/diss/2017/markin/autoref-markin-publ.pdf>.
3. Гетьман А. И. Обзор задач и методов их решения в области классификации сетевого трафика / А. И. Гетьман, Ю. В. Маркин, Е. Ф. Евстропов, Д. О. Обыденков // Труды ИСП РАН. – 2017. – Том 29. Вып. 3. – С. 117–150.
4. Воробьева Е. И. Распознавание вида модуляции сигналов в системах радиомониторинга / Е. И. Воробьева, Р. А. Немцов, П. П. Чураков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2015. – № 11 (4). – С. 72–75.
5. Ревуцкий В. А. Устойчивые к мешающим факторам алгоритмы распознавания вида помехоустойчивых кодов в

- радиотехнических системах: автореф. дис. ... к-та техн. наук: 05.12.04 "Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения" / В. А. Ревуцкий. – Рязань: ГРТУ, 2013. – 19 с.
6. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. 4е изд. / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
7. Digital Video Broadcasting (DVB). Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services: EN 300 421 V1.1.2 (1997-08). – Sophia Antipolis: European Telecommunications Standards Institute, 1997. – 24 p.

REFERENCES

1. Romanov O. M. Use of protocol analyzers in technical analysis of communication system signals / O. M. Romanov // Problems of cybersecurity of information and telecommunication systems: II scientific and practical conference, Kiev, 23–24 march 2017 y.: materials of reports. – K.: Taras Shevchenko KNU, 2017. – P. 177–179.
2. Markin U. V. Methods and tools for in-depth analysis of network traffic: abstract of the diss. ... cand. of techn. sciences: 05.13.11 "Mathematical and software of computers, complexes and computer networks" [Electronic resource] / U. V. Markin. M.: ISP RAS, 2017. – 30 p. – Access mode: <https://www.ispras.ru/dcouncil/docs/diss/2017/markin/autoref-markin-publ.pdf>.
3. Hetman A. I. Overview of tasks and methods for solving them in the field of network traffic classification / A. I. Hetman, U. V. Markin, E. F. Evstropov, D. O. Obydenkov // Works ISP RAS. – 2017. – Vol 29. Iss. 3. – P. 117–150.
4. Vorobeva E. I. Recognition of the type of signal modulation in radio monitoring systems / E. I. Vorobeva, R. A. Nemtsov, P. P. Churakov // Bulletin of Voronezh State Technical University. – 2015. – № 11 (4). – P. 72–75.
5. Revutsky V. A. Interference-resistant algorithms for recognizing the appearance of error-correcting codes in radio engineering systems: abstract of the diss. ... cand. of techn. sciences: 05.12.04 "Radio engineering, including television systems and devices" / V. A. Revutsky. – Ryazan: RSRTU, 2013. – 19 p.
6. Wentzel E. S. Probability theory. 4th ed. / E. S. Wentzel. – M.: Nauka, 1969. – 576 p.

Estimation of bitstream characteristics as a random variable

O. M. Romanov

Abstract. The a priori unknown bitstream from the communication and data channel is represented as a random variable. By a limited number of observations evaluated its main characteristics – mathematical expectation and variance of the number of ones in the sample. Special software has been developed that allows you to upload a random sample of bitstream, evaluate its main statistical characteristics and display the results. The obtained results are presented in the table and graphically.

Keywords: *bitstream, analysis, probability, sample, mathematical expectation, variance, estimation.*

Розрахунок розрізнявальної здатності системи приймально-передавальних антен в решітках синтезованої апертури надвисокої розрізненості

О. О. Слюсарчук, В. В. Руденко, С. М. Ніколаєв

Науково-дослідний інститут Міністерства оборони України
Corresponding author. E-mail: SAA2812@ukr.net

Paper received 28.05.20; Accepted for publication 18.06.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-16>

Анотація. Задача досягнення розрізнявальної здатності радіолокаційних станцій до рівня, який є достатнім для розпізнавання, є актуальною на теперішній час. Сучасні методи підвищення розрізнявальної здатності забезпечують детальність радіолокаційного зображення, яка може конкурувати із системами видового огляду оптичного діапазону хвиль. В даній статті запропоновано метод побудови системи приймально-передавальних антен решіток синтезованої апертури, який дозволяє зменшити гостроту проблеми недостатнього енергетичного рівня, та провести розрахунки розрізнявальної здатності за шляховою дальністю для n -опромінювачів.

Ключові слова: радіолокація, решітка синтезованої апертури, надвисоке розрізнення, антена.

Радіолокаційні станції (РЛС) огляду Землі, які встановлюються на літаках та космічних літальних апаратах, дозволяють отримувати радіолокаційне зображення земної поверхні та об'єктів, що на ній знаходяться, незалежно від метеорологічних умов та рівня природного освітлення місцевості. При цьому ділянка огляду може знаходитися на великій відстані від носія РЛС і мати значні геометричні розміри. Крім того, сучасні методи підвищення розрізнявальної здатності забезпечують детальність радіолокаційного зображення земної поверхні, яка може конкурувати за якістю із системами видового огляду оптичного діапазону хвиль. Це, в свою чергу, відкрило широкі можливості використання радіолокаційних засобів дистанційного зондування Землі для вирішення завдань картографування місцевості, визначення льодової обстановки, ведення геологічних та екологічних досліджень, складання карт рослинності та снігового покриву, виявлення малорозмірних об'єктів, нафтових плям і таке інше. Це вимагає від сучасних решіток синтезованої апертури (РСА) потребу в дальності дії у декілька десятків кілометрів та надвисоку розрізнявальну здатність.

Проблема отримання надвисокого розрізнення в смуговій РЛС із синтезуванням апертури підвищеної дальності дії в загальному сенсі вимагає подолання обмеження на добуток розрізнявальних координат (сферичності фронту хвилі зондувального сигналу). Класична структура РСА надвисокого розрізнення має обмеження на добуток розрізнявальних координат (критерій Лейта) [1]. Таке достатньо жорстке обмеження по дальності дії складає декілька кілометрів для розрізнявальної здатності, яка дорівнює долі метра.

Сутність обмежень для РЛС з РСА надвисокої розрізненості, тобто при розрізненості за шляховою дальністю (δx) та нахилоною дальністю (δr) менше, ніж $1 \div 3$ м, полягає в тому, що при смуговому режимі огляду розрізнявальна здатність за шляховою дальністю визначається горизонтальним розміром антени РСА. При використанні однієї антени для передавання зондувального сигналу і прийому відбитого сигналу вона дорівнює за різними джерелами інформації від $0,5d_r$ до $1,5d_r$ [2 – 6]. Для її підвищення необхідно збільшувати ширину діаграми спрямованості (ДС) в горизонтальній площині. Це, з одного боку, зменшує коефіцієнт спрямованої дії (КСД) станції, а з іншого – збільшує час опромінення цілі. Крім того, при зменшенні розміру елемента розрізнення $\delta r \times \delta x$ за інших рівних умов зменшується від-

ношення сигнал/шум на вході приймача, що погіршує якість радіолокаційного зображення. Тобто при заданій якості зображення зменшується дальність дії РСА.

Враховуючи те, що при конструюванні РСА розрізнявальну здатність за нахилоною та шляховою дальністю намагаються зробити приблизно однаковими ($\delta x \approx \delta r$), відносно погіршення максимальної дальності дії смугової РСА при підвищенні розрізнявальної здатності визначається співвідношенням

$$\frac{R'}{R} = \frac{d'_r}{d_r} \quad (1)$$

Тобто максимальна дальність дії РСА лінійно зменшується із покращенням лінійної розрізнявальної здатності (рис. 1).

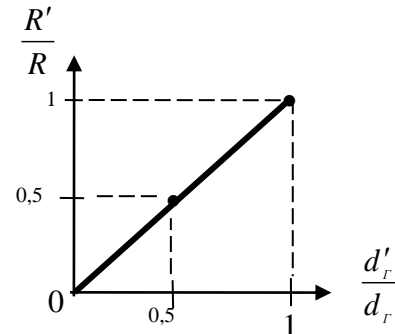


Рис. 1. Залежність відносної дальності дії від відносного розміру антен

Проблема недостатнього енергетичного рівня в РСА надвисокої розрізненості полягає в тому, що для підвищенні розрізнявальної здатності за шляховою дальністю необхідно зменшувати горизонтальний розмір приймально-передавальної антени РСА. Це зменшує енергетичний потенціал станції, а, відповідно, і максимальну дальність дії. Крім того, підвищення розрізнявальної здатності відповідним чином зменшує енергію відбиття від елемента розрізнення, що також викликає зменшення дальності дії при фіксованій якості зображення.

Ідея часткового вирішення проблеми недостатнього енергетичного рівня в РСА надвисокої розрізненості полягає у використанні системи з декількох приймально-передавальних антен з високим коефіцієнтом спрямованої дії $G_{прд}$ і $G_{прм}$, діаграми спрямованості яких при об'єднанні створюють ДС антенної системи РСА, що забезпечує отримання потрібної розрізнявальної здатності за шляховою дальністю. При практичному

конструюванні таких РСА ця ідея потребує детальної розробки та обґрунтування.

По-перше, бажано, щоб антенна система смугової РСА мала максимально допустимий для носія станції розмір.

По-друге, ширина ДС в горизонтальній площині (кут синтезування апертури) забезпечується додаванням окремих ДС, що утворюються антенами, які формуються, наприклад, на базі одного параболічного рефлектора, шляхом розташування в його фокальній площині декількох випромінювачів. Випромінювачі повинні бути розташовані на відстані, що забезпечує перекриття їх ДС, наприклад, на рівні половинної напруженості. Тобто ширина ДС в горизонтальній площині окремої антени в цьому випадку

$$\theta_i = \frac{\lambda \mu}{l_{\text{рГ}} k} \quad (2)$$

де λ – довжина хвилі сигналу зондування;
 $l_{\text{рГ}}$ – горизонтальний розмір рефлектора;
 k – коефіцієнт використання поверхні розкриву рефлектора;

μ – коефіцієнт розширення ДС при відліку на рівні, відмінному від $0,7U_m$.

Кут відхилення ДС опромінювача, якій зміщено на відстань Δx від фокуса параболічного рефлектора, дорівнює [8]

$$\alpha = \frac{2\Delta x}{l_{\text{рГ}}} \sin \Psi_0 \quad (3)$$

де $2\Psi_0$ – кут розкриву антени.

Коефіцієнт використання поверхні розкриву дзеркальних параболічних антен звичайно знаходиться у межах $0,6 - 0,8$ [8].

Результати експериментальних досліджень свідчать, що при куті відхилення максимуму ДС на $5^\circ - 10^\circ$ розширення ДС є незначним, як і збільшення рівня бокових

Таблиця 1

n	1	2	3	4	5	6	7	8
$\delta x / \delta x'$	1	2,44	3,88	5,32	6,76	8,30	9,74	11,18

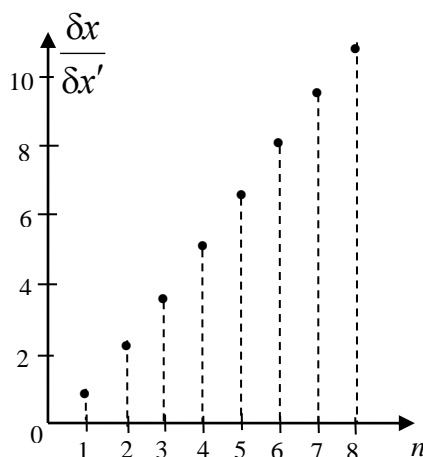


Рис. 2. Ступінь покращення розрізненості від числа опромінювачів

Відмінною особливістю смугової РСА з дзеркальною антеною з декількома опромінювачами є її енергетика, яка значно краща, ніж енергетика антени з одним опромінювачем при класичній структурі побудови смугової РСА.

Визначимо дальність дії смугової РСА, що має антенну систему з декількома опромінювачами. Використавши одну з форм запису дальності дії [7]

пелесток, та ними можна зневажити. Для формування однопелесткової ДС шляхом відповідного розташування окремих опромінювачів у фокальній площині рефлектора визначимо відстань між ними Δx . Кут між напрямками максимумів ДС сусідніх опромінювачів повинен дорівнювати ширині ДС на рівні $0,5$ від максимального значення. Підставляючи замість кута відхилення α до співвідношення (3) значення ширини ДС з виразу (2), отримуємо

$$\frac{\mu \lambda}{k l_{\text{рГ}}} = \frac{2\Delta x}{l_{\text{рГ}}} \sin \Psi_0 \quad (4)$$

Звідси відстань між опромінювачами

$$\Delta x = \frac{\mu \lambda}{2k \cdot \sin \Psi_0} \quad (5)$$

Для типових значень k і Ψ_0 відстань між опромінювачами Δx є більшою, ніж розмір хвильоводу. Ширина ДС (кут синтезування) антенної системи з n опромінювачів визначається як

$$\theta_0 = \beta = (n-1) \frac{\mu \lambda}{k l_{\text{рГ}}} + \frac{\lambda}{k l_{\text{рГ}}} = \frac{\lambda}{k l_{\text{рГ}}} [\mu(n-1) + 1] \quad (6)$$

Потенційна розрізнявальна здатність смугової РСА з такою антенною системою дорівнює

$$\delta x = \frac{\lambda}{2\beta} = \frac{l_{\text{рГ}}}{2[\mu(n-1) + 1]} \quad (7)$$

В залежності від кількості опромінювачів відносно покращення розрізнявальної здатності становить

$$\frac{\delta x}{\delta x'} = \mu(n-1) + 1 = 1,44(n-1) + 1 \quad (8)$$

Значення відносного покращення розрізненості за шляховою дальністю від кількості опромінювачів (за умов перекриття ДС антен на рівні $0,5U_m$) наведено в таблиці 1 та відображено на рис. 2.

$$R \leq \sqrt[3]{\frac{P_{\text{сеп}} \lambda^2 G^2 \theta_0}{64n\pi^3 W \kappa_{\text{уд}} k T \eta}} \sigma_{\text{уд}} \delta x \delta r \quad (9)$$

де G – коефіцієнт спрямованої дії антени РСА;

n – кількість окремих опромінювачів, перетворимо співвідношення (9) з урахуванням (6) та визначення КСД

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} l_{\text{рВ}} l_{\text{рГ}} \quad (10)$$

при повному використанні поверхні розкриву рефлектора

$$R \leq \sqrt[3]{\frac{P_{\text{сеп}} l_{\text{рВ}}^2 l_{\text{рГ}} [\mu(n-1) + 1]}{4n\pi \lambda W \kappa_{\text{уд}} k T \eta}} \sigma_{\text{уд}} \delta x \delta r \quad (11)$$

Відносно збільшення дальності дії смугової РСА, що має антенну систему з n опромінювачами, дорівнює

$$\frac{R'}{R} = \sqrt[3]{[\mu(n-1) + 1] \frac{l_{\text{рГ}}'}{n l_{\text{рГ}}}} \quad (12)$$

де $n = 2, 3, 4, \dots$

При однаковій розрізненості за шляховою дальністю

$$\frac{l_{\text{рГ}}'}{l_{\text{рГ}}} = [\mu(n-1) + 1] \quad (13)$$

Тобто

$$\frac{R'}{R} = \sqrt[3]{[\mu(n-1)+1]^2 \cdot n^{-1}} \quad (14)$$

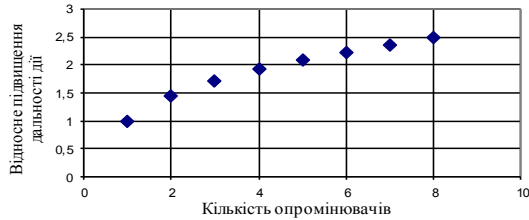


Рис. 3. Ефективність використання в РСА надвисокої розрізності антенної системи з декількома опромінювачами

Таблиця 2

n	1	2	3	4	5	6	7	8
R'/R	1	1,44	1,71	1,92	2,09	2,24	2,37	2,49

$$R \leq \sqrt[3]{\frac{P_{сеп} I_{РВ}^2 I_{РГ} \sigma_{уд} [\mu(n-1)+1]}{4n\pi\lambda W_{кш} k T \eta}} \cdot \frac{l_{РГ}}{2[\mu(n-1)+1]} \delta r = \sqrt[3]{\frac{P_{сеп} I_{РВ}^2 I_{РГ}^2 \sigma_{уд}}{8n\pi\lambda W_{кш} k T \eta}} \delta r \quad (15)$$

Співвідношення (15) дозволяє зробити висновок, що використання дзеркальної антени, яка має n опромінювачів, розміщених у рядок в фокальній площині рефлектора, дозволяє покращити розрізняльну здатність за шляховою дальністю в $\mu(n-1)+1$ разів, при цьому дальність дії зменшується в $\sqrt[3]{\frac{1}{n}}$ рази.

Наприклад, для отримання розрізняльної здатності 0,3 м в смуговій РСА може використовуватись дзеркальна параболічна антена з одним опромінювачем і з горизонтальним розміром $d_r = 0,6$ м (РСА “Lynx”) [9]. При збільшенні горизонтального розміру рефлектора антени до 3,2 м та при застосуванні 4-х опромінювачів, що розташовані в рядок у фокальній площині, дальність дії буде збільшено у два рази.

Таким чином, запропоновано метод побудови РСА,

ЛІТЕРАТУРА

1. Перминов А.В., Файзрахманова И.С. Прикладная голография. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2017. – 89 с.
2. Costa, M.M.S. Basic Requirements for Synthetic Aperture Radar / Costa, M.M.S. Bogossian, O.L., Passaro, A. // 6th Workshop on Space Engineering and Technology, At National Institute for Space Research, São José dos Campos, SP, Brasil. August 2015.
3. Ashwini R. Design of digital FIR filter for radar application/ Ashwini R, Venkataratnam Ponnuru // International journal of innovative research in science, engineering and technology. Vol. 6, Issue 9, September 2017.
4. Xinhua Mao, Ultra-high resolution (0.05m) SAR image formation processing/ Xinhua Mao, Xueli He, Lan Ding, Danqi Li, He Yan. // 2017 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP). October 2017.

Значення відносного збільшення дальності дії при перекритті ДС в горизонтальній площині на рівні 0,5 від максимального значення ($\mu=1,44$) наведено в таблиці 2 та зображено на діаграмі (рис. 3).

Для визначення впливу розглянутої антенної системи на дальність дії смугової РСА при збільшенні розрізняльної здатності перетворимо співвідношення (9) з урахуванням (7)

який дозволяє зменшити гостроту недостатнього енергетичного рівня та покращити енергетичний потенціал РСА надвисокої розрізненості. Пропонується будувати антенну систему на базі одного дзеркального параболічного рефлектора, в фокальній площині якого розміщуються горизонтально декілька окремих антенних опромінювачів. Прийняті сигнали кожним окремим опромінювачем когерентно підсумуються та подаються на вхід приймача як сигнали однопелюсткової антени. Така побудова антенної системи дозволяє подолати теоретичну межу розрізняльної здатності за шляховою дальністю, що дорівнює $0,5d_r$, та суттєво підвищити дальності дії за рахунок ускладнення антени та її фідерного тракту.

5. Реутов А. П., Михайлов Б. А., Кондратенков Г. С., Бойко Б. В. Радиолокационные станции бокового обзора. – М.: Сов. радио, 1970. – 298 с.
6. Справочник по радиолокации /под ред. М. Скольника.– Том. 2. Радиолокационные антенные устройства // Пер. под ред. П. И. Дудника. – М.: Сов. радио, 1977. – 408 с.
7. Сафронов Г.С. Введение в радиоголографию./ Г.С. Сафронов, А.П. Сафронова – М.: Сов. радио, 1973. – 169 с.
8. Драбкин А. Л., Зузенко В. Л., Кислов А. Г. Антенно-фидерные устройства. М.: Сов. радио, 1974. – 536 с.
9. S. I. Tsunoda, F. Pace, J. Stence, M. Woodring Lynx: A high-resolution synthetic aperture radar / Sandia National Laboratories // SPIE Aerosense. Vol. 3704, 1999.

REFERENCES

1. Perminov A.V., Faizrakhmanova I.S. Applied holography. - Perm: Perm National Research Polytechnic University, 2017. - 89 p.
5. Reutov A.P., Mikhailov B.A., Kondratenkov G.S., Boyko B.V. Radar stations of lateral review. - M.: Sov. radio, 1970. - 298 p.
6. Handbook of radar / ed. M. Skolnik.– Vol. 2. Radar antenna

- devices // Per. under ed. P.I. Dudnik. - M.: Sov. radio, 1977. - 408 p.
7. Safronov G.S. Introduction to radio holography./ G.S. Safronov, A.P. Safronova - M.: Sov. radio, 1973. - 169 p.
8. Drabkin A.L., Zuzenko V.L., Kislov A.G. Antenna-feeder devices. M.: Sov. radio, 1974. - 536 p.

Calculation of the resolution of the receiving and transmitting antenna system in lattices of the synthesized aperture of ultrahigh resolution

O. O. Slyusarchuk, V. V. Rudenko, S. M. Nikolaev

Abstract. The task of achieving the resolution of radar stations to a level sufficient for recognition is relevant today. Modern methods of increasing the resolution provide detail of the radar image, which can compete with the systems of species inspection of the optical wavelength range. This article proposes a method of constructing a system for receiving and transmitting antennas lattices of the synthesized aperture, which allows to reduce the severity of the problem insufficient energy level, and calculate of the resolution over the distance for n-irradiators.

Keywords: radar, lattice of synthesized aperture, ultrahigh resolution, antenna.

VETERINARY SCIENCES

Дослідження антимікробної дії розчину міді і цитрату срібла за ентеробактеріозів бджіл

Т. О. Романишина, А. Р. Лахман, О. Є. Галатюк

Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, Україна
Corresponding author. E-mail: tveterinar@gmail.com

Paper received 01.04.20; Accepted for publication 18.04.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-17>

Анотація. В статті наведено дослідження антимікробної дії розчину міді і цитрату срібла до патогенних ентеробактерій видів *Klebsiella Pneumoniae* та *Enterobacter Aerogenes*, які, в даний час, зумовлюють ентеробактеріози в бджіл. Показано, що розчин міді і цитрату срібла проявляв низьку антимікробну дію на грамнегативні патогенні мікроорганізми видів *Klebsiella Pneumoniae* та *Enterobacter Aerogenes*. Перспективним є удосконалення складу дезінфектанту, з метою підвищення активності та синергізму між складовими для посилення бактерицидного впливу на патогенні ентеробактерії бджіл.

Ключові слова: дисбактеріози бджіл, профілактика, дезінфекція, *Klebsiella Pneumoniae*, *Enterobacter Aerogenes*, диско-дифузійний метод.

Вступ. Стан здоров'я сільськогосподарських тварин, птиці та бджіл в Україні впливає на рентабельність тваринницьких підприємств. В останній час відбувається радикальне обмеження антибактеріальних препаратів у тваринницьких господарствах. Дезінфікуючі засоби являються альтернативою антибактеріальним препаратам [6]. На сьогоднішній день профілактика недооцінена, хоча вона є ключем до ефективної діяльності господарств. Правильне використання універсальних дезінфікуючих препаратів є головною частиною програми захисту тварин та людей [5]. Ринок препаратів для боротьби з ентеробактеріозами бджіл дуже вузький. Тому оцінка ефективності впровадження в роботу будь-яких препаратів для профілактики та оздоровлення бджіл є важливою сходинкою в організації оздоровчих та профілактичних заходів [4].

Ефективність лікування бактеріальних інфекцій у тварин та птиці визначається раціональністю та обгрунтованістю застосування антибіотиків, тоді як у галузі бджільництва використання антибіотиків заборонено через перехід їх у мед. Тому пошук та визначення чутливості бактерій до дії пробіотичних препаратів та дезінфікуючих засобів має важливе значення [9, 14].

Короткий огляд публікацій по темі. Згідно останніх праць вітчизняних та іноземних авторів, бактеріальні хвороби бджіл набирають все більшого поширення на пасіках України, деяких країн Європи та Америки [3, 10], що завдає бджільництву значних економічних збитків. Актуальним питанням є вивчення особливостей санації організму бджіл за інфекційних захворювань. Тому удосконалення методів виділення, ідентифікації та культивування збудників ентеробактеріозів медоносних бджіл є найбільш важливою темою для вирощування здорових та сильних бджолиних сімей.

Аналізуючи дослідження вітчизняних та зарубіжних авторів, відмічено, що в кишечнику бджоли містяться представники не менше 10 родів бактерій, що належать до родин *Enterobacteriaceae* *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Providencia*, *Proteus*, *Citrobacter*, *Hafnia*, *Escherichia*, *Pantoea*, *Morganella*, *Serratia* [7]. Попу-

шення мікробного пейзажу кишечника бджіл призводить до захворювання [3]. Перспективним є пошук органічних дезінфектантів для застосування у галузі бджільництва, що дає змогу виробляти органічну продукцію не лише в межах України, а і світу цілому.

Сполуки деяких металів, зокрема карбоксилати срібла і міді, отримані українськими та закордонними вченими, є одними з перспективних активних фармацевтичних інгредієнтів для створення нового класу антибактеріальних засобів в різних лікарських формах [1, 15]. Однією з головних фармакологічних властивостей таких препаратів є антимікробна дія, тому їх використовують переважно як антисептики [8]. Саме тому актуальною проблемою є вивчення вітчизняних антимікробних препаратів з цитратами металів з метою їх застосування у бджільництві.

Ціллю нашої роботи було визначення активності експериментального дезінфектанту (розчину цитрату міді і цитрату срібла), щодо культур ентеробактерій бджіл видів *Klebsiella Pneumoniae* та *Enterobacter Aerogenes in vitro*.

Матеріали і методи. Для роботи були використані культури патогенних ентеробактерій бджіл видів *Klebsiella Pneumoniae* та *Enterobacter Aerogenes* отримані від хворих бджолиних сімей з пасік Північно-Західного регіону України. Виділення та ідентифікацію досліджуваних мікроорганізмів бджіл проводили на базі науково-дослідної лабораторії кафедри мікробіології, фармакології та епізоотології факультету ветеринарної медицини Житомирського національного агро-екологічного університету (ЖНАЕУ) та Державної установи "Житомирський обласний лабораторний центр міністерства охорони здоров'я України" у 2018–2019 рр. Культури зберігаються у холодильнику за t 5–7 °C і пересівають методом штриха на скошений агар у пробірці з інтервалом в 30 діб на середовище МПА (м'ясо-пептонний агар).

Розчин цитрату міді і цитрату срібла був наданий нам ТОВ „СГП” МБС м. Києва. Дезінфектант застосовували в нативному стані і в таких концентраціях – 1:2, 1:5, 1:10, розведених на стерильному 0,9% NaCl. Дослідження проводилися диско-дифузійним методом.

Диски власноруч обробляли досліджуваним препаратом у вказаних концентраціях. Експозиція просочення дисків становила 20 хвилин. В чашку Петрі вносили по 1 мл бактеріального інокуляту та по 20 мл середовища АМХ (агар Мюллера-Хінтона), після чого круговими рухами розмішували вміст чашок до однорідності. На застигле середовище викладали диски, просочені дезінфектантом. Дослідження проводили на семи чашках Петрі для кожної культури, за якими спостерігали три доби.

Результати і обговорення. У профілактиці ентеробактеріозів бджіл важливе значення має попереднє визначення активності характеру дії нових препаратів *in vitro* перед апробацією на пасіках. При бактеріологічних дослідженнях активності зразка розчину цитрату міді і цитрату срібла на культури видів *Klebsiella Pneumoniae* та *Enterobacter Aerogenes* встановлена його бактеріостатична дія при нативному застосуванні, завдяки наявності генів, які кодують адгезини, і зумовлюють формування біоплівки на поверхні середовища [16]. Біоплівка меншої щільності у зонах пригнічення росту *Klebsiella Pneumoniae* діаметром $27,3 \pm 0,17$ мм (рис. 1а (в)). та *Enterobacter Aerogenes* – $19,6 \pm 0,13$ інтерпретує даний результат (рис. 1б (в)).

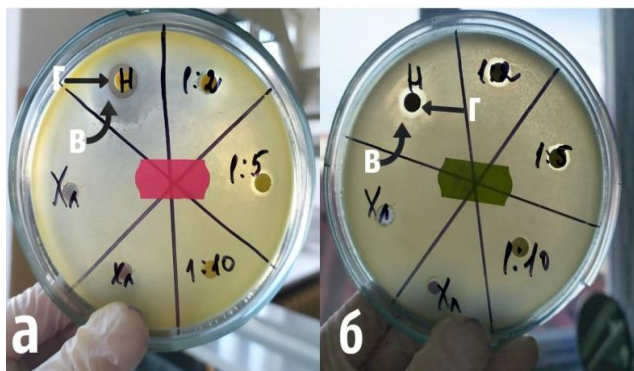


Рис. 1. Візуальні зміни на 1 добу при бактеріологічному дослідженні активності зразка розчину цитрату міді та цитрату срібла на культури *Klebsiella Pneumoniae* (а) та *Enterobacter Aerogenes* (б):
в – бактеріостатична дія, г – бактерицидна дія

Найбільший діаметр зони просвітлення реєструється на біоплівці з культурами бактерій виду *Klebsiella Pneumoniae* при нативному застосуванні препарату ($14,14 \pm 0,35$ мм). При інших розведеннях дезінфектанту прояв бактерицидної дії знаходився в межах від $9,85 \pm 0,45$ мм – при розведенні 1:5 до $11,14 \pm 0,45$ мм – при розведенні 1:2 (рис 1 (г)). Мікроорганізми виду *Enterobacter Aerogenes* були стійкішими до дезінфектанту при всіх застосованих розведеннях, що пояснюємо наявністю у них генів асоціації віруленгенами, генів мультирезистентності до лікарських засобів і ймовірно до дезінфектантів (гени лактамази) [12] та високими адаптаційними властивостями (табл. 1).

На відміну від мікроорганізмів виду *Enterobacter Aerogenes*, ентеробактерії виду *Klebsiella Pneumoniae*

містять специфічні детермінанти вірулентності – капсульні гени асоційовані з мукополісахаридами (HMV-гіпермуковіскозний фенотип), які здатні поглинати позитивно заряджені іони Ag^+ і Cu^+ . У даному випадку слизова капсула ентеробактерії виду *Klebsiella Pneumoniae* слугує не так захисною оболонкою, як одним із факторів «притягування» катіонів металів аніонними залишками сіалової кислоти. Проникаючи в клітину, зразок цитрату міді та срібла порушує структуру ДНК мікробної клітини [11], що зумовлює її лізис.

Табл. 1. Зони пригнічення росту культур видів *Klebsiella Pneumoniae* та *Enterobacter Aerogenes* зразка розчину цитрату міді та цитрату срібла на середовищі АМХ (n=7)

	<i>Klebsiella Pneumoniae</i>				<i>Enterobacter Aerogenes</i>			
	Нативний	1:2	1:5	1:10	Нативний	1:2	1:5	1:10
Зона затримки росту, мм, M±m	14,14±0,35	11,14±0,45	9,85±0,45	-	11,14±0,35	10,14±0,45	9,29±0,24	-

Фармакологічні властивості препаратів срібла визначаються специфічною біологічною активністю іонів Ag^+ , які утворюються при дисоціації його з'єднань [13]. Мідь бере участь у перебігу багатьох важливих метаболічних процесів, а також надає значну бактеріостатичну і бактерицидну дію завдяки пошкодженню плазматичних мембран, нуклеїнових кислот і деструкції сульфгідрильних груп білків [2]. Крім того, доцільно звернути увагу, що активність суміші сполук срібла і міді залежить від їх отримання, розміру часток і концентрації їх в розчині, також слід з'ясувати фактори, від яких залежить сила протимікробної дії даних сполук.

Висновки.

1. Досліджуваний розчин цитрату срібла і міді у ролі дезінфектанту в різних концентраціях виявляють низьку антимікробну дію на грамнегативні мікроорганізми видів *Klebsiella pneumoniae* та *Enterobacter Aerogenes*.
2. Перспективним є удосконалення складу дезінфектанту, а саме, активність та синергізм між складовими, що посилює бактерицидний вплив на патогенні ентеробактерії бджіл.
3. Проблему профілактики та лікування ентеробактеріозів бджіл частково можливо вирішити завдяки застосуванню препаратів, до складу яких входять срібло та мідь, так як вони, на відміну від антибіотиків, не викликають селекцію резистентних штамів мікроорганізмів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Арсентьева И. П. Атгестация и применение наночастиц металлов в качестве биологически активных препаратов / Арсентьева И. П., Зотова Е. С., Фолманис Г. Э // Нанотехника. Спец. выпуск «Нанотехнологии-медицине». – 2007. – № 2 (10). – С. 72–77.
2. Богословская О. А. Влияние наночастиц меди и железа на рост микробных клеток / Богословская О. А., Астротина А.

Б., Байтукалов Т. А. // Новая технологическая платформа биомедицинских исследований : мат. научно-практ. конф. – Ростов-на-Дону, 2006. – С. 72–73.

3. Галатюк О. Е. Епізоотологічний моніторинг заразних хвороб медоносних бджіл у північно-західному регіоні України / Галатюк О. Е., Тушак С. Ф. // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва. – 2016. – С. 372-379.

4. Зинченко Е. В. Иммунобиотики в ветеринарной практике / Е. В. Зинченко, А. Н. Панин. – Пушино, 2000. – 161 с.

5. Ощепков, В. Г. Дезинфекционная активность новых препаратов / В. Г. Ощепков, В.Н. Аржаков // Ветеринария. – 2001. – № 4. – С. 44–45.

6. Розробка і контроль дезінфікуючого засобу : монографія / за ред. В.Л. Коваленка, Д.А. Засєкіна. – К. : Вид-во ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2013. – 240 с.

7. Чечёткина У. Е. Энтеробактерии в составе микрофлоры пищеварительной системы медоносных пчёл в различные сезоны года / Евтеева, Н. И., Речкин, А. И., & Радаев, А. А. // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород. - 2011. – 2 – С. 2

8. Шульгина, Т. А. Изучение антибактериальной активности водных дисперсий наночастиц серебра и меди / Шульгина, Т. А., Норкин, И. А., Пучиньян, Д. М. // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – XIX (4). – С. 131–132.

9. Boothe, D. M. (2006). Principles of antimicrobial therapy. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 36(5), 1003-1047.

10. Glenn, W., Cavigli, I., Daughenbaugh, K. F., Radford, R., Kegley, S. E., & Flenniken, M. L. (2017). Honey bee (*Apis*

mellifera) colony health and pathogen composition in migratory beekeeping operations involved in California almond pollination. *PLoS one*, 12(8). doi.org/10.1371/journal.pone.0182814

11. Luna, V. A., Hall, T. J., King, D. S., & Cannons, A. C. (2010). Susceptibility of 169 USA300 methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolates to two copper-based biocides, CuAL42 and CuWB50. *Journal of antimicrobial chemotherapy*, 65(5), 939-941.

12. Santo Pereira, R., Dias, V. C., Ferreira-Machado, A. B., Resende, J. A., Bastos, A. N., Bastos, L. Q., & Diniz, C. G. (2016). Physiological and molecular characteristics of carbapenem resistance in *Klebsiella pneumoniae* and *Enterobacter aerogenes*. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 10(06): 592-599. doi:10.3855/jidc.6821

13. Sibbald, R. G., Browne, A. C., Coutts, P., & Queen, D. (2001). Screening evaluation of an ionized nanocrystalline silver dressing in chronic wound care. *Ostomy/wound management*, 47(10), 38-43.

14. The pathogenic bee enterobacteria resistance to the experimental iodine-containing disinfectant «Jodis Des No 2» / O. Galatyuk, T. Romanyshyna, A. Lakhman, O. Lysenko, V. Shimanska // Scientific Horizons. – 2020. – № 1(86). – С. 71–78. doi: 10.33249/2663-2144-2020-86-1-71-78

15. Thomas, S., & McCubbin, P. (2003). A comparison of the antimicrobial effects of four silver-containing dressings on three organisms. *Journal of wound care*, 12(3), 101-107.

16. Traynor, K. S., Rennich, K., Forsgren, E., Rose, R., Pettis, J., Kunkel, G., Madella, S., Evans, J., Lopez, D. & Engelsdorp, D. (2016). Multiyear survey targeting disease incidence in US honey bees.

REFERENCES

1. Arsenteva, I. P., Zotova, E. S., Folmanis, G. E. (2007) Attestation and application of metal nanoparticles as biologically active preparations. *Nanotechnology. Special issue of "Nanotechnology Medical"*, 2 (10), 72-77.
2. Bogoslovskaya, O. A., Astrotina, A. B., Baytukalov, T. A. (2006) Influence of copper and iron nanoparticles on microbial cell growth. *New Technological Platform for Biomedical Research : mat of Science Conf. : Rostov-na-Donu*, 72-73.
3. Galatiuk, O. E. & Tushak, S. F. (2016). Epizootological monitoring of infectious diseases of honey bees in the north-western region of Ukraine. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, (237), 372-379.
4. Zinchenko, E. V., Panin, A. N. (2000) Immunobiotics in veterinary practice : Puschino, 161.
5. Oschepkov, V. G., Arzhakov, V. N. (2001) Disinfection activity of new drugs. *Veterinariya* : 4, 44-45.
6. Design and control of disinfectant: monograph / ed. Kovalenka, V. L., Zasiakina, D. A. (2013) K. : «Interservis», 240.
7. Chechotkina, U. E., Evteeva, N. I., Rechkin, A. I. & Radaev, A. A. (2011) Enterobacterium as part of the microflora of the digestive system of honey bees in different seasons. *N.I. Lobachevsky Bulletin of Nizhny Novgorod University: (2-2)*, 149-153.
8. Shulgina, T. A., Norkin, I. A., Puchinyan, D. M. (2012). Study of antibacterial activity of aqueous dispersions of silver and copper nanoparticles. A bulletin of new medical technology: XIX (4). 131-132.

Investigation of antimicrobial action of copper citrate and silver citrate solution at enterobacteriosis in bees

T. O. Romanishina, A. R. Lakhman, O. Ye. Galatyuk

Abstract. The article presents a study of antimicrobial action of copper citrate and silver citrate solution on pathogenic enterobacteria of *Klebsiella pneumoniae* and *Enterobacter aerogenes* species, which currently cause enterobacteriosis in bees. The solution of copper citrate and silver citrate has been shown to have a low antimicrobial effect on Gram-negative pathogens of the species *Klebsiella pneumoniae* and *Enterobacter aerogenes*. It is promising to improve the disinfectant composition in order to increase activity and synergy between the components to enhance the bactericidal effect on pathogenic enterobacteria of bees.

Keywords: bee dysbacterioses, prevention, disinfection, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter aerogenes*, disco-diffusion method.

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