



**DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC,
TECHNOLOGICAL AND INNOVATION SPACE
IN UKRAINE AND EU COUNTRIES**

Collective monograph

Riga, Latvia

2021

UDK 0/9(08)
De933

Title: Development of scientific, technological and innovation space in Ukraine and EU countries

Subtitle: Collective monograph

Scientific editor and project director:

Anita Jankovska

Authors: Sergii Boichenko, Iryna Shkilniuk, Yevhen Davydenko, Alyona Shved, Olha Dushchak (Benderska), Tetiana Levkivska, Olga Samokhvalova, Kateryna Kasabova, Ganna Khimicheva, Oleksii Dziuba, Ilona Raspertova, Rostyslav Lampeka, Inna Honcharuk, Valeriia Vovk, Ihor Kupchuk, Natalia Telekalo, Victor Mazur, Hanna Pansyрева, Olexander Tkachuk, Myroslava Mordvaniuk, Volodymyr Hetman, Romana Myshok, Larysa Klymanska, Tetiana Sovhyra, Bohdan Kindratiuk, Dmitriy Lyashenko, Vitalii Turenko, Maryna Moskalchuk, Nataliia Yarmolitska, Yevhen Kharkovshchenko, Olena Predko, Vitalii Turenko

Publisher: Publishing House “Baltija Publishing”, Riga, Latvia

Available from: <http://www.baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/book/178>

Year of issue: 2021

All rights reserved. No part of this book may be reprinted or reproduced or utilized in any form or by any electronic, mechanical, or other means, now known or hereafter invented, including photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, without permission in writing from the publisher and author.

Development of scientific, technological and innovation space in Ukraine and EU countries. – 3rd ed. – Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2021. – 416 p.

ISBN: 978-9934-26-151-0

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0>

The joint monograph presents the current research of scientific innovation field in Ukraine and EU countries. General questions of technical sciences, technology of food and light industry, chemical sciences, agricultural sciences, physical geography, geophysics and geochemistry of landscapes, theory and history of sociology, applied cultural studies, fine arts, social philosophy and philosophy of history, and so forth are reviewed. The publication is intended for scientists, educators, graduate and undergraduate students, as well as a general audience.

© Publishing House “Baltija Publishing”, 2021
© Authors of the articles, 2021

Table of Contents

CHAPTER «ENGINEERING SCIENCES»

Sergii Boichenko, Iryna Shkilniuk

CAUSE-AND-EFFECT ANALYSIS OF MICROBIOLOGICAL
CONTAMINATION OF MOTOR FUELS AND PROSPECTS
FOR THE RATIONAL USE OF BIODEGRADATION IN THE PROCESSES
OF RECYCLING WASTE FROM THE TECHNOSPHERE. 1

Yevhen Davydenko, Alyona Shved

THE CONCEPT OF NORMATIVE THEORY
OF SYNTHESIS OF INFORMATION TECHNOLOGIES
FOR DECISION SUPPORT UNDER DIFFER-ENT FORMS
OF IGNORANCE: MAIN IDEAS. 20

Olha Dushchak (Benderska), Tetiana Levkivska

SECONDARY PRODUCTS OF TOMATO PROCESSING
IN THE TECHNOLOGIES OF FOOD PRODUCTS. 45

Olga Samokhvalova, Kateryna Kasabova

USE OF MULTICOMPONENT FRUIT AND BERRY PASTE
IN THE TECHNOLOGY OF PASTILLES. 71

Ganna Khimicheva, Oleksii Dziuba

BACKGROUND FOR DEVELOPING THE PARAMETER CONTROL
SYSTEM OF THE COMFORT ZONE OF OFFICE PREMISES. 101

CHAPTER «CHEMICAL SCIENCES»

Ihona Raspertova, Rostyslav Lampeka

NITRONE AS LIGANDS:
STRUCTURE, PROPERTIES AND FUNCTIONALITY. 118

CHAPTER «AGRICULTURAL SCIENCES»

Inna Honcharuk, Valeriia Vovk

WASTE-FREE TECHNOLOGYS
FOR THE PRODUCTION OF BIOFUELS
FROM AGRICULTURAL WASTE AS A COMPONENT
OF ENERGY SECURITY OF ENTERPRISES. 142

Table of Contents

Ihor Kupchuk, Natalia Telekalo

SUBSTANTIATION OF THE CONSTRUCTIVE AND MODE
PARAMETERS OF VIBRATORY DISC CRUSHER
FOR THE FARM ANIMALS COMPOUND FEEDS PRODUCTION. 166

Victor Mazur, Hanna Pantsyryeva

SCIENTIFIC ASPECTS OF TECHNOLOGIES
OF GROWING, STORAGE AND PROCESSING OF LEGUMINS. 195

Olexander Tkachuk, Myroslava Mordvaniuk

RESEARCH OF TECHNOLOGICAL INDICATORS
OF GRAIN QUALITY OF LEGUMES AS OBJECTS
OF STORAGE AND PROCESSING. 221

CHAPTER «GEOGRAPHICAL SCIENCES»

Volodymyr Hetman

LANDSCAPE REPRESENTATIVENESS
OF THE NATURE RESERVE FUND OF UKRAINE. 241

CHAPTER «SOCIOLOGICAL SCIENCES»

Romana Myshok, Larysa Klymanska

SLACTIVISM IN UKRAINIAN INTERNET PRACTICES. 263

CHAPTER «CULTURAL STUDIES»

Tetiana Sovhyra

THE PROBLEM OF FORMATION OF ARCHITECTURAL
FORM OF MEGARON IN THE COURSE OF AESTHETIZATION,
ETHIZATION AND SACRALIZATION: CULTURAL ANALYSIS. 293

CHAPTER «HISTORY OF ART»

Bohdan Kindratiuk

DEVELOPMENT OF MUSIC CULTURE
IN THE WESTERN REGION OF THE UKRAINIAN
PEOPLE'S REPUBLIC (1918–1919). 310

CHAPTER «PHILOSOPHICAL SCIENCES»

Dmitriy Lyashenko

THE SYSTEM STUDY OF CONSCIOUSNESS:
THE PROBLEM OF ADEQUACY. 340

Vitalii Turenko, Maryna Moskalchuk, Nataliia Yarmolitska

RESEARCH OF PHILOSOPHICAL PROBLEMS
OF NATURAL SCIENCE BY SCIENTISTS OF THE KYIV OUTLOOK-
EPISTEMOLOGICAL SCHOOL DURING
60-70'S OF THE XXTH CENTURY. 366

Yevhen Kharkovshchenko, Olena Predko, Vitalii Turenko

RELIGIOUS SECURITY DURING COVID-19:
FOREIGN EXPERIENCE – LESSONS FOR UKRAINE. 391

CHAPTER «ENGINEERING SCIENCES»

CAUSE-AND-EFFECT ANALYSIS OF MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION OF MOTOR FUELS AND PROSPECTS FOR THE RATIONAL USE OF BIODEGRADATION IN THE PROCESSES OF RECYCLING WASTE FROM THE TECHNOSPHERE

Sergii Boichenko¹

Iryna Shkilniuk²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-31>

Abstract. The problem of landfills is one of the most important and urgent among the problems of environmental pollution. This issue needs an immediate solution not only in Ukraine but all over the world. Every human home accumulates a huge amount of unnecessary materials and products, from old newspapers and magazines, empty cans, bottles, food waste, wrappers and packaging, to broken dishes, worn clothes and broken appliances or office equipment. Every day we are forced to deal with waste: at home, in the environment). Everywhere we are surrounded by papers, plastic wrappers, glass, cellophane, etc. Today, taking into account the environmental factor is a necessary condition for the integration of the Ukrainian economy into world economic processes in order to ensure its competitiveness. Ukrainian enterprises face an important issue of the need to understand environmental priorities in the implementation of production and economic activities. That is why the introduction of new technologies, improving environmental culture, compliance with generally accepted environmental standards, the search for effective tools for environmental

¹ Doctor of Technical Sciences,
Professor at Department of Heat Engineering and Energy Saving,
National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky», Ukraine

² Candidate of Technical Sciences, Director of the Ukrainian scientific-research and education center of chemotology and certification of fuels, lubricants and technical liquids,
National Aviation University, Ukraine

and economic management of enterprises, territories and regions is a necessary component of future sustainable development. In turn, the practical implementation of the principles of environmentally sustainable development of economic, socio-economic systems necessitates the improvement of methods, methods and tools of production organization based on the greening of the logistics management system. It has become clear that the economy needs to be reorganized so that human industrial activity is fully integrated into an efficient environmental infrastructure. Thus, the study of the process of transport waste management in Ukraine and the world is relevant today. Transport infrastructure includes railways, trams and inland waterways, contact lines, highways, tunnels, overpasses, bridges, railway stations, railway and bus stations, subways, airfields and airports, communication, navigation and traffic management facilities. vehicles, as well as other structures, devices and equipment. Vehicles include aircraft, railway rolling stock, vessels used for the purpose of merchant shipping or shipping, rolling stock of road and electric urban land passenger transport. The subject of the research is the ability of microorganisms isolated from the landfills of the transport infrastructure of Kyiv to biodegrade fuel and lubricants. Research methods: monographic, analytical methods, standard microbiological and research of physicochemical and operational properties of kerosene and diesel fuel. The purpose of research: to investigate the ability of microorganisms isolated from the landfill of the transport infrastructure of Kyiv to the destruction / degradation of fuels. Further use of isolated microorganisms in biodegradation technologies of waste fuels and oils. Achieved results: the ability of a complex of micro-organisms isolated from the landfill of transport infrastructure of Kyiv to the destruction / degradation of fuels was studied; developed an algorithm and method for isolating a complex and pure cultures of microorganisms capable of destruction / degradation of hydrocarbons of petroleum products (diesel fuel, kerosene); developed a method of utilization of waste fuels and lubricants and solid organic (food) waste using isolated from samples taken at landfills of transport infrastructure.

1. Introduction

Property of microorganisms to metabolize hydrocarbons of solid, liquid and gaseous petroleum products was known in the early XX century. This phenomenon has become a cause of substantial problems in the field of oil

producing, oil refining and petro chemistry, especially during exploitation of oil products. First documented by Miyoshi (1895), fuel biodeterioration has been well documented for more than a century [1, p. 88]. On one hand, the change of oil and oil products properties under the influence of microorganisms finds application for the special aims (waste waters cleaning of oil-processing plants, cleaning of territories and aquatoriums from contamination by oil products). On the other hand, activity of microorganisms results destruction of an oil products and the damage of materials and constructions that contact with them.

These studies were conducted by us with the support of the National Research Fund of Ukraine in the framework of the project № 2020.01/0242 «Experimental and analytical principles of ensuring human and social safety by improving waste management technologies in the technosphere».

One of the most serious consequences of fuel tanks microbiological contamination is corrosion of enforstment wing set. The funguses attach to the horizontal surfaces of fuel tanks, and multiply, forming the threaded layer. As a result, there are areas with different aeration, where corrosion is intensified. While growing fungus produce organic acids (mostly citric acid), as a result the acidity of the water at the tank bottom decreases (pH 2,5–4,5). This reduces the surface tension, increases diffusion rate at the interface between fuel and water and fungi growth is facilitated. Interweaved mycelium layer can move in the liquid volume during aircraft fuelling, leading to the clogging of filters, sensors, etc.

2. Research of microbiological pollution of fuels

Statistics of materials biological damage show that fuels and lubricants are very actively attacked by microbiological factor (Figure 1).

The active study of questions connected with microorganisms' development in oil fuels began from the creation of jet aviation in the USA. The work on this question in our country mainly was to determine fuels biostability in laboratory conditions. purposeful researches of fuels biostability in exploitation conditions were not conducted practically.

There were not generally accepted methods of fuels biocontamination estimation to this time. for that purpose, well-known microbiological methods were used, by which determined the presence of microorganisms in fuels, its quantitative content and specific composition were [2, p. 81; 3, p. 255].

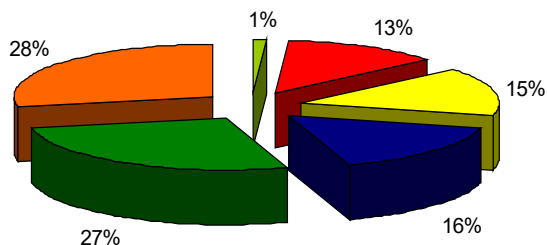


Figure 1. Statistics of materials biological damage: 27 % – fuels and lubricants; 16 % – lacquer and paint coating; 28 % – polymers; 13 % – metals and alloys; 1 % – glass; 15 % – other materials

Significant factors that assist to active the development of microorganisms are ph environments the presence of such elements as (carbon, phosphorus, potassium, nitrogen, sulphur, iron), sun energy. an ambient temperature, is also important to cells of microorganisms actively propagated themselves when the temperatures are 25-35°C, although can grow when the temperatures vary from plus 5 to 45°C. It is well-proven that the spores of many types of microorganisms remain viable for a few hours when the temperatures start from minus 40°C. there is also a necessary condition for development of microorganisms – the presence of water and nutritives in fuel. the growth and development of microorganisms is stopped in water-free fuel. however, in real exploitation conditions and fuels storage it is impossible fully to get rid of moisture. the presence in fuel of at least 0,01–0,02 % water and its tracks at the proper temperature is enough to begin the growth of microorganisms. Today it is known several sources of water ingress:

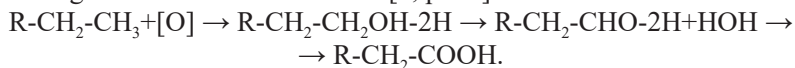
- atmospheric moisture from the air;
- rain or snow may fall into the tank through the holes for sampling, ventilation valves or unsightly fitting lid;
- transportation or storage in tankers and on the boards can cause penetration of ballast water;
- water from all listed sources accumulated at the bottom of the tank forming a water layer.

Microorganisms can penetrate to the fuel through air or water. thus, during the water layer formation colonies of microorganisms are developing.

liquid hydrocarbon fuel is an excellent source of nutrients for many types of present microorganisms. the result is microorganisms spreading at the surface of fuel and water; they begin to live in the water phase, continuing to eat fuel.

The processes of microbial oxidation of hydrocarbons are very complex, because the processes of biogenic oxidation have an influence on many factors: moisture, environment acidity (Ph), temperature, osmotic pressure, and so on. In addition to these factors, there are important physiological characteristics of most microorganisms that occur during the oxidation of individual hydrocarbons and their mixtures. microorganisms have a selective ability related to various hydrocarbons, and this ability is determined not only by the difference in the structure of substance and even the number of carbon atoms that are the part of their structure. hydrophobic of hydrocarbon molecules is important for the chemistry of microbial oxidation of these compounds, their transport in the microbial cell and dynamics of reproduction and physiology of bio destructors. the first stable products of hydrocarbons oxidation are the primary alcohols. the other is the usual biological conversion of alcohols to aldehydes and aldehyde to acid.

The general scheme of reactions [2, p. 81]:



Reduced paraffin fuel capacity by biochemical oxidation occurs due to the removal of model systems of n-alkanes as substances which mainly consume microorganisms. physiological characteristics of each kind of microorganism depends on the orientation process of individual hydrocarbons destruction and their mixtures that have different degrees of resistance to oxidation. research of the microorganisms' ability to oxidize specific classes of hydrocarbons within the aviation fuels allows in perspective to create biologics for specific purposes. After the damage of fuel by microorganisms in the presence of the mentioned above favorable conditions the next consequences are observed:

– change in physical and chemical properties of fuels, namely increasing of major physicochemical parameters values as kinematic viscosity, refractive index, Ph, content of actual resins and others. Also characteristic features are the formation of sediment, turbidity fuel and peculiar odor;

– corrosion of storage tanks for aviation fuels. corrosion development of bottom part where accumulates water sludge, especially on verge of system distribution “fuel-water”, corrosive damage of aircraft tanks, corrosion of aircraft power constructions;

– clogging and damage of fuel filters, pumps and fuelsystems. Sedimentation of mycelium and bacteria colonies at the inner walls of the fuel systems leads to clogging pipelines, filters, pumps and fuel systems;

– threat to the safety of aircrafts flights changing the physical, chemical and exploitation properties of aviation fuels leads to early clogging of filters, pollution of regulating equipment, causing unstable operation of the fuel system, and therefore can cause a failure of the engine, and even a complete failure of the system, and as a consequence – accidents and emergency landings.

The methods for a detection of microbiological contamination of fuels are divided into longterm and express methods. The long-term methods include seeding of microorganisms in nutritive environment followed by microscopic analysis of cultivated cultures. the express methods are used at airports. they are based on indication of microorganisms by chemical compounds. one of these methods is determining microbial contamination of fuels for jet engines with a solution of ninhydrin. Ninhydrin is an organic compound belonging to the classes of ketones, alcohols and condensed carbocycles used as qualitative and quantitative reagent in the determination of primary amines and amino acids. In this area are patented detection techniques of biocontamination in aviation fuels with using two sets of microbmonitor 2, hum Bug detector, Bug alert, Bug check, electronic meter hmB Iv. for example, when using microbmonitor 2 test results are available within three days and do not require further interpretation. exploitation practice shows that in areas where the risk of getting fuel contamination are higher, the frequency of checking for microbiological contamination presence should be at least once a month.

According to the results of identification of many scientists the main representatives of microorganisms-destructors of hydrocarbons are:

1) anaerobic and aerobic bacteria – Achromobacter, Alcaligenes, Arthrobacter, Bacillus, Bacterium, Brevibacterium, Citrobacter, Clostridium, Corynebacterium, Desulfovibrio, Enterobacter, Escherichia, Flavobacterium, Metanobacterium, Micrococcus, Micromonospora,

Mycobacterium, Nicrosossus, Pseudomonas, Sarcina, Serratina, Spirillum, Vibrio, Thiobacillus;

2) fungi (or micromycetes) – Alternaria, Aspergillus niger, Aspergillus fumigatus, Hormoconis resinae, Monacus floridanus, Phialophora sp., Cephalosporium, Renicillum;

3) yeast – Candida, Debaryomyces, Endomycopsis, Hansenula, Rhodotorula, Saccharomyces, Torula, Torulopsis, Trichoderma, Trichosporon.

In relation to air, microorganisms are divided into two groups: aerobic, developing in conditions of air access, and anaerobic, capable of developing without air access. Therefore, the process of reproduction of microorganisms can occur on the surface of the oil product and its thickness.

Mushrooms isolated from fuel can be by degree growth activity can be divided into:

- active destructors;
- potential destructors;
- partially adapted and random species.

An active representative of fungi, the so-called «kerosene» fungus is Hormoconis resinae. Under natural conditions, this fungus lives in the soils of the subtropical and tropical zones. «Kerosene fungi» is an active destructor. Today there is information about its presence in samples of aviation fuels from Australia, in large quantities – Brazil and California, Great Britain, Denmark, India, Syria, Nigeria, Japan, New Zealand.

In the scientific literature it is known as in other names: Hormodendrum resinae, Cladosporium resinae, Amorphototheca resinae.

Now ICAO is disturbed formed by the world tendency of entering of contaminated aviation fuel in airport. Many documents ICAO, IATA and Joint Inspection Group focuses on pollution fuels. ICAO issued a directive DOC 9977 “Guide to the supply of aviation fuel in civil aviation” and IATA issued EI/JIG STANDARD 1530 “Quality assurance requirements for the manufacture, storage and distribution of aviation fuels to airports”.

Active development of the fuel and the fuel systems of microscopic fungi (*Hormoconis resinae*, his types. *Penicillium*, *Aspergillus fumigatus*, *Paecilomyces variotii*, etc.) recognized the most dangerous. Fungi form a dense mycelium, the accumulation of which not only clog pipelines and fuel filters, but also create numerous localized areas of corrosion on the

surfaces of fuel systems. The main strains of microorganisms-petroleum product destroyersfield in Figure 2.

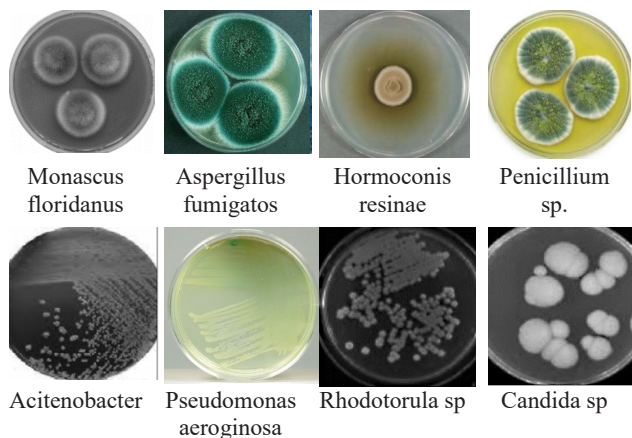


Figure 2. The main strains of microorganisms-petroleum product destroyers

The growth of fungi in fuel at positive temperatures (in points)

Fungi	The time of the manifestation of signs of growth, days	The temperature, °C			
		9	18	28	36
<i>Hormoconis resiniae</i>	7	0	0	0	0
	14	0	1	2	0
	21	1	2	3	1
<i>Phialofora sp</i>	7	0	0	2	0
	14	1	2	4	2
	21	2	2	4	3

- 0 – no signs of growth,
- 1 – turbidity of the water layer, the formation of precipitation,
- 2 – the appearance of large flakes in the water layer,
- 3 – mucus formation,
- 4 – the formation of small clots,
- 5 – the formation of large clots.

The risk of uncontrolled microbial contamination is generally greatest in tropical regions. However, in the absence of adequate housekeeping practices, microbial contamination problems can also occur in fuel systems located in cold climates.

There are the following features of fuel biodamage:

1. Accumulation of sludge (water with a variety of contaminants, including bacterial mucus) at the bottom of fuel tanks and reservoirs.

2. Deterioration of fuel conditioning, including stable water-oil emulsions, acidification, color and smell changes, contamination with mycelium and mucus particles.

3. Mycelium and bacteria colonies segregation on the inner walls of the fuel systems (Figure 3), tanks, pipelines and filters clogging with sediments (Figure 4).

4. Metal corrosion of the bottoms, where water sludge is accumulated, especially at the interface between fuel and water.

5. Destruction or delaminating of protective coatings under the clusters of microorganisms colonies, destruction of seals and hermetics by metabolites (Figure 5).

The ability to biodestruct classes of hydrocarbons depends on physiological properties of a particular microorganism, in particular from ability to adapt its enzymatic



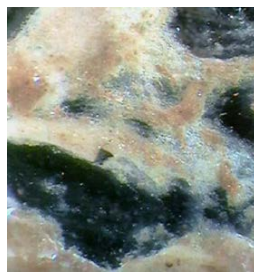
Figure 3. Microbial pollution of fuel tank



a)



b)



c)

Figure 4. Bacterial damage of the ground fuel filtering materials: *a, b* – damage view, *c* – the part of the filter at magnified image (10 μ m)



Figure 5 (a, b). Destruction of seals and hermetics by metabolites

apparatus to conditions environment. However, the numerous studies mentioned above allow classify hydrocarbon classes according to their ability to biodegrade.

Biodegradation of hydrocarbons occurs intracellularly and carried out due to specific oxidative enzymes of the class oxygenase. Oxygenases catalyze the use of one oxygen atom from it molecular form in the terminal methyl group of the hydrocarbon, i.e. there is a replacement of connections with weak breaking energy (C–C, C–H) connections with strong rupture energy (C–O, H–O). This method of oxidation marked for aliphatic, acyclic and aromatic hydrocarbons.

As a result of the process of biodegradation there is destruction, detoxification, utilization and mineralization of petroleum hydrocarbons, in particular aviation fuels. Because aviation fuels include a lot easily digestible components, in the process of biodegradation the fuel acts nutrient substrate (source of carbon and energy) for a number microorganisms.

Data from various studies on cell entry microorganisms, localization of hydrocarbon oxidizing enzymes indicate about the process of oxidation of hydrocarbons occurs inside the cell microorganisms. Restrictions on the oxidation of hydrocarbons by petroleum destructors are related to the solubility of hydrocarbons in water.

Getting a nutrient substrate into the cell is possible from the state true solution or during direct contact with it.

From the physiological characteristics of each genus of microorganisms depends on the direction of the process of destruction of individual hydrocarbons and them mixtures that have different degrees of resistance to oxidation. Difficulties in uptake of hydrocarbons by microorganisms is

associated with their insolubility in water. To activate destructive enzymes need as much as possible hydrocarbon-water phase separation surface.

Hydrocarbons can be broken down by microorganisms fairly quickly anaerobic conditions and extremely slowly – under anaerobic.

Nutrients enter the cells of microorganisms or oil destructors through the surface of the semipermeable cell wall and cytoplasmic membrane.

There are the following types of transport of hydrocarbons into cells microorganisms:

– passive transport:

a) passive diffusion – non-specific entry of substances into the cell, in which various compounds enter the cell without interacting with any carrier, and the driving force of this process is the gradient nutrient concentrations, ie the difference between their concentrations inside the cell of the microorganism and the external environment. Consumption the cell of the microorganism nutrients occurs before their alignment concentrations beyond the cell membrane and in the environment, ie by laws of osmosis. Passive diffusion occurs without energy consumption the speed is low. Water is the main substance that enters the cell and released from it by passive diffusion;

b) facilitated diffusion is a specific process in which the nutrient – the substance is transferred to the cell only with the participation of the carrier protein (permease) and depends on the nutrient concentration gradient.

Permeases have substrate specificity, is transfer specific nutrients inside the cell of the microorganism. At the same time speed the supply of substances depends on their concentration.

The exchange of products of metabolism of the microorganism occurs by through this process.

– active transport – the substance enters the cell regardless of the gradient of the concentration of nutrients in the environment; the process needs energy consumption ($C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$) – adenosine triphosphate or adenosine triphosphate is a universal source of energy for – biochemical processes) and occurs with the help of specific carrier proteins (permease). During this process, the speed of hit substances to the cell may be maximal at low concentrations nutrients in the environment.

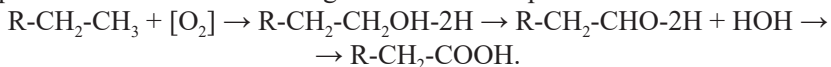
All reactions of microbiological conversion of hydrocarbons are available redox. Maximum reproducibility of these substances makes the presence of oxygen necessary for their oxidation.

The hydrophobicity of a hydrocarbon molecule is of great importance for chemistry their microbiological oxidation and their transport into the cell of the microorganism oil destructor. The hydrophobic nature of the molecule is the reason that oxidation processes are carried out by oxygenase's, in contrast to oxidation more hydrophilic substances, which occurs under the action of dehydrogenases.

Hydrophobicity of hydrocarbon substrates and their poor solubility in water determine the ways in which substances enter the cell. It should be noted that a characteristic feature of the assimilation process Hydrocarbons as carbon sources are the accumulation of intermediates. The biodegradation of aliphatic hydrocarbons is influenced not only by them physicochemical properties such as solubility in water, the ability to – emulsification and the value of surface tension, but also biological factors – enzymatic activity of microorganisms, the reactivity of the substrate.

According to many studies, paraffins are the most unstable to microbiological damage by a class of hydrocarbons, especially paraffins of normal structure. According to scientists, the process of enzymatic oxidation is subject hydrocarbons with a medium chain length ($C_5 - C_{15}$), in turn, light nalkans are able to absorb only some species of bacteria (eg, *Pseudomonas*), since they dissolve the lipids of bacterial cells and cause dissolution of the cytoplasmic membrane.

In the vast majority of cases of primary enzymatic attack n-paraffin molecules are oxidized by the terminal atom hydrocarbon. Many scientists present the reactions of biological oxidation of paraffins as follows:



The first stable oxidation products of hydrocarbons are primary alcohols. The next step is the usual biological transformations of alcohol in aldehyde and aldehyde in acid. The most common and described way of oxidation of n-alkane by microorganisms includes three main stages [4, p. 193]:

- 1) primary oxidation of n-alkane, which leads to sequential the formation of the corresponding alcohol, aldehyde and carboxylic acids of the fatty series;
- 2) beta-oxidation of these acids with the formation as the main acetyl-CoA intermediate;
- 3) oxidation of acetate in the cycle of tricarboxylic acids.

Understanding the species composition of microbiological contamination and the patterns of its development creates conditions for their rational use, the choice of effective ways and means to prevent or eliminate their occurrence in petroleum products.

It is established that the spread of microorganisms in nature is due to their biological features:

- rate of reproduction: under favorable conditions, the cells of many bacteria divide every 20 to 30 minutes;
- relatively high resistance to various physical and chemical – factors – high and low temperatures, the effects of various types of radiation, drying, high osmotic pressure, lack of moisture, etc.;
- extremely easy adaptability to environmental conditions – environment;
- extremely large variety of physiological properties, – so they can be used for food or reception energy is almost all natural compounds, live and multiply where others living beings cannot live.

Assessment or analysis of risk is a process for identifying hazards, assessing the probability of an event and its consequences. The ratio of risk objects and risky events makes it possible to determine the link between the biological risk in the field of the use of aviation fuel with technogenic and economic risks. Technogenic risk is a complex indicator of reliability of elements of technical means of operation. It expresses the probability of an accident or disaster during the operation of machines and mechanisms, in particular vehicles, and the implementation of technological processes. The source of Technogenic risk is the violation of the rules of operation of technical systems, the untimely conduct of preventive inspections. Economic risk is determined by the ratio of benefits and harm that society receives from a particular activity [5, p. 560; 6, p. 222; 7, p. 42].

3. The risks and consequences of microbial damage of aviation fuels

The authors of this work identified and systematized the consequences and the risks of microbiological contamination, for example, of aviation fuel (Figure 6).

Risk reduction is an action to reduce the likelihood of a negative event or mitigate the consequences of this event if it occurs.

The aim of the work is to study, analyze and establish the causes and consequences of biodegradation of petroleum products with the help of microorganisms. Formation of practical recommendations for their rational use.

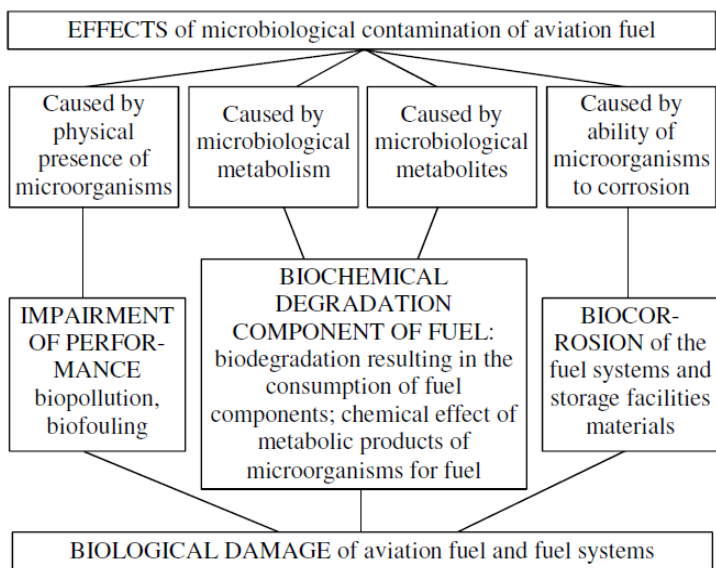


Figure 6. The risks and consequences of microbial damage of aviation fuels

The task of the study is to study and identify sources of turbulence, causes, influencing factors. Establish the relationship and interdependence, patterns of biodegradation in order to justify the choice and determine the current technical solutions (tools).

The object of research is the process of biodegradation of petroleum fuels.

The subject of the study is the relationship and interdependence of the biodegradation process from the sources, causes, factors that most affect the intensity. Justification of the most effective tool depending on the factors of influence.

The method of this study was chosen causal analysis by the method of «Ishikawa Diagram», a graphical method of research and determination of the most significant causal relationships between factors (factors) and the consequences of microorganism and the result of biodegradation.

Isikawa's method, which is presented in the form of cause-and-effect relations, was used to study the problem of microbiological damage and biodegradation, to identify and study the influence of a set of causes,

factors, sources, and their consequences. The algorithm for constructing a cause-and-effect relationship diagram involved formulating a problem to solve it. In Figure 7 presents the set of factors influencing the process of microbiological damage and biodegradation.

The idea of microbiological damage of aviation fuels is developed as a process consisting of three successive interdependent stages: interaction (adhesion) of microorganisms with fuels – the development of microorganisms in fuel hydrocarbon environment – change in fuel properties. Brought irreversible change in the quality of aviation fuels due to microbiological lesions [8, p. 435; 9, p. 83].

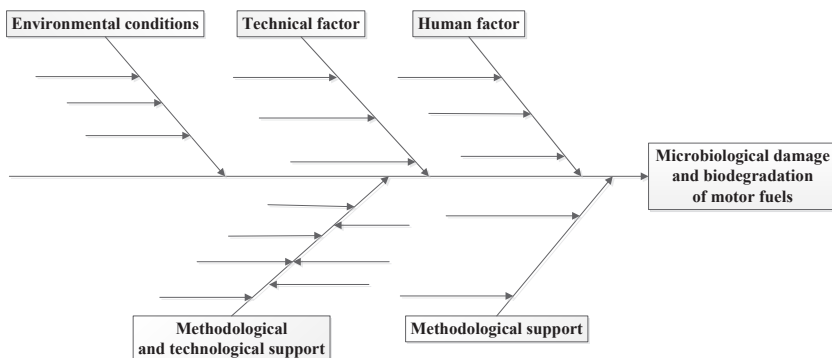


Figure 7. Simplified scheme of systematization of factors of microbiological damage and biodegradation of motor fuels according to Isikawa

Instrumental physicochemical studies have determined the change in acidity (an increase of 1.5-70.0 times), corrosion activity, the content of actual resins (increase of 2.6-4.2 times), thermal oxidative stability (reduction 1.3–3.5 times), heat of combustion (reduction by 1–5%), temperature onset of crystallization (increase by 2–15%), kinematic viscosity (increase by 2–4%) of modern aviation fuels under the influence microbiological contamination.

Theoretical idea of further development has received microbiological stability of motor fuels. Given the different destructive activity of cultures of microorganisms and hydrocarbon composition, investigated fuels are ranked according to microbiological stability (in ascending order) in the

following order: *motor gasoline – fuel for jet engines – diesel fuel – aviation gasoline*. Higher level resistance to damage in aviation gasoline is due to the presence of it composition of thermal power plants, which has a toxic effect on living organisms [10, p. 94].

It was first discovered that the presence of biocomponents (ethyl esters fatty acids) accelerates the development of the microbiological phase in the composition aviation fuels due to the availability of esters for microorganisms and weak chemical bonds in the molecules of biocomponents, which contributes to the active reproduction of microorganisms. Reformulated jet fuels (blended, containing FAME) are more sensitive to microbiological damage due to them increased hygroscopicity and content of ethyl / methyl fatty esters acids. Ease of oxidation and ability to biodegrade this fuel justifies the mandatory use of biocides for blended fuels.

The factors that contribute to the emergence and development are systematized micro-biological pollution in aircraft fuel systems.

ASTM D6469 «Standard Guide for Microbial Contamination in Fuels and Fuel Systems» this guide provides information addressing the conditions that lead to fuel microbial contamination and biodegradation and the general characteristics of and strategies for controlling microbial contamination. It compliments and amplifies information provided in Practice D4418 on handling gas-turbine fuels.

The other side of the problem indicates that microorganisms can also perform a positive function. Thus, the oxidation of hydrocarbons by microorganisms is a leading factor in the natural process of degradation of oil and oil products. The composition of crude oils includes thousands of compounds of various chemical nature, among which such large groups of substances as hydrocarbons, resins and asphaltenes are distinguished. Over the past decades of studying the biodegradation of oil, the utilization of linear and branched hydrocarbons (especially with low and medium molecular weight), as well as aromatic hydrocarbons with five or less aromatic rings in the molecule, has been well studied.

By comparing the experimental data with the literature, we proposed a strategy for the search and selection of oil-degrading microorganisms for use in bioremediation in places subject to constant pollution by oil and oil products in the technosphere.

Some microorganisms can metabolize only a limited number of hydrocarbon substrates. A set of different microorganisms with all possible enzymatic pathways can more efficiently break down a complex mixture of hydrocarbons in soil, fresh and sea water than single microorganism can.

Possibility of microbial growth on hydrocarbon medium is provided by combination of two factors: biochemical complementarity of organism and resistance to hydrocarbon toxic action. It is obvious these two factors should be optimal. Considering polycomponent character of petroleum pollution, microorganism (association of microorganisms) should be able to grow on most components of pollutant and be resistant to their toxic action for complete mineralization of oil products.

Oil at low concentrations has a stimulating effect for soil biota because it is an energy substrate for a large group of microorganisms. Significant petroleum soil pollution, which occurs at emergency spills, is accompanied by acute toxic oil effects on organisms. Microorganisms' reaction to the effect of any toxic substance depends on the toxic agent nature, its concentration, contact time, perceiving system properties, state and other properties of the organisms exposed. The toxic effect of oil is shown through the transformation of microorganisms' environment by physical, chemical, agronomic and other characteristics of contaminated soils.

Light oil fractions partially inhibit heterotrophic microorganisms but act also as a substrate for hydrocarbon degrading microorganisms. Heavier fractions are less toxic to microorganisms, but they are not actively metabolized.

Petroleum hydrocarbons are characterized by strong antibacterial effect and can cause cell lysis. However, some bacteria show a high resistance to these substances. Toxicity of hydrocarbons is mainly determined by their ability to damage the membrane of microorganisms. The interaction of oil hydrocarbons with cell membranes occurs at the level of lipid-lipid and lipid-protein interactions. The thickness of a phospholipid bilayer, its fluidity, asymmetric distribution of membrane components, activity of enzymes and proteins transport in the membrane are changed as a result. These changes, in turn, lead to membrane barrier properties disruption, protons and other intracellular ions passive flux increasing across membranes. All of this leads to a decrease cell viability.

The ability to oxidize petroleum hydrocarbons has been found in numerous species of bacteria and fungi belonging to the following genera: bacteria – *Acinetobacter*, *Acremonium*, *Arthrobacter*, *Acaligenes*,

Aeromonas, Bacillus, Bacterium, Brevibacterium, Beijerinckia, Burkholderia, Citrobacter, Chromobacterium, Clostridium, Comamonas, Corynebacterium, Flavobacterium, Holobacterium, Gliocladium, Gluconobacter, Gordona, Klebsiella, Leucothrix, Micrococcus, Micromonospora, Mycobacterium, Nocardia, Proteus, Pseudomonas, Rhodococcus, Streptomyces, Serratia, Spirillum, Sphaerotilus, Xanthomonas; and mushrooms – Aspergillus, Aureobasidium, Debaryomyces, Candida, Metschnikova, Penicillium, Trichoderma, Gliocladium, Rhodotorula, Torulopsis, Trichosporon, Cryptococcus, Sporobolomyces and some others.

Since the natural process of oil mineralization is sufficient long, there is a need for events that could speed up this process. Therefore, soil reclamation should consist in the intensification of the processes of natural soil cleansing, activation of the regeneration of the most productive biocenoses, which is achieved by carrying out a phased reclamation of oil-contaminated soils:

Stage I – Technical: agrotechnical methods that improve aeration soil (loosening, plowing, disking), regulation of the water regime and alkaline acid conditions;

Stage II – Biological:

Bioremediation is a method of soil cleaning using biological agents: microorganisms, fungi, worms and other organisms.

The application of the bioremediation method by the second approach is carried out by adding cultures of microorganisms-destroyers of oil hydrocarbons to natural association of microorganisms. As active strains of destroyers of oil and oil products for the creation of biological products on their basis used microbes isolated from the probable areas of their distribution – oil-contaminated soils selected from various climatic districts.

Cultures of microorganisms from the studied samples were isolated by the method of accumulative culture using conventional methods of general and soil microbiology. Isolation of hydrocarbon-oxidizing bacteria was performed on Tawson's medium, g / l: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1.0; KNO_3 0.25; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.25; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.005; distilled water 1000.0; pH – 7.0; sterilized by autoclaving at 121°C for 15 minutes.

4. Conclusions

We conducted a taxonomic analysis of microorganisms, investigated their ability to assimilate (destroy) diesel fuel and kerosene, figured out how

to accelerate the process at different temperatures. The ability of microalgae to absorb nutrients from wastewater was also investigated.

Achieved results: the ability of a complex of micro-organisms isolated from the landfill of transport infrastructure of Kyiv to the destruction / degradation of fuels was studied; developed an algorithm and method for isolating a complex and pure cultures of microorganisms capable of destruction / degradation of hydrocarbons of petroleum products (diesel fuel, kerosene); developed a method of utilization of waste fuels and lubricants and solid organic (food) waste using isolated from samples taken at landfills of transport infrastructure.

References:

1. Passman F.J. (2013). International Biodeterioration & Biodegradation, pp. 88–104.
2. Shkilniuk I., Boichenko S. (2020). Biological Risk of Aviation Fuel Supply / Systems, Decision, Control in Energy // Babak V., Isaienko V., Zaporozhets A. Volume 298. Springer. Pp. 179–199. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-48583-2_12
3. Boichenko S., Shkilniuk I., Turchak V. (2008). The problems of biopollution with jet fuels and the way of achieving solution. *Transport*, 23(3), 253–257.
4. Shkilniuk I., Grinko V., Boichenko S. (2012). Research of influence of microbiological stability of fuels for Jet engines on reliability of work of airplanes fuel system. *Systemy i spodka transportu samochodowego*. Rzeszów: Politechnika Rzeszowska, 281–294.
5. V. Raikos et al. / Fuel 93 (2012), pp. 559–566.
6. Sikkema J., De Bont J. A. M., Poolman B. (1995). Mechanisms of Membrane Toxicity of Hydrocarbons // *Microbiol. Rev.*, vol. 59, no. 2, pp. 201–222.
7. Rusyn I.B., Moroz O.M., Karabyn V.V., Kulachkovsky O.R., Gudz S.P. (2003). Biodegradation of oil hydrocarbons by *Candida* yeast. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 65(6), 36–42.
8. Kulik M., Aksionov A., Yanovskii L., Boichenko S. (2015). Aviation Chemmology: Fuel for Aviation Engines. Theoretical and engineering fundamentals of use. Kyiv: NAU, 560 p. (in Russian)
9. Shkilniuk I., Boichenko S. (2014). Methodically organizational principles of biological stability providing of aviation fuel *Transactions of the Institute of aviation of Warsaw*, no. 4(237), pp. 76–83.
10. Shkilniuk I., Boichenko S., Lejda K. (2016). Microbiological control in the system of civil aviation jet fuel supply, Proceedings of the 19th Conference for Junior Researchers ‘Science – Future of Lithuania’ TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 6 May 2016, Vilnius, Lithuania, pp. 90–94.

**THE CONCEPT OF NORMATIVE THEORY
OF SYNTHESIS OF INFORMATION TECHNOLOGIES
FOR DECISION SUPPORT UNDER DIFFERENT FORMS
OF IGNORANCE: MAIN IDEAS**

Yevhen Davydenko¹

Alyona Shved²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-32>

Abstract. As a result of the analysis of the domestic and foreign experience in field of ignorance research, the basic concepts and theoretical background of modeling of different types of ignorance (vagueness, uncertainty, inhomogeneity, incompleteness, inaccuracy, etc.) are investigated. The analysis shows that there are no established criteria and procedures for the identification and formalization of different types of ignorance, under the influence of which a set of source data is formed or analyzed. There are a significant number of methods for ignorance modeling, but there are no effective procedures for their systematic application in order to obtain reliable solutions. Therefore, an important task in this context is the formalization of the processes of identification of different types of ignorance that can affect the processes associated with the acquisition and analysis of source data set and reasonable choice of mathematical apparatus capable of identification and modeling the analyzed types of ignorance. Which in turn provides a theoretical basis for the synthesis of information technologies for decision support under different forms of ignorance. The concept of the normative theory of the synthesis of information technologies of intellectual support for the decision-making process under various kinds of ignorance has been proposed. The development of such a theory contributes to the formation and development of theoretical

¹ Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at Department of Software Engineering,
Petro Mohyla Black Sea National University, Ukraine

² Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor at Department of Software Engineering,
Petro Mohyla Black Sea National University, Ukraine

and practical aspects of the synthesis of information technologies for decision support, as a set of unified mathematical models and methods of intellectual and information support of the processes of formation and decision making in various fields of human activity, presented in the form of models, methods, approaches, procedures, techniques and algorithms for solving various applied problems. Within the framework of the concept of synthesis of information technologies, a procedure for choosing ignorance modeling method is proposed. Which presupposes the formation of a system of criteria that make it possible to unambiguously characterize the considered methods of ignorance modeling. Based on the formed system of criteria, decision rules for choosing a modeling method are synthesized. If, as a result of the performed procedure, more than one method was chosen, then for each candidate method a system of criteria for evaluating the effectiveness and efficiency of it is formed. The value of each criterion is expressed in numerical form, after which the problem of multi-criteria optimization is solved to select the optimal solution (method). The example of synthesis of decisive rules for choosing the mathematical formalism of ignorance modeling to solve multicriteria choice problems is given.

1. Introduction

For making effective management decisions it is necessary to take into account the growing number of influencing factors that describe complex processes related, for example, to the state economy, the business of large enterprises, social trends in society, etc. The situation is aggravated by the presence of different types of ignorance, which have a negative impact on the processes associated with the acquisition and analysis of initial data (statistical, analytical, expert information, etc.). In such situation a person cannot guarantee the adoption of an effective solution at the heuristic level, taking into account all conflicting factors that affect the achievement of the goal of the problem (task) being solved.

In these conditions, there is a need to create and develop the foundations of normative (the word “norm” originates from the Latin “normatio” meaning the establishment of norms, standards, rules that streamline the sequence of actions) of the theory of synthesis of information technologies (IT) focused on the intellectual support of decision-making processes, the main purpose

of which is to organize support of processes connected with decision-making under different types of ignorance. That is, the development of a complex of formalized mathematical models and a system of rules that will allow to organize processes associated with the receipt, processing, analysis and aggregation of source information (expert knowledge; statistical, analytical data, etc.) about the state of the investigated object, process or phenomenon, in order to prepare the received information to make informed and effective decisions.

The purpose of the approach is to consider the approach to creating the basic concepts of normative theory of the synthesis of ITs for decision-making support, based on the systematization of the most studied types of ignorance and a comparative analysis of methods for their modeling.

2. The basic concepts of the normative theory of the synthesis of information technologies for decision support

The foundation of a normative theory lies in systematic generalization of existing models and methods in the field of decision theory, which allow to identify problems associated with the solution of tasks under consideration; formulate goals and criteria for their achievement; generate valid alternative solutions to the problem, evaluate them (to establish order relations on them and highlight extreme ones), and justify the solutions obtained.

The development of a normative theory of the synthesis of information technologies requires solving the following problems [9, p. 3]:

- systematization, formalization and identification of different types of ignorance, the justified existence of which is determined by a number of methods for their modeling, based on traditional as well as new developing mathematical theories;

- a comparative analysis of modern methods of modeling various types of ignorance in order to determine those that can be used to construct information technologies to support decision-making process under certain types of ignorance;

- formation of a system of conditions, criteria, rules, restrictions, etc., which allow to construct the unified algorithms for the synthesis of information technologies for decision-making support based on the solutions of the first two previous tasks.

Thus, the basis of the concept of the synthesis of IT for decision support is the intellectual integration of four basic aspects (Figure 1):

1. Initial information (expert knowledge, statistical, analytical, experimental data). Initial data can be presented in both quantitative and qualitative scales of measurement. The type of measurement scale determines the nature and structure (presentation form) of the source information.

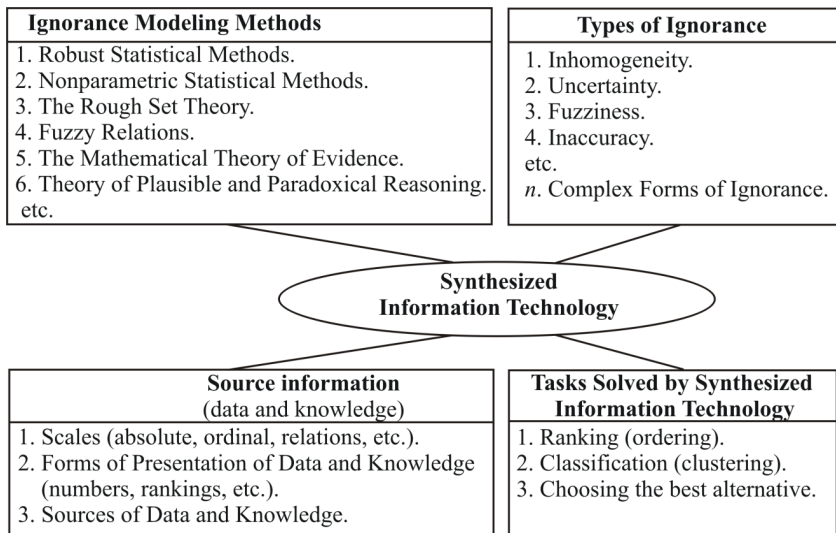


Figure 1. General structure characterizing the main components of synthesized in-formation technology

Data sources can be broadly classified into two categories: internal and external to the system. The source data must meet a set of requirements (criteria): timeliness, reliability, accuracy, richness, degree of compliance with the purpose of the study (relevance); and possess the following properties: objectivity, credibility, completeness, topicality, worth, understandability.

2. A complex of different types of ignorance, reflecting various aspects (“defects”) of knowledge (incompleteness, inaccuracy, uncertainty, fuzziness, etc.) [1, p. 290; 3; 4; 17]. These types of ignorance are

inextricably linked with the processes of formalization and presentation of the existing knowledge in intelligent systems, and have a direct impact on the processes of extraction, analysis, presentation and processing of data and knowledge.

3. A range of analysis tasks. The nature of the problem(s) to be solved has a direct impact on the formulation of the research goal, the volume and structure of the used (initial) data, the way they are received, the form in which the results are presented, etc.

4. A range of modeling methods [3, p. 285; 20, p. 5; 20, p. 11; 22, p. 170; 23]. By modeling method we understand the mathematical formalism (theories, methods, approaches, technologies) used to obtain, represent, analyze and process knowledge and data. The choice of modeling method largely depends on the nature and characteristics of the problem (task) being solved. However, when choosing a research method / mathematical apparatus, it is necessary to conduct a thorough and in-depth analysis of all kinds of ignorance that characterize the corresponding problem area (the existing system of knowledge): identify them, determine how to formalize them, establish their significance and degree of influence on the processes associated with the acquisition, presentation, analysis and use of knowledge and data within the existing system of knowledge.

During the analysis of different types of ignorance, it is necessary to take into account which aspects of data or knowledge they are related to, since in relation to different categories of data and knowledge, the same types of ignorance can acquire different interpretations, for example, fuzzy data and fuzzy inference are different concepts, etc. The search of a mathematical formalism that allows to correctly operate with the available data and knowledge with different types of ignorance should be carried out at all stages of data and knowledge manipulation (production, analysis, presentation, processing, using). At the same time, one of the central problems of the normative theory of the synthesis of ITs for decision support is the formalization of the procedure of identification of various types of ignorance, including their complex forms generated by complex types of ignorance, characterized by the simultaneous presence of two or more types of ignorance, which can influence the processes associated with the acquisition and analysis of source data (statistical, analytical, expert

information, etc.). An equally important task in this context is the justified choice of a method / mathematical apparatus for modeling the identified types of ignorance (including their possible combinations), capable of carrying out the correct mathematical processing of initial information in the presence of selected types of ignorance, to generate aggregated data and new information necessary for the decision-making process and the interpretation of new (received) data (knowledge).

The solution of these problems is based on a systematic (integrated, multi-aspect) approach to determining various types of ignorance, which creates the conditions for the correct selection and application of methods of analysis and structuring of initial information, and this, in turn, allows to obtain effective results for modeling of relevant subject and problem areas of knowledge.

The procedure of identification of various types of ignorance is based on the formation of a set of qualimetric characteristics (criteria, indicators, etc.) of recognition and identification the type of ignorance (and their combinations) that analyzed in the original system of knowledge, and the construction of a system of decisive rules for the identification (recognition) of types of ignorance on based on a dedicated set of such characteristics.

The choice of methods (mathematical apparatus) for ignorance modeling is determined by the specifics of the problem being solved, the nature (structure) of the accumulated data (knowledge), the purpose of the study, and is determined by a set of qualitative and quantitative characteristics that uniquely characterize the possibilities (the most important and essential aspects for solving this problem under given initial conditions) and the limitations of the method candidate.

The development and evolution of the normative theory of the synthesis of ITs of intellectual support for the decision-making process contributes to the establishment and development of the theoretical and practical aspects of the normative methodology of the synthesis of ITs for decision-making support, as a combination of systematic techniques and methods of intellectual and informational support of the processes of formation and making decisions in different areas of human activity, presented in the form of approaches / procedures / algorithms / methods / techniques for solving various applied problems.

3. Mathematical models of the process of synthesis of information technologies for decision support

The components of IT of ignorance modeling in general terms can be represented by the following tuple:

$$IT = \langle Z, ST, NF, MN, B \rangle, \quad (1)$$

where $Z = \{z_i | i = \overline{1, k}\}$ is the set of tasks to be solved; ST is a data structure; $NF = \{nf_i | i = \overline{1, p}\}$ is the set of types of ignorance modeled in decision support system (DSS); $MN = \{M_i | i = \overline{1, n}\}$ is the set of ignorance modeling methods defined for solving each of considered problems, $M_i \subset MN$ is the set of methods $M_i = \{m_j^{(i)} | j = \overline{1, n^*}\}$, ($n^* \leq n$), allowing correct processing of data under defined type of ignorance nf_i ; B is the procedure for choosing a mathematical apparatus (method) for ignorance modeling, which can be represented as follows

$$B = \langle T, D, ST, SP, G, F, KN, SRM \rangle, \quad (2)$$

where T is the data structuring task type; $D = \{d_i | i = \overline{1, r}\}$ is the set of initial data presented in the form of ST ; $SP = \{s_i | i = \overline{1, g}\}$ is the set of data measurement scales (nominal, ordinal, interval, and ratio); G is the procedure of ignorance type identification; F is the function of choosing the mathematical apparatus for ignorance modeling; $KN = \{K_j | j = \overline{1, o}\}$ is the set of criteria for choosing a modeling method $m_j^{(i)}$, $m_j^{(i)} \in M_i$ that uniquely describe the capabilities and limitations of the method, $|K_j| > 1$; SRM is the system of decision rules for choosing a method $m_j^{(i)}$, based on a formed set of criteria K_j .

The procedure of ignorance type identification can be presented in the form of the next model:

$$G = \langle D, NF, CN, SRN \rangle, \quad (3)$$

where $CN = \{C_i | i = \overline{1, p}\}$ is the set of criteria for recognition and detection the defined type of ignorance; SRN is the system of decision rules for detection the type of ignorance nf_i , based on a formed set of criteria C_i .

Consider now the main stages of construction the IT of ignorance modeling:

Stage 1. Determination the type of decision-making problem.

The paper considers two main types of decision-making problems. The first task is to rank the elements of the set $\{D\}$, then the resulting binary

relations can be characterized by a linear or weak order. The second task is to extract from the original set $\{D\}$ some subset $\{D^*\} \subseteq \{D\}$ so that its elements have common properties.

Stage 2. Determination the data structure. The data structure ST is determined by a given measurement scale $s_q \in SP$, $q = \overline{1, g}$. Initial data can be presented in one of four data measurement scales (nominal, ordinal, interval, and ratio) in form of qualitative and quantitative value respectively.

The data structure characterizes the model of the source data $D = \{d_i | i = \overline{1, r}\}$ and the form of its presentation in the form of labels, rankings, numbers, intervals, binary relations, etc. The form of presentation of the source data largely depends on the nature of the problem under consideration and the objectives of the research.

Stage 3. The formation of a set of source data $D = \{d_i | i = \overline{1, r}\}$ in accordance with a given measurement scale s_q .

Stage 4. Identification the types of ignorance present in the original data set $D = \{d_i | i = \overline{1, r}\}$, or arising in the process of data obtaining. The procedure for ignorance type identification consists of a set of ignorance identification rules that use a given set of ignorance identification criteria.

Let $NF = \{nf_i | i = \overline{1, p}\}$ be a set of types of ignorance, that are modeled in a system (decision support system). Each nf_i corresponds to a set of criteria $C_i = \{c_j^{(i)} | j = \overline{1, t}\}$, $C_i \subset CN$, which allow to uniquely identify the presence of nf_i in the source dataset $D = \{d_i | i = \overline{1, r}\}$.

By forming a set of decision rules $SR_l = \{R_l^{(i)} | l = \overline{1, h}\}$, $SR_l \subset SRN$ it can be established the procedure for ignorance type nf_i identification in the original dataset:

$$R_1^{(i)} : (c_j^{(i)}, D) \rightarrow nf_i, \quad (4)$$

If the initial dataset D is characterized by the presence of $c_j^{(i)} \in C_i$, then nf_i is identified.

In this case, the antecedent can be formed using operations \vee and \wedge , and their combinations, for example:

$$R_1^{(i)} : \forall c \in C_i : (\wedge c, D) \rightarrow nf_i; \quad (5)$$

$$R_2^{(i)} : \exists c \in C_i : (c_j^{(i)} \vee c_{j+1}^{(i)}, D) \rightarrow nf_i; \quad (6)$$

and etc.

Stage 5. The choice of the mathematical formalism for nf_i modeling.

The procedure for choosing a mathematical apparatus can be represented by a method or a group of methods that allow to correctly process data (that are formed or analyzed) under identified type of ignorance nf_i , or their group. The structure of the source data affects the choice of ignorance modeling method.

4. Methodology of the process of synthesis of information technologies for decision support

The systematic methodology for the synthesis of ITs for ignorance modeling allows to generate ITs for decision support on the basis of the generated set of rules and parameters, such as the type of data structuring task, data structure, identified types of ignorance, or their combinations, etc. Figure 2 shows stages of the synthesis of information technology for decision support under different types of ignorance.

The IT synthesis methodology can be formally presented in the form of the following successive stages:

Stage 1. Definition of the purpose (goals) of the analysis (evaluation).

In system analysis two types of goals are distinguished. Qualitative is a goal whose achievement is expressed in a nominal or ordinal scale. Quantitative is the goal whose achievement is expressed in quantitative scales (interval and ratio). The form of presentation of the evaluation result depends on determination of the purpose of assessment.

Stage 2. Determination of the composition and structure of the analysis task.

There are considered five basic data mining tasks:

1. classification (recognition, ranking);
2. clustering (determination of the inherent decomposition into the analyzed data into homogeneous groups – clusters);
3. association;
4. time series analysis;
5. prediction.

There are three main tasks of decision making [12]: ordering a set of alternatives (ranking); grouping a set of alternatives to decision classes (clustering); choosing the best alternative.

The type of source data structuring task determines the type of data structuring procedure. So, for example, to solve the problem of choosing the best alternative, the ranking procedure of the initial set of alternatives can be used.

Stage 3. Determination of the method of obtaining initial data.

The methods of obtaining initial information can conditionally be divided into the following groups:

1. empirical – methods of obtaining empirical information (empirical data);
2. theoretical – methods of obtaining theoretical information;
3. mixed (semi-empirical) – methods for obtaining both empirical and theoretical information.

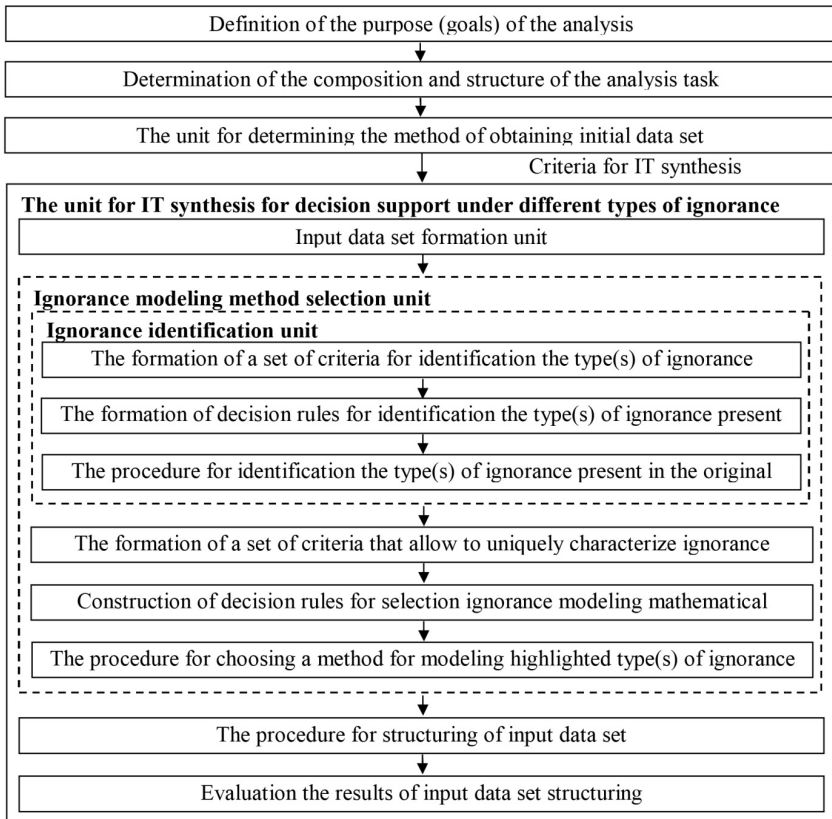


Figure 2. The procedure of IT synthesis for decision support under different types of ignorance

The most widespread are empirical methods of obtaining information, among which are the description, comparison, measurement, observation, experiment, analysis, etc. Examples of empirical data are research results, respondents' answers, expert estimates, observations, measurements, etc. One of the most common empirical methods is the expert judgment method. Distinguish between individual and collective expert assessments.

The information obtained can be both qualitative and quantitative in nature, and represents estimates in one of the four basic types of measurement scales (nominal, ordinal, interval, and ratio).

Numerical scales (ratio and interval) are used, for example, to measure the number of objects (alternatives, events, etc.), or show how many points the indicator of one object differs from the indicator of another object. The estimates obtained in such scales are ordinary natural numbers whose values lie in a certain interval.

A nominal scale consists of names, categories, names for classifying and sorting objects or observations by some criterion. In this scale numbers are used only as labels, i.e. just to distinguish between objects.

An ordinal scale (ordinal, rank, preference) is used to measure the ordering (ranking) of objects by one or a combination of signs. Rankings are formed using the ranks (numbers of the analyzed object in an ordered series). Numbers in the ordinal scale are used to establish order between objects using two types of relations: equivalence (\sim) and preference (\succ).

The choice of the method of obtaining the source information affects the structure of the source data.

Stage 4. Synthesis of IT for decision support under highlighted type(s) of ignorance.

The basis of the methodology for synthesis of IT for decision support is a model of the next form:

$$SIT = \langle V, PS, ITS, SGR, IP, R \rangle, \quad (7)$$

where V is the vector of input parameters (primary information); PS is the set of parameters (criteria) for generating the IT; ITS is the procedure for the IT synthesis; SGR is the system of rules for the generation of IT for decision support; IP are the information processes; R is the vector of result parameters.

The vector of input parameters includes a set of source data, parameters, conditions and restrictions necessary to solve the problem.

The IT synthesis procedure is a set of interconnected, sequential processes associated with obtaining and processing (analyzing) a variety of source and synthesized (during the analysis) data and knowledge, interpreting the results obtained under various kinds of ignorance, and used to solve the problem (tasks analysis).

The parameters (criteria) for synthesis of IT generation rules $PS = \{Par_i | i = 1, m\}$ can be conditionally divided into two categories: a set of input / initial / source (PS^V) and a set of intermediate (PS^P) parameters, so that $PS = PS^V \cup PS^P$. A PS^V set can be formed based on the values of the vector of input parameters V . These parameters include: the nature of the problem under consideration (individual, collective choice; single, multi-criteria etc.), the type of data structuring procedure (choice, ordering, grouping, etc.), the form of the initial data presentation (crisp, interval, fuzzy data), the data structure (ordering, conditional gradations, words, numbers, binary relations, etc.), the method of obtaining the initial information, the form for presenting the result, etc.), and follow directly from the subject (goals) of the research, the limitations and conditions put forward, the provisions of the scenario (regulation) of the examination, etc., i.e. known at the initial stage (before the examination).

Since IT is a process that uses a combination of means and methods of collecting, processing, visualizing and transmitting data to generate new information, some parameters of IT synthesis (PS^P) can be formed directly in the process of obtaining and processing the accumulated information. These parameters include: distinguished types of ignorance; used mathematical apparatus for modeling highlighted type(s) of ignorance, etc. Taking into account that IT is a complex of interconnected processes aimed at processing information, some of which are sequential, these parameters cannot be obtained at the initial stage, since they are synthesized (formulated) as these processes proceed.

For construction the IT generation rules, it can be used either one criterion Par_i or their combination $\wedge Par_i, i \leq m$. The IT generation rules can be represented as follows:

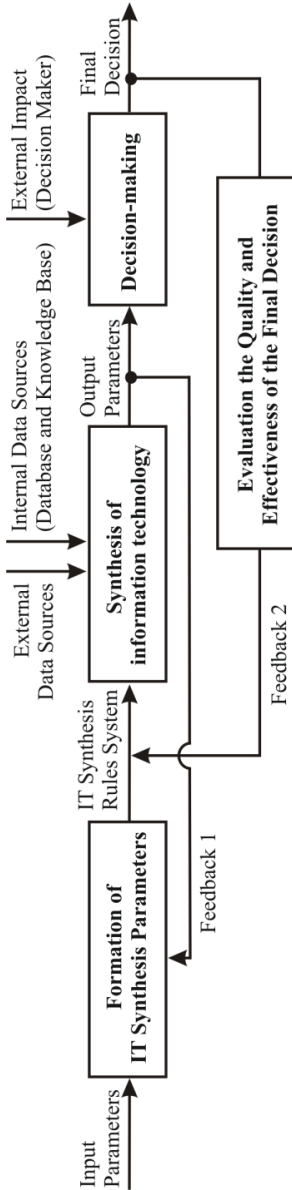


Figure 3. A generalized structural diagram of the synthesis of information technologies for decision support

– one criterion for IT synthesis is highlighted:

$$PIT_j : Par_i \rightarrow IT_j, \quad (8)$$

– a number of criteria are highlighted:

$$PIT_{j+1} : \wedge Par_i \rightarrow IT_{j+1}, \quad i \leq m, \quad (9)$$

It is used one or a combination of criteria (parameters) for IT synthesis as antecedent; as in the role of a consequent, the generated IT, taking into account the formed criteria, is used.

The vector of parameter-results is a set of output parameters of the system, determined by the content and specificity of a particular (solvable) task or problem, on the basis of which a management decision is synthesized. Figure 3 shows a generalized structural diagram of the synthesis of ITs for decision support.

In the IT synthesis parameters formation block a list of IT synthesis parameters PS^V is developed based on the received input data V . These parameters form the basis of the rules for generating IT at a preliminary stage. Then, already in the block for synthesis of IT, a set of parameters PS^P is produced, and the resulting IT synthesis rules are formed.

The following sequential tasks are solved in the IT synthesis block:

the formation of a set of initial data, the identification of the type of ignorance, the choice of the mathematical apparatus for ignorance modeling, the analysis of the obtained expert information, its visualization and preparation for decision-making. When the expert procedure is conducted from several rounds, the first three tasks are repeatedly performed.

The procedure of forming a set of source data largely depends on the selected method of obtaining source information. At this stage, the source data takes the form of numbers, rankings, paired comparisons, intervals, etc., depending on the selected measurement scale. Thus, the structure of the source data is formed. Input data can be obtained from both internal and external sources.

The choice of ignorance modeling methods depends on the structure of the source data and the types of ignorance that influenced the process of extracting information and forming a set of source data, or contained in the received information (data set). The result of the processes occurring in this block is structured information for decision-making, which meets the stated goals of the analysis. If for some reason the output parameters do not meet the requirements (feedback 1), then changes are made to the criteria for the IT synthesis. In the worst case, the procedure for generating a set of input data is repeated (in this case, the set PS' can be changed, for example, by changing the composition of the expert group, the form of presentation of the input data can be changed, etc.).

A final analysis of the structured expert information, an interpretation of the obtained results, and a final managerial decision are made in the next block. Next, quality and effectiveness assessment, control and adjustment of the decision are performed. In general, an assessment of the quality of a decision can be made at the stages of development, adoption and implementation of a decision. As an indicator of the quality of the decision made, for example, an indicator of the economic efficiency of its implementation can be used. The results can be stored in the knowledge base and displayed in the system of decision rules for the synthesis of IT (feedback 2).

The basic principles of the synthesis of IT are invariant to the type of problem being solved and the method for identifying and presenting initial information.

5. Construction of decision rules for selection ignorance modeling mathematical formalism

The procedure for choosing the ignorance modeling method in general terms can be represented by the tuple (2).

Let $MN = \{M_i \mid i = \overline{1, p}\}$ be a set of ignorance modeling methods, where $M_i \subset MN$ is a set of methods $M_i = \{m_j^{(i)} \mid j = \overline{1, p^*}\}$, ($p^* \leq p$), that allow to correctly process data under highlighted type(s) of ignorance nf_i . Each method $m_j^{(i)}$ is assigned a set of criteria $K_j = \{k_l^{(j)} \mid l = \overline{1, o^*}\}$ to uniquely characterize the capabilities and limitations of the method $m_j^{(i)}$ used for solving the analyzed problem T under highlighted type(s) of ignorance nf_i in initial data set $D = \{d_i \mid i = \overline{1, r}\}$. Thus, a matrix of characteristics of decision-making methods $KN = \{K_j \mid j = \overline{1, o}\}$, ($o^* \leq o$) is formed. Each row of such matrix represents the values of the characteristic properties (criteria) K_j for method $m_j^{(i)}$, each column contains labels of methods $m_j^{(i)}$, data at the intersection of corresponding row and column contains the values of criterion $k_l^{(j)} \in K_j$ for $\forall m_j^{(i)} \in M_i$. Based on the KN matrix values, a system of decision rules for selection ignorance modeling methods is generated.

The modeling method $m_j^{(i)} \in M_i$ is determined based on a given selection function such as

$$F = f(T, ST, K_p, s_q, nf_i), \quad (10)$$

where T is the data structuring task type; ST is data structure; K_j is a set of criteria for ignorance modeling method $m_j^{(i)} \in M_i$ selection under highlighted type(s) of ignorance nf_i , $K_j \subset KN$; s_q is a given data measurement scale $s_q \in SP$; nf_i is an identified (highlighted) type of ignorance.

Let $M_i = \{m_j^{(i)} \mid j = \overline{1, p^*}\}$, $M_i \subset MN$, be a set of modeling methods allowing one to correctly process a set of initial data under highlighted type of ignorance nf_i , and a set of criteria $K_j = \{k_l^{(j)} \mid l = \overline{1, o^*}\}$ allowing to characterize the modeling method $m_j^{(i)}$, $m_j^{(i)} \in M_i$. Then, for each $M_i \subset MN$, it can be constructed a set of decision rules $RP_i = \{Rm_j^{(i)} \mid j = \overline{1, p^*}\}$, $RP_i \subset SRM$, where $Rm_j^{(i)}$ is a decision rule (or set of rules) for selection the method $m_j^{(i)} \in M_i$ for processing data under highlighted type of ignorance nf_i .

The procedure for choosing the nf_i modeling method is carried out in three stages as follows. At the first stage, the set of analyzed (available) methods $MN \Rightarrow \{\{Gr_1\}, \{Gr_2\}, \dots, \{Gr_z\}\}$, ($Gr_z \subseteq MN$, $\{Gr_z\} = \{m_1, \dots, m_r\}$, $t \geq z \geq 1$), $t = |MN|$ are grouped for a number of features (criteria) $K^* \subset KN$

that characterize the initial parameters (data) of the problem under consideration.

Such criteria may include the type of solution required (choosing the best alternative, highlighting a group of (equivalent) alternatives, ordering alternatives, etc.); time limit for solving the problem under consideration; the structure of the source data (type of scale, nature of estimates); the structure of the set of alternatives (finite set, the possibility of the appearance of new alternatives during the problem solving process); type of selection procedure (single, multiple); the presence of selection criteria (non-criteria (selection based on binary relations, the use of selection functions) and criteria (single / multi-criteria) problems of structuring; the number of decision-makers / experts (individual, group choice).

Among the indicated set of criteria a set of basic (K_1^*) and a set of auxiliary (K_2^*) criteria can be distinguished, such as $K^* = K_1^* \cup K_2^*$.

On the basis of the mathematical apparatus of the theory of rough sets [22, p. 169], the initial analyzed set of methods can be divided, in accordance with a given attribute / criteria (for example, by the type of problem under consideration), into groups of methods used to solve the problem under consideration ($\forall k \in K_1^* : (\wedge k) \rightarrow Gr_2$), based on a set of basic characteristics K_1^* . Also a set of methods that can potentially be used to solve the problem under consideration, based on a set of auxiliary characteristics K_2^* , can be highlighted.

At this stage, it is possible to filter out a part of the methods unsuitable for solving the formulated problem under the imposed restrictions, based on the state-ment of the problem, the formulation of the analysis goal and the structure of the initial data. Further analysis is carried out among a group of methods that satisfy the given conditions and constraints.

At the second stage, a mask of values of characteristic properties (qualitative, quantitative criteria) of potential modeling methods is formed. The values of the obtained mask are used as threshold values in the resulting system of decision rules, forming a set of candidate methods that correctly operate with a set of source data $D = \{d_i \mid i = \overline{1, r}\}$. To avoid conflicts and reduce the dimension of the set of candidate methods, the priorities of the mask elements can be determined.

Based on the results of this stage, an *SRM* system of decision rules for choosing a modeling method is formed, which are entered into the system knowledge base in next form

$$Rm_j^{(i)} : \forall k_l^{(j)} \in K_j : (\wedge k_l^{(j)}, nf_i) \rightarrow m_j^{(i)}, \quad (11)$$

or

$$Rm_j^{(i)} : \exists k_l^{(j)} \in K_j : (k_l^{(j)}, nf_i) \rightarrow m_j^{(i)}, \quad (12)$$

or

$$Rm_j^{(i)} : \exists (k_l^{(j)}, k_c^{(j)}) \in K_j : (k_l^{(j)} \vee k_c^{(j)}, nf_i) \rightarrow m_j^{(i)}, \forall (l, c) < o^*, \quad (13)$$

where $m_j^{(i)} \in M_i$, $M_i \subseteq Gr_z$, $K_j \subseteq KN \setminus K^*$, $Rm_j^{(i)} \in SRM$.

At the third stage, the choice of the best method (group of alternative methods) is performed. If, according to the results of the second stage, more than one method was chosen, then at the third stage, a set of criteria of effectiveness and efficiency of the methods candidate are formed. These criteria include: reliability (the possibility of obtaining reliable and reproducible results); validity / adequacy (degree of conformity of the method to its intended purpose); sensitivity of the method, laboriousness (time and other resources); objectivity of the results; accessibility and ease of use; effectiveness of goal achievement; robustness, etc. The value of each criterion is expressed in numerical form, after which the problem of multi-criteria optimization is solved to select the optimal solution (method).

The obtained data are entered into the system knowledge base. Thus, a library of modeling methods for solving the most common decision-making tasks (problems) under different types of ignorance can be formed.

6. Example of choosing a method for solving the multi-criteria selection problem

In general terms, the statement of the problem of multi-criteria choice can be formulated as follows. Let a global goal, a set of acceptable objects (alternatives) $A = \{a_i | i = \overline{1, n}\}$ and a vector $f = (f_1, f_2, \dots, f_m)$, whose elements are numerical functions (criteria) that characterize the main parameters of a given set of objects A , are given. The value $\overline{F}(a) = \{f_j(a) | j = \overline{1, m}\}$ of the vector criterion f for a certain $a \in A$ is a vector objective function (vector estimate) of a possible solution a . The problem boils down to finding such solution $a^* \in A$ when $\overline{F}(a^*) \rightarrow \text{extr.}$

In some cases, the best (optimal) alternative is such a^* , which provides the maximum value of the function $\overline{F}(a^*)$, i.e. $a^* = \arg \{ \max \overline{F}(a_i) \}$, $a^* \in A$.

Suppose that the problem of multi-criteria choice to be solved is characterized by the following initial conditions, Table 1.

Table 1

A set of initial conditions

Name	Value
type of solution required	choosing the best alternative, highlighting a group of (equivalent) alternatives
type of selection procedure	single
the presence of selection criteria	multi-criteria decision-making problem
the number of decision-makers / experts	1
structure of the source data	hierarchy
the way in which expert judgments might be obtained	binary relations

To solve this problem, the following methods can be applied: the analytic hierarchy process (AHP) [18, p. 73], the analytical procedure for structuring a set of alternatives [10, p. 82–84], the criterial method of the analytic stochastic procedure [11, p. 81–82].

Then the next additional restrictions are imposed, Table 2.

Table 2

An additional restrictions

Name	Value
the structure of a set of alternatives	finite set
the form of presentation of expert judgments	no restrictions

To solve this problem, various modifications of the AHP technique can be used [2, p. 151; 6–8; 21, p. 746].

Let $M_{AHP} = \{m_j^{AHP} \mid j = 1, r\}$ be a set of modifications of the AHP technique, and $K_{AHP} = \{k_i^{AHP} \mid i = 1, z\}$ be a basic set of criteria that allow to unambiguously characterize each of the considered method m_j . To select a modification of the AHP technique, the following criteria can be used [13, p. 48–52]: a type of hierarchy (k_1^{AHP}), which determines the nature of

the relationship between the criteria and alternatives; a method of forming pairwise comparison matrices (PCM), k_2^{AHP} ; a method of obtaining an eigenvector (k_3^{AHP}); a method of synthesis of the final solution (k_4^{AHP}).

Based on the data obtained, it is possible to create a matrix of criteria KN_{AHP} for modifications of the AHP technique selection modifications.

Thus, the problem of choosing the AHP technique modifications can be divided into three subproblems: the choice of the method of forming pairwise comparison matrices, the choice of the method of obtaining an eigenvector, the choice of the method of synthesis of the final solution. Let us consider each of them sequentially:

1. Choice of the PCM formation method.

Let a set of methods for the PCM formation $M_{mps} = \{m_j^{mps} \mid j = \overline{1, q}\}$, and a basic set of criteria $K_{mps} = \{k_i^{mps} \mid i = \overline{1, t}\}$ that allow to uniquely characterize each of the considered method m_j are given. Let us formulate a set of criteria that allow to characterize various ways of PCM forming: a restriction on the number of elements at each level of the hierarchy (k_1^{mps}); a mutual exclusion of objects (k_2^{mps}); a mutual exhaustibility of objects (k_3^{mps}); the presence of identical objects in one or more of the analyzed properties (k_4^{mps}); the ability to present objects at time intervals (k_5^{mps}); a form of expert judgments presentation (k_6^{mps}); the ability to highlight groups of alternatives (k_7^{mps}); a prerequisite for evaluating all analyzed objects (k_8^{mps}). A number of PCM formation methods has been discussed in [2, p. 155; 6–8; 18, pp. 18–19; 21].

Thus, it is possible to create a matrix of criteria KN_{mps} for choosing the PCM formation methods. Table 3 shows the incomplete KN_{mps} matrix for crisp expert judgments.

2. Choice of methods for obtaining an eigenvector.

Let a set of methods for obtaining an eigenvector $M_{vp} = \{m_j^{vp} \mid j = \overline{1, l}\}$, and a basic set of criteria $K_{vp} = \{k_i^{vp} \mid i = \overline{1, p}\}$ that allow to uniquely characterize each of the considered method m_j are given.

Let us single out a number of criteria that allow to characterize various ways of obtaining the eigenvector: a restriction on the number of elements at each level of the hierarchy (k_1^{vp}); the PCM formation method (k_2^{vp}); a degree of consistency of the PCM (k_3^{vp}); the complexity of the method (resources expended), k_4^{vp} ; method sensitivity (k_5^{vp}); a prerequisite for the

Table 3

The value of the selection criteria for the method of PCM construction based on crisp expert judgments

A set of criteria for the method of PCM construction								The method of PCM construction
k_1^{mps}	k_2^{mps}	k_3^{mps}	k_4^{mps}	k_5^{mps}	k_6^{mps}	k_7^{mps}	k_8^{mps}	
7–9	+	+	–	–	crisp	–	+	Saaty method
7–9	+	+	+	–	crisp	–	+	Method of copying
No limit	+	+	–	+*	crisp	–	+	Method for comparing objects with respect to standards
No limit	+	+	+	–	crisp	+	–	– DS/AHP knowledge matrix
No limit	–	+	+	–	crisp	+	–	– DSmT/AHP knowledge matrix

*it is not possible to compare objects in pairs

absence of zero values of weights (k_6^{vp}) [2, p. 155; 6–8; 13, 21] discussed a number of methods for obtaining an eigenvector.

3. Choice of method of synthesis of the final solution.

Consider two main methods of aggregation (synthesis of the final solution): a convolution method [15, p. 75; 16] and an evidence combination rules [5; 19, pp. 15–26; 20, pp. 5–10; 20, p. 16–18].

The choice of a method of convolution of criteria is carried out on the basis of the available information about the problem under consideration and/or based on simplicity of solving the resulting scalar problem [14, p. 3–8]. In [14, p. 3–8], the conditions of applicability of different scalarization methods for solving multi-criteria selection problems are considered. The choice of rules for combining evidence depends on: the analysis model (Dempster model, Dezert-Smarandache model), the nature of the analyzed data (information about conflicts and consensus; the degree of interaction and structure of expert evidence, etc.); structure of a set of alternatives.

Let a set of methods of synthesis of the final solution $M_{sr} = \{m_j^{sr} | j = 1, s\}$, and a basic set of criteria $K_{sr} = \{k_i^{sr} | i = 1, g\}$ that allow to uniquely characterize each of the considered method m_j are given.

Let us single out a number of criteria that allow to characterize various methods of synthesis of the final solution: a form of expert judgments presentation (k_1^{sr}); a PCM formation method (k_2^{sr}); a degree of con-

sistency of the PCM (k_3^{sr}); a result presenting form (k_4^{sr}); a structure of initial data (agreed, arbitrary compatible and other expert evidence), k_5^{sr} ; local conflict information (k_6^{sr}); the use of additional coefficients (k_7^{sr}), for example, the optimism coefficient in the transition from the interval scale to crisp estimates.

Formation of decision rules for choosing a modification of the AHP method. According to Table 1, as an example the follow system of decision rules for choosing the method of PCM construction could be generated:

1. ($k_1^{mps} = „7-9”$) \wedge ($k_2^{mps} = „+”$) \wedge ($k_3^{mps} = „+”$) \wedge ($k_4^{mps} = „-”$) \wedge ($k_5^{mps} = „-”$) \wedge ($k_6^{mps} = „crisp”$) \wedge ($k_7^{mps} = „-”$) \wedge ($k_8^{mps} = „+”$) \rightarrow „Saaty’s method”.

2. ($k_1^{mps} = „-”$) \wedge ($k_2^{mps} = „+”$) \wedge ($k_3^{mps} = „+”$) \wedge ($k_4^{mps} = „+”$) \wedge ($k_5^{mps} = „-”$) \wedge ($k_6^{mps} = „crisp”$) \wedge ($k_7^{mps} = „+”$) \wedge ($k_8^{mps} = „-”$) \rightarrow „DS/AHP knowledge matrix”.

3. ($k_1^{mps} = „-”$) \wedge ($k_2^{mps} = „-”$) \wedge ($k_3^{mps} = „+”$) \wedge ($k_4^{mps} = „+”$) \wedge ($k_5^{mps} = „-”$) \wedge ($k_6^{mps} = „crisp”$) \wedge ($k_7^{mps} = „+”$) \wedge ($k_8^{mps} = „-”$) \rightarrow „DSmT/AHP knowledge matrix”.

Let us consider an example of construction the decision rules for choosing a modification of the AHP method.

None type of ignorance have been identified in initial data set:

1. ($k_1^{AHP} = „type A”$) \wedge ($k_2^{AHP} = „Saaty’s method”$) \wedge ($k_3^{AHP} = „linear convolution of criteria”$) \wedge ($k_4^{AHP} = „geometric mean method”$) \rightarrow „AHP by Saaty”.

2. ($k_1^{AHP} = „type B”$) \wedge ($k_2^{AHP} = „DS/AHP knowledge matrix”$) \wedge ($k_3^{AHP} = „Beynon’s method”$) (= „Dempster’s rule of combination”) \rightarrow „DS/AHP”.

A fuzziness has been identified in initial data set [6; 8, p. 50]:

3. (= „type A”) (= „modified AHP (triangular fuzzy numbers)”) (= „Chang’s method”) (= „linear convolution of criteria”) \rightarrow „Chang’s fuzzy AHP”.

The additional coefficients have been used [6, pp. 63-65]:

4. (= „type A”) (= „modified AHP (triangular fuzzy numbers)”) = „-”) (= „calculation of entropy coefficients of a weighted fuzzy matrix”) \rightarrow „Chang’s entropy method”.

High level of conflict of expert evidence (lack of consistency) [2, p. 155; 7, p. 3]:

5. (= „type B”) (= „AHP knowledge matrix”) (= „Beynon’s method”) (= „proportional conflict redistribution rule”) → „DS/AHP”.

6. (= „type B”) (= „AHP knowledge matrix”) (= „Dezert-Smarandache method”) (= „proportional conflict redistribution rule”) → „DSmT/AHP”.

An acceptable level of consistency, but an additional condition is imposed [19, p. 26; 20, p. 10], Table 4.

Table 4

An added restrictions

Name	Value
the structure of a set of alternatives	the power of a set of alternatives can be changed
during the analysis	

7. (= „type B”) (= „AHP knowledge matrix”) (= „Beynon’s method”) (= „Smets’s rule of combination”) → „DS/AHP”.

The following notation has been used: DS/AHP is the Dempster Shafer-Analytical Hierarchy Process [2, p. 155]; DSmT/AHP is the Dezert-Smarandache-Analytical Hierarchy Process [7, p. 3]. Type A includes hierarchies in which each criterion is associated with all available alternatives. Type B includes hierarchies in which each criterion may not be associated with all available alternatives.

7. Conclusions

A procedure for the selection of ignorance modeling methods has been proposed. This approach allows to generate a system of decision rules for an informed choice of the mathematical formalism of modeling various types of ignorance that affect the processes of obtaining information and analyzing a set of source data. The IT generation rule is an algorithm for solving the stated analysis problem based on the mathematical apparatus used, taking into account the specifics of the source data. It is proposed to use data structuring task type, data structure, highlighted type(s) of ignorance, mathematical formalism of modeling highlighted type(s) of ignorance, form for presenting the result, etc., as parameters (criteria) for construction of IT generation rules.

The concept of the normative theory of the synthesis of information technologies focused on the intellectual support of decision making

processes has been proposed. The basic principles of the synthesis of information technologies are invariant to the type of problem being solved and the method for identifying and presenting initial information. A set of rules and formalized mathematical models of the process of synthesis of information technologies for decision support under various types of ignorance has been developed.

The basis of the proposed concept is the integration of four basic components (a set of initial data and knowledge (system of knowledge); a complex of kinds of ignorance affecting the processes of obtaining, processing, analyzing initial data and knowledge, synthesis and interpretation of the final solution; a range of tasks analysis; a range of methods of ignorance modeling) and the accounting of system-forming links between them, with the aim of organizing support of decision making processes and generation of effective optimal decisions synthesized under ignorance of the various nature.

References:

1. Bammer G., Smithson M., Perez P. (2008) The nature of uncertainty. *Uncertainty and risk: Multidisciplinary perspectives*. London: Earthscan, pp. 289–304.
2. Beynon M. J. (2002) DS/AHP method: A mathematical analysis, including an understanding of uncertainty. *European Journal of Operational Research*, vol. 140, pp. 148–164. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00230-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00230-2)
3. Bosc P., Prade H. (1997) An introduction to the fuzzy set and possibility theory-based treatment of flexible queries and uncertain or imprecise databases. *Uncertainty in Information Systems: From Needs to Solutions*. Boston: Kluwer, pp. 285–324. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6245-0_10
4. Compte O., Postlewaite A. (2018) Ignorance and Uncertainty. *Ignorance and Uncertainty (Econometric Society Monographs)*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 15–24. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108379991.004>
5. Yager R. Y., Liu L. (eds.) (2008) Classic works of the Dempster-Shafer theory of belief functions. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*. Vol. 219. Berlin, Heidelberg: Springer, 806 p.
6. Dermirel T., Demirel N. C., Kahraman C. (2008) Fuzzy analytic hierarchy process and its application. *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments*. Vol. 16. New York: Springer, pp. 53–84.
7. Dezert J., Tacnet J. M., Batton-Hubert M., Smarandache F. (2010) Multi-criteria decision making based on DS_mT-AHP. Proceedings of the *Theory of Belief Functions (France, Brest, April 1–2, 2010)*, Brest: Theory of Belief Functions, 8 p.
8. Dopazo E., Lui K., Chouinard S., Guisse J. (2014) A parametric model for determining consensus priority vectors from fuzzy comparison matrices. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 246, pp. 49–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fss.2013.07.022>

9. Kovalenko I., Davydenko Ye., Shved A., Antipova K. (2019) Methodology for the synthesis of information technologies for ignorance modeling: the key concepts. Proceedings of the *1st International Workshop «Information-Communication Technologies & Embedded Systems» (Ukraine, Mykolaiv, November 14–15, 2019)*, Mykolaiv: Information-Communication Technologies & Embedded Systems, 8 p.
10. Kuznichenko V. M. (2010) Analiticheskaya protsedura strukturirovaniya mnozhestva al'ternativ i kriteriev [Analytical procedure for structuring a set of alternatives and criteria]. *Bulletin of the National Technical University 'Kharkiv Polytechnic Institute'*, vol. 59, pp. 81–87. (in Ukrainian)
11. Lapshyn V. I., Kuznichenko V. M., Stecenko T. V. (2013) Kryterialnyj metod analitychnoji stokhastychnoji procedury pidtrymky pryjnattja rishenij [Criteria method of analytical stochastic decision support procedure]. *Business Inform*, vol. 7, pp. 80–84. (in Ukrainian)
12. Larichev O. I. (2003) Teoriya i metody prinyatiya resheniy [Decision theory and methods]. Moscow: Logos. (in Russian)
13. Mironova N. A. (2011) Integratsiya modifikatsiy metoda analiza ierarkhii dlya sistem podderzhki prinyatiya gruppovykh resheniy [Integration of modifications of the hierarchy analysis method for group decision support systems]. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, vol. 2, pp. 47–54. (in Russian)
14. Nogin V. D. (2004) Granitsy primenimosti rasprostranennykh metodov skalyarizatsii pri reshenii zadach mnogokriterial'nogo vybora [The limits of applicability of common scalarization methods for solving multicriteria choice problems]. *Metody vozmushcheniy v gomologicheskoy algebre i dinamika sistem* [Methods of disturbance in homological algebra and systems dynamics], pp. 59–68. (in Russian)
15. Nogin V. D. (2014) Lineynaya svertka kriteriev v mnogokriterial'noy optimizatsii [Linear convolution of criteria in multicriteria optimization]. *Artificial Intelligence and Decision Making*, vol. 4, pp. 73–82. (in Russian)
16. Novikova N. M., Pospelova I. I., Zenyukov A. I. (2017) Method of convolution in multicriteria problems with uncertainty. *Journal of Computer and System Sciences International*, vol. 56, pp. 774–795. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064230717050082>
17. Parsons S. (2001) Qualitative methods for reasoning under uncertainty. Cambridge: MIT Press.
18. Saaty T. (1980) The Analytic Hierarchy Process: panning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw Hill.
19. Sentz K., Ferson S. (2002) Combination of evidence in Dempster-Shafer theory: tech. report SAND 2002-0835. Albuquerque: Sandia National Laboratories. 94 p.
20. Smarandache F., Dezert J. (2004) Advances and applications of DS_mT for information fusion. *Collected works*. Rehoboth: American Research Press, vol. 1.
21. Sugihara K., Ishii H., Tanaka H. (2004) Interval priorities in AHP by interval regression analysis. *European Journal of Operational Research*, vol. 158, no. 3, pp. 745–754. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00418-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00418-1)

22. Uzga-Rebrovs O. (2009) Knowledge representing features in rough sets. Proceedings of the *7th International Scientific and Practical Conference "Environment. Technology. Resources"* (Latvia, Rezekne, June 25-27, 2009), Rezekne: International Scientific and Practical Conference "Environment. Technology. Resources, pp. 169–175.

23. Valaskova K., Kliestik T., Misankova M. (2014) The role of fuzzy logic in decision making process. Proceedings of the *2nd International Conference on Management Innovation and Business Innovation (Thailand, Bangkok, December 8-9, 2014)*, Bangkok: International Conference on Management Innovation and Business Innovation, 6 p. DOI: <https://doi.org/10.5729/lnms.vol44.143>

SECONDARY PRODUCTS OF TOMATO PROCESSING IN THE TECHNOLOGIES OF FOOD PRODUCTS

Olha Dushchak (Benderska)¹

Tetiana Levkivska²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-33>

Abstract. The chapter is devoted scientific substantiation by use secondary tomato resources. The theoretical and practical aspects by use tomatoes technical maturity and seeds in the justification for abstract improved technology tomato raw include specifications and technological properties. Propose use recycling tomatoes for food semi-processed food, namely, the tomato seeds. The features chemical composition of tomato seeds are established. The use of secondary raw materials formed in the production of tomato products as a source of biologically active substances with their subsequent use in food technology is proposed. The results of theoretical and experimental studies of the biological value of tomato seeds. It has been found that tomato seeds have a high nutritional and biological value due to the high concentration of proteins, lipids, and carbohydrates. Accordingly, this value complies with modern recommendations on healthy diet for the population. Also, tomato seeds are rich in polyunsaturated fatty acids, phospholipids, macro- and micronutrient elements, vitamin E, and fiber. However, its nutritional value is substantially reduced by natural biologically active anti-alimentary substances, namely proteinase inhibitors. A first experimental is antinutrients tomato seeds. A number of trypsin inhibitors of tomato seeds use micronating processing, a significant reduction has been achieved. The use of hydrothermal and micronization treatment of tomato seeds to reduce the activity of trypsin inhibitors is proposed. Hydrothermal treatment for 40 min at a water temperature of 90..100°C reduced trypsin inhibitory activity by 1..3% from baseline. Thus,

¹ Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor at Department of Technology of Canning,
National University of Food Technologies, Ukraine

² Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor at Department of Technology of Canning,
National University of Food Technologies, Ukraine

when you stand micronating processing maturity during 60 s reducing trypsin inhibitors is about 34 % and for biological maturity is 28.8%. It was found that technology tomato seeds processing allows to obtain a biologically valuable product, which is mainly represented by lipid up to 40%, as well as significant content of protein substances, carbohydrates and fibre. The purpose of this paper is the study of chemical composition and biological value of secondary tomato resources, namely tomato seeds, as well as researching the possibility of its application in food technology. It is also concerned with determination of quantitative and qualitative composition of anti-nutrients of tomato seeds and selection of ways to decrease the activity of anti-nutrients of tomato seeds.

1. Introduction

The nutrition structure of Ukrainian population today does not correspond to modern principles of rational diet and practical dietary science. Consumption of fresh fruits and vegetables in Ukraine is twice lower than the recommended dietary norm and is usually seasonal by its nature. People's diet includes a lot of bakery products and potatoes, however few main sources of complete dietary protein, fiber, micronutrients are present (Benderska, et al., 2018).

The results of studies on the actual state of nutrition of Ukrainian population in different regions indicate that the nutrition structure and nutritional status of both children and adults are characterized by serious violations. Among them is the deficiency of complete proteins; polyunsaturated fatty acids; C, E, group B vitamins, folic acid, retinol, β -carotene; macro- and microelements, namely Ca, Fe, Zn, F, Se, I and others; dietary fiber. Conversely, there is an excessive consumption of animal fats and easily digestible carbohydrates.

According to the balanced nutrition theory, fresh and processed fruits and vegetables, which are the main source of vitamins, minerals, dietary fiber, etc. make the third part of the daily diet of a healthy person. Today, the needs of Ukrainian population in vegetables and fruits are met only by 35... 45% of the recommended consumption rate (50... 53 vs. 110... 120 kg/year per person) (Mizrahi, 2010).

The analysis of existing data allows us to assert the urgency of improving existing technologies for processing fruits and vegetables and finding ways

to solve the problem of insufficient consumption of fruits and vegetables by Ukrainians as the main source of bioavailable nutrients that have general strengthening and immunomodulatory functions.

Food industry is one of the most developed branches of material production in Ukraine and at the same time it is one of the largest sources of waste generation. Volume of some waste is quite significant. Thus, waste in the fruit and vegetable and canning industries makes 0.5... 0.9 million tons per year (apple, berry and vegetable pomace), adding 0.1... 0.12 million tons per year (fruit kernels, nut shells).

Among the factors that actively influence the efficiency of the economy, the use of secondary raw materials is of great importance. Involvement in the economic circulation of secondary raw materials frees up scarce types of primary raw materials and products, increases material resources in the national economy. Savings are growing through the development and implementation of waste-free, low-waste and resource-saving technologies. Reuse of secondary raw materials will increase the output of products needed by the national economy. However, the pace and scale of production from raw materials are insufficient. Rapid expansion of recycling is hampered mainly by technical obstacles, lack of developed technologies and appropriate equipment, as well as by lack of information on the possibility of using secondary raw materials in various sectors of the economy, including canning.

Non-traditional types of plant raw materials, provided they are comprehensively processed, can become promising sources of biologically active lipids, proteins and trace elements. Non-traditional types of vegetable raw materials include secondary products of tomato processing, namely tomato pomace and seeds, which contain valuable substances, such as proteins, lipids, fat and water-soluble vitamins, micro- and macronutrients, however, today they are only partially used to obtain dyes and tomato oil. The remaining secondary products are disposed of or used for animal feed purposes.

By-products of interest for further research include wastes generated during the production of concentrated tomato products. These include seeds, which are separated on seed separators, and waste obtained after processing and pressing of used waste from pulping machine. This waste is up to 6.5%.

The composition of tomato waste includes (% of raw materials): pulp – up to 4.9, skin – 0.6; vascular fibers, peduncles, crushed seeds and

skin – 0.4. Tomato seeds (air-dried) contain 27... 30% of fat, 25... 35% of nitrogen and 11... 18% of nitrogen-free extractives, 2.5... 5.8% of minerals and 12... 25% of cellulose. Tomato skin contains up to 10% of moisture, about 70% of cellulose, 5% of pectin, 5.4% of protein, 3.3% of fat, 6.5% of ash and 2.5 mg / 100 g of carotene.

Existing technologies for processing tomato raw materials are inefficient, characterized by being multistage, requiring high consumption of various types of extraction agents and, as a consequence, the loss of carotenoids and tocopherols (Goddard, 1996; Bertin, et al., 2018).

To solve the problem of complex processing of tomatoes using secondary tomato resources, it is necessary to search for new theoretically and experimentally sound ideas about the processes occurring in tomatoes processing.

While studying the mineral composition, it was found that tomato seeds are a rich source of minerals, especially potassium, calcium, magnesium, iron and phosphorus (Tomato propagation, 1990). The mineral composition has a more favorable ratio of calcium and phosphorus (1:2.3) compared to, for example, soy (1:3.1), which improves the absorption of calcium and phosphorus (Stahl, et al., 1993).

17 amino acids have been identified in tomato seed proteins, including 33% of essential amino acids and 7.11...7.43% of lysine, which proves the high nutritional value of tomato seeds (Shutyuk, et al., 2016; Lucille et al., 2002).

According to M.D. Dacherman, the oil yield when pressing tomato seeds makes 17... 19%, during the extraction of gasoline – 26%, ether – 25%. The Ukrainian Institute of Nutrition researched tomato oil and found it suitable for eating and frying vegetables and potatoes. Digestibility of tomato oil is 97%. It contains 80% of unsaturated biologically active fatty acids (34... 53% of linoleic, 25... 38% of oleic, up to 2.5% of linolenic), 15...18% of saturated acids (9.5... 12.5% of palmitic, 4.9 ... 6% of stearic, 1% of myristic, 0.4...1.3% of arachin), 0.9% of phosphatides, 0.06... 0.07% of carotenoids and 0.180... 0.190% of tocopherols (Jabbari, et al., 2018).

The value of the components included in tomato seeds (protein, oil with a high content of polyunsaturated fatty acids, vitamins, minerals) allows us to consider tomato seeds as an additive for food enrichment.

It was found that the addition of up to 4% of tomato oil, which has anti-oxidant properties, gives better results than the addition of other

antioxidants (James, 1998). It has also been found that tomato oil is more suitable for stabilizing β -carotene concentrate than vitamin E concentrate used for this purpose.

When tomatoes are processed into juices and concentrated tomato products, the canning industry accumulates a significant amount of tomato waste, including seeds and skin with pulp residues (Tomato handling and processing, 2000).

The yield of tomato pomace averages 30% by weight of tomatoes, the yield of dry seeds is 0.4% by weight of tomatoes, raw seeds – 1.2%. Dried tomato seeds are used for oil production. This accounts for about 3% of the seeds, the rest is burned, used as fertilizer, at best used for animal feed, although tomato pomace contains valuable ingredients (O'Brien, 2003; Ördög, et al., 2011).

The analysis of the enterprises work shows that an additional operation of separating the seeds from the tomato skin is provided in the process of obtaining tomato seeds (Stahl, et al., 1993). At the same time, there is evidence of a high content of biologically valuable substances in the tomato skin, such as carotenoids.

Tomato seeds are prepared and dried at many canneries according to different schemes. The most rational line is the one with preliminary selection of pulp: waste from seed separators and pulping machines is transported by horizontal belt scraper conveyors in a mechanical screw press. Here 1.5-2.5% of pulp is squeezed to the weight of raw material and 40-54% to the weight of waste, waste moisture is reduced by 14-23% (Hernandez, et al., 2007).

Separated from the pulp, the waste from the press is fed into another collection tank, where 5 times the amount of water is added. The mixture (seeds and skin) and the remains of the pulp with water are pumped for washing – separation of seeds and skin. Separation of seeds from the pomace is based on the difference between the density of seeds of the flesh and skin of the tomato fruit, i.e. the seeds sink in water, and the flesh and skin emerge. The seeds are mechanically squeezed and dried in dryers (Goddard, 1996).

When washing the moisture content of the seeds increases to 73-75%. Before drying, they are partially dehydrated in centrifuges (Bertin, et al., 2018).

At mechanical squeezing and centrifugation of tomato seeds only free moisture (surface and capillary) is removed and humidity makes to 55-64% and at centrifugation to 33-42%. Bound moisture is removed only by thermal drying.

It is known that tomato pomace contains 3.1% of pectin dry matter: cellulose 12.7%, hemicellulose 6.9%. These compounds, which belong to the group of dietary fibers, have a therapeutic and prophylactic effect, normalize metabolism and the work of the gastrointestinal tract (Benderska, et al., 2018).

In addition, tomato pomace is a source of biologically active lipids, namely polyunsaturated fatty acids, carotenoids and tocopherols, which have a positive effect on fat metabolism and other important body functions.

The biological value of tomato pomace is enhanced by the content of β -carotene, which has high biological activity (James, 1998). The biological role of β -carotene as a precursor of vitamin A, its participation in the formation of chromophores of visual pigments and retina is also well known.

Tomato waste, dried to a final humidity of 8 ... 14%, is used in the production of dry feed mixtures. Although it is possible to dry mixed tomato waste, studies have shown that separate drying is more cost-effective. When drying the seeds, pure raw materials are formed for oil production, when drying skin and coarse parts of the pulp, a dry residue containing carotene, used as a component for feed mixtures, is created.

There is a tendency in the world to produce dry tomato waste. This is due to the easy transportation and storage, as well as the rich chemical composition of dry products from tomato production waste.

Tomato seeds, separated from the skin, are used in the oil and fat industry. Tomato seed oil is in great demand in the perfume and cosmetics industry.

Tomato oil is rich in tocopherol, it is added to creams and various cosmetics. The high content of unsaturated fatty acids in tomato oil, and especially linoleic, allows it to be classified as a high-value edible oil. Tomato oil is considered to be one of the best edible oils when added to salads, pastries, etc. It is 97% absorbed by the body, and its properties are close to soybean oil. It has antioxidant properties, retains good taste and physicochemical properties.

Ground tomato seeds are also used in baking. Adding them to flour increases the degree of bread freshness (Stewart, et al., 2000). The United States has developed a method of using tomato seeds for the production of

dried tomatoes in powder; dry and ground tomato seeds are added to dry tomato puree. The presence of tomato seed flour keeps the finished tomato powder from clumping (Schindler, et al., 2005).

Vegetable protein is acquired from tomato seeds and oil cakes. The amino acid composition of tomato seed proteins is similar to soybean proteins. Protein is contained in the range of 28.4-31.0%, lipids are about 37.5%, lysine makes 5-6%. Tomato seed proteins are poor in methionine and cystine.

Tomato seed oil contains important nutrients. The content of linoleic acid is 53.1-55.5%, oleic – 20.8-23.5%, the ratio of unsaturated fatty acids is 3.8 (Benderska, et al., 2018; Navarro-González et al., 2018; Raffaele, 2010).

Vegetable protein is used in the diet mainly in the form of supplements that increase the nutritional value of food. It is used for the production of pâtés, soups, smoked meats, sausages, meat and vegetable mixes, various vegetable and meat and vegetable pastes, fillings and minced meat (particularly for dishes made of tomatoes, eggplant, zucchini, stuffed cabbage), as part of bakery products.

Wastes from fruit and vegetable processing can be used to obtain dyes based on carotenes, anthocyanins, chlorophyll. Production methods are based on extraction and subsequent distillation. Thus, the use of integrated approaches to the processing of fruit and vegetables is becoming widespread in the world. Secondary products of tomato processing are characterized by high nutritional and biological value, due to the presence in their composition of a significant proportion of complete dietary protein, fats, vitamins and dietary fiber. The practice of using secondary raw materials has not become widespread at Ukrainian enterprises, which causes significant losses of BAS during the manufacture of canned products. Therefore, it is proposed to study the value of secondary products of tomato processing and offer rational approaches to their processing for creating food products with high nutritional and biological value indicators.

2. Improvement of tomato seeds processing regimes

In order to effectively use raw materials and obtain a product with high quality indicators, the task is to study the physical and chemical and biochemical composition of secondary products of processing tomato raw materials, namely tomato seeds.

Tomatoes of the most cultivated varieties in the central region of Ukraine and secondary products of tomato processing, namely tomato seeds formed after receiving tomato products, were used for research. The chemical composition of tomato seeds of technical and biological maturity was studied separately and its comparative analysis was performed. The average chemical composition (2015–2017 harvest) of tomato seeds (Table 1).

Table 1

Chemical composition of tomato seeds, % dry matter

Indicator	Tomato seeds of technical ripeness	Tomato seeds of biological ripeness
proteins	38.07±0.5	36.26±0.5
lipids	36.44±0.2	38.30±0.2
carbohydrates	21.83±1	20.14±1
including fiber	16.92±0.5	17.52±0.5
minerals	3.35±0.5	3.28±0.5
carotenoids	0.18±0.05	0.19±0.05

The analysis of the obtained data showed that tomato seeds have a high nutritional and biological value, which occurs due to the content of proteins, lipids, carbohydrates, and is close to modern recommendations for creating healthy diets (Mizrahi, 2010).

At the same time, seeds of technical stage of ripeness differ from biologically mature seeds by higher protein content – by 1.81% and carbohydrates – by 1.21%, which can be explained by the processes of redistribution and synthesis of organic compounds that occur during the maturation of plant raw materials. However, it should be borne in mind that in the process of achieving biological maturity of tomatoes, the content of nitrogenous substances, organic acids and reducing sugars increases (Navarro-González, et al., 2018).

2.1 Study of the protein content of tomato seeds

It is known that tomato seeds have a high content of nitrogenous substances, however, it should be noted that the literature does not provide data on their qualitative and quantitative composition.

To confirm the existing literature data on the transformation of organic compounds at different stages of ripeness, it is proposed to study the chemical composition of tomato seeds in more detail.

Changes in the fractional composition of tomato seed protein substances were studied based on their solubility (Table 2).

Table 2

Fractional composition of tomato seeds protein

Faction name	Content, % to total protein	
	Tomato seeds of technical ripeness	Tomato seeds of biological ripeness
Albumins	20.29±0.2	19.20±0.2
Globulins	39.46±0.2	36.96±0.2
Glutelins	15.68±0.2	18.44±0.2
Prolamines	12.21±0.2	11.88±0.2
Insoluble fraction	12.36±0.2	15.52±0.2

Analysis of experimental data shows that the main components of the protein complex of tomato seeds are albumins and globulins, which due to their physicochemical properties are highly digestible (Sasivimon, et al., 2002). Their content in tomato seeds of technical ripeness is higher by 3.59% than in seeds of biological ripeness.

The obtained data indicate a decrease in the amount of globulin fraction by 3.5% and prolamine fraction by 0.33% in the process of achieving biological ripeness of tomatoes. At the same time there is an increase in the amount of gluten by 2.76%. This redistribution of the fractional composition of proteins can be explained by the accumulation of low molecular weight fractions of nitrogenous compounds, which may occur due to the formation of amine nitrogen and is characteristic of the maturation of plant materials, which is manifested in an increase in the cleavage products by 3.16% and is confirmed by the data for the determination of amine nitrogen (Table 3).

Table 3

Content of amine nitrogen in samples of tomato seeds

	Tomato seeds of technical ripeness	Tomato seeds of biological ripeness
Amino nitrogen mg/100 g	27.8±0.1	24.5±0.1

It is established that tomato seeds of biological ripeness are characterized by some redistribution of protein substances according to their solubility and digestibility and transition to free amino acids.

Based on this, the amino acid composition of tomato seeds of technical and biological ripeness was studied (Table 4).

Table 4

Amino acid content, % to total protein

Amino acid	Tomato seeds of technical ripeness	Tomato seeds of biological ripeness
Valine	3.7	4.8
Isoleucine	3.4	5.3
Leucine	7.0	7.2
Lysine	7.6	6.1
Methionine	1.5	1.4
Threonine	3.9	3.7
Tryptophan	1.4	1.8
Phenylalanine	4.1	4.5
Arginine	9.2	8.5
Alanine	4.9	6.1
Aspartic acid	10.1	10.2
Histidine	2.4	5.4
Glycine	5.5	4.2
Glutamic acid	19.6	16.5
Proline	4.4	5.2
Serine	5.5	4.8
Tyrosine	4.8	2.7
Cysteine	2.3	1.5

Identification of the amino acid composition of tomato seeds of technical and biological ripeness showed that the total number of amino acids during tomato ripening increases by 10.65%, which is due to the plastic processes that take place in tomato tissues. The content of essential amino acids in tomatoes of technical ripeness is 96.5 mg, which is 2.3% more than in tomatoes of biological ripeness. Herewith the limiting amino acid is valine, the rate of which is 55%.

2.2 Study of the composition of tomato seeds carbohydrate complex

The content of carbohydrates in raw materials significantly affects the quality of products, its nutritional and energy value. Tomato seeds contain a significant amount of carbohydrates – from 30 to 35% CF. Carbohydrates of tomato seeds are represented by starch, fiber, sugars, pectins and other substances.

To establish the appropriateness of using tomato seeds for further processing, the study of the carbohydrate composition of tomato seeds of technical and biological ripeness was conducted. Changes in tomato seed carbohydrates are due to the achievement of the final stages of ripeness, plastic processes and the formation of storage substances (Table 5).

Table 5

Carbohydrate content in tomato seeds

Carbohydrates	Content, % dry matter	
	Tomato seeds of technical ripeness	Tomato seeds of biological ripeness
Glucose	0.4± 0.2	0.5± 0.2
Fructose	0.5± 0.2	0.8± 0.2
Saccharose	2.4± 0.5	2.8± 0.5
Starch	2.0± 0.5	1.8± 0.5
Cellulose	19.6± 0.5	18.5± 0.5
Hemicellulose	7.5± 0.1	7.1± 0.1

Analysis of the obtained data showed that depending on the stage of ripeness, the process of redistribution of carbohydrates takes place, namely the content of sucrose increases by 0.4%, starch decreases by 0.2%, and fiber by 1.1%.

The increase in number of disaccharides in tomato seeds from tomatoes of biological ripeness is due to the processes of hydrolysis of low molecular weight oligosaccharides under the action of amylolytic enzymes in conditions of increasing enzymatic activity in the final stages of tomatoes ripening, which takes into account the processes of hydrolytic disorder of starch, part of which is used to build new tissues, the other remains in the form of insoluble sugars.

The obtained data allowed us to conclude that the carbohydrate composition of tomato seeds is represented by simple sugars, starch and dietary fiber. At the stage of technical ripeness, tomato seeds are dominated by fiber, hemicellulose and starch. Their content decreases when tomatoes reach biological maturity.

2.3 Study of the fatty acid composition of tomato seeds

Tomato seeds are a source of components such as carotenoids and lipids, which include polyunsaturated fatty acids.

Therefore, the content of free fatty acids of tomato seeds was studied (Table 6).

As a result of the research conducted, the presence of 72.4% of unsaturated fatty acids in the seeds of technical ripeness and 75.63% of biological one was identified, including 47.72% of polyunsaturated fatty acids for tomato seeds of technical ripeness and 50.96% of biological ripeness. In the lipophilic fraction of seeds, among the saturated acids, palmitic acid predominated, its content in relation to the amount was 21.56% for tomatoes of technical ripeness, and 20.75% for tomatoes of biological ripeness. Among the polyunsaturated acids, linoleic acid predominated. At the same time, there are no trans-isomers among fatty acids, and the ratio between unsaturated omega-3 and omega-6 acids in seeds corresponds to the latest recommendations for nutrition in accordance with the nutrition principles.

Thus, the value of the chemical composition of tomato seeds is determined by the content of essential fatty acids, which play a number of important biological functions: act as regulators of metabolic processes, participate in lipid metabolism, affect the state of the vascular wall, and affect the vascular wall. Therefore, given the established composition of fatty acids, tomato seeds can be attributed to promising types of food raw materials.

2.4 Study of the activity of anti-nutrient factors in tomato seeds

Protein substances determine the nutritional and biological value of food. The content of inhibitors in some plants leads to a significant reduction in the nutritional value of protein products. The presence of proteinase inhibitors in animal and human diet leads to negative physiological phenomena. It is known that the content of trypsin-inhibitor complexes causes intensive synthesis of pancreatic enzymes. This leads to an increase in the transformation of methionine into cystine, which in turn increases the

**Content of free fatty acids in tomato seeds,
% to total amount of fatty acids**

Fatty acids	Tomato seeds of technical ripeness	Tomato seeds of biological ripeness
C14:0	0.37814	0.11219
C15:0	0.14795	0.06924
isoC16:0	0.16737	0.09063
C16:0	21.56107	20.75644
C16:1	0.86295	0.52893
C16:2	0.27314	0.21643
C17:0	0.27379	0.17228
C17:1	1.30101	0.62897
isoC18:0	1.32274	0.94684
C18:0	7.45303	5.92004
C18:1	23.53947	24.04448
C18:2	33,83710	39.38001
C18:3	5.98324	3.95564
C22:0	0.82807	0.64297
C20:1	0.16670	0.10474
C21:0	0.11123	0.05920
C20:4	0.30494	1.64190
C20:0	0.71594	0.35592
C22:1	0.11557	-
C22:4	0.13882	0.06337
C24:0	0.51775	0.26506
Total	100	100
ω -6/ ω -3	2.55:1	4.16:1
Monounsaturated fatty acids	24.68469	24.67815
Polyunsaturated fatty acids	47.71713	50.96096
Unsaturated fatty acids	72.40182	75.63911
Saturated fatty acids	27.59818	24.36089

need for sulfur-containing amino acids, which cannot be compensated by the proteins that come with food (Bosona, et al., 2018).

It is known that the secretion of pancreatic juice is regulated by the digestive process. Digestion of food depends on the level of trypsin and

chymotrypsin in the intestine. When the level of these enzymes under the action of inhibitors falls below the critical value, the pancreas begins to produce more enzymes. When trypsin binds to the inhibitor, digestion may also occur (Pomeranz et al., 2001; Smith, et al., 1980).

Inhibitors of proteolytic enzymes have been found in many plant species belonging to different systematic groups. The content of proteinase inhibitors in plants changes under the influence of growing conditions. However, species and varietal differences in their content, as well as the component composition of inhibitors persist regardless of the year of reproduction, which indicates the genetic condition of this trait (Stewart, et al., 2000).

Of the whole range of antialimentary factors, trypsin inhibitors are of the greatest interest due to their wide distribution and high content in the storage substance of plants, i.e. seeds. The physiological functions of these substances of protein nature are sufficiently studied: they can serve as reserve proteins, regulate the activity of proteolytic processes, preventing premature breakdown of reserve proteins; inhibit the activity of proteases of a number of harmful insects and phytopathogenic microorganisms, thereby protecting plants from damage (Wu, et al., 2018). The entry into the body of an increased amount of these antialimentary factors leads to a decrease in the process of hydrolysis of food proteins, reducing the efficiency of their digestion.

The study of the activity of trypsin inhibitor proteins in tomato seeds is conducted (Table 7).

Table 7

Activity of tomato seed trypsin inhibitors

Variety	Alexia	Lampo	Lyona
Protein content, % dry matter	34.03±0.5	35.37±0.5	32.03±0.5
Indicator on activity of inhibitors mg/g protein	0.55±0.1	0.61±0.1	0.52±0.1

Analysis of the data shows that there is a relationship between the amount of protein in tomato seeds and the presence of proteinase inhibitors. There are also data (Mizrahi, et al., 2010) on the genetic nature of anti-nutrients accumulation. Thus, for Lampo variety, which contained the highest amount of protein in its seeds, the activity of trypsin inhibitors was

at the level of 0.61 mg/g protein, which is 17.3% higher than the content of anti-nutrients in Alexia variety, which was used for further research.

In order to analyze the effect of tomatoes ripeness degree on the content of anti-nutrients in tomato seeds, the content of trypsin inhibitors in samples of tomato seeds of technical ripeness of Alexia variety is established (Table 8).

Table 8

Content of trypsin inhibitors in native raw materials

Tomatoes	Inhibitor activity, mg of trypsin / mg protein
of technical ripeness	0.30±0.05
of biological ripeness	0.52±0.05

The data show that tomato seeds contain a significant proportion of anti-nutrients, which is associated with a high content of protein.

However, trypsin inhibitory activity (TIA) of tomato seeds of technical ripeness is 57% lower than TIA of seeds of biological ripeness, which can be explained by the completion of protein substances formation in the final stages of tomato ripening and the final formation of plant protective mechanisms, which also include trypsin inhibitors (Hisace, et al., 2003).

In order to reduce the activity of tomato seed proteinase inhibitors, studies were conducted to select the parameters of pre-treatment of tomato seeds and their effect on the content of biologically active substances and on trypsin-inhibiting activity of tomato seeds.

An effective way to eliminate these factors is to inactivate proteinase inhibitors caused by their destruction (Zhu, et al., 2017). It should be noted that in comparison with other antialimentary factors, trypsin inhibitors have a fairly high resistance to inactivation. In this regard, data on a significant decrease in the content of trypsin inhibitors in seed products indicate the destruction of alkaloids.

3. Development of pre-treatment modes for tomato seeds processing

In the process of heat treatment a loss of macro- and micronutrients occurs, so in order to identify the feasibility of using tomato seeds, it is necessary to conduct research on the quantitative content of essential components after the selected modes of pre-treatment.

3.1 Study of hydrothermal treatment exposure of tomato seeds

It is known that decrease in proteases activity (~ 85%) can be achieved under the action of high temperatures, especially in combination with high pressure, which in this case is due to greater efficiency of heat treatment (Wu, et al., 2018).

To determine the effect of hydrothermal treatment on trypsin inhibitory activity of tomato seeds, studies were conducted related to their pre-treatment, which involved keeping in water with temperatures of 70; 80; 90; 100 °C for 20; 30; 40 min.

The choice of temperature is due to the protein nature of proteolytic enzymes inhibitors, and their ability to be inactivated by high temperatures (Figure 1 and 2).

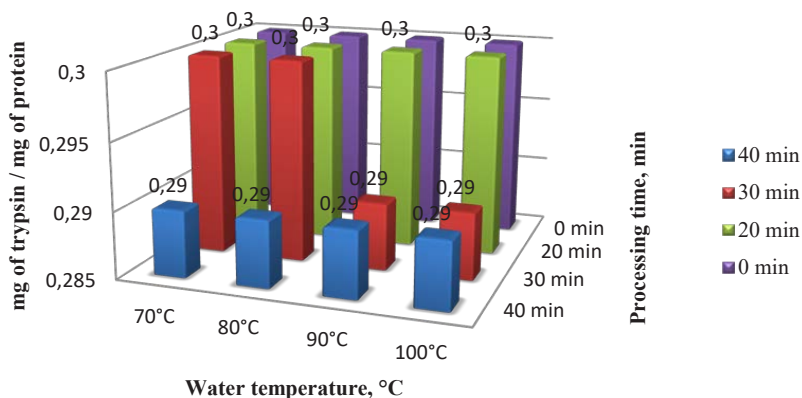


Figure 1. Activity of trypsin inhibitors in samples of tomato seeds of technical ripeness after application of hydrothermal treatment

The obtained data show that when applying hydrothermal treatment for tomato seeds of technical ripeness for 20 min at water temperature of 70-100 °C, the reduction of TIA could not be achieved. Hydrothermal treatment for 40 min at water temperature of 70-100 °C allowed to reduce the TIA by 3.3 times relatively to initial values.

The results of hydrothermal treatment of tomato seeds of biological ripeness had similar dependence: when applying treatment for 20 min at water temperature of 70-100 °C, a decrease in the TIA of tomato seeds

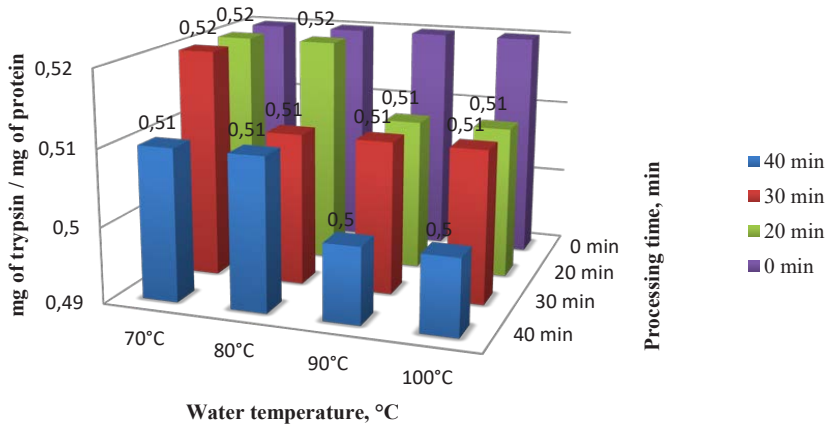


Figure 2. Activity of trypsin inhibitors in samples of tomato seeds of biological ripeness after application of hydrothermal treatment

was not observed. When treated for 20-30 min, it allowed to reduce TIA by 1.7%. Hydrothermal treatment for 40 min at water temperature of 90..100 °C reduced trypsin inhibitory activity by 3.3 times from baseline.

The obtained data indicate that the application of hydrothermal treatment of tomato seeds with the used parameters did not significantly reduce the trypsin inhibitory activity compared to the initial one. Therefore, there is need to continue the search for ways to reduce TIA of tomato seeds.

The conducted studies confirm existing literature on resistance of some types of proteinase inhibitors, which is due to their amino acid composition (Muratore, et al., 2005).

3.2 Research and grounding of tomato seed processing methods

One of the promising areas in the development of tomato seed processing technologies is use of new physical methods of heat supply to product. The use of infrared radiation intensifies the internal processes in the cell, improves quality, facilitates their control and management of technological parameters. As a result of IR treatment, the processes of biochemical transformations in seeds intensify (Schindler, et al., 2005; Stahl, et al., 2003).

The principle of micronization used for the treatment of tomato seeds is to change the structure of proteins and grain starch as a result of its intense heating by infrared rays. It is known that heating by infrared rays causes vibration of the product molecules, while releasing heat and increasing the pressure inside the seed due to the rapid evaporation of moisture. In this case the processes of protein denaturation and starch destruction take place (Wu, et al., 2018).

The heat flux density is much higher than with convective and conductive heat supply. Infrared radiation heats the seeds and penetrates into the depth of the material layer up to 4.6 mm. Thermodiffusion flow of moisture from the surface, which turns into steam, creates internal pressure and loosens each individual grain (Smith, et al., 1980).

To carry out the process of micronization of tomato seeds we used infrared heating in MS-1micronizer. When processing, the seeds, following pre-washing, enters the conveyor in the area of infrared radiation, the source of which are gas burners made of special ceramics. When heated to a dark red glow, the ceramic creates a flow in the wavelength range from 1.8 to 3.4 microns. Processing time is up to 90 seconds. The seeds are heated to 140-150 °C.

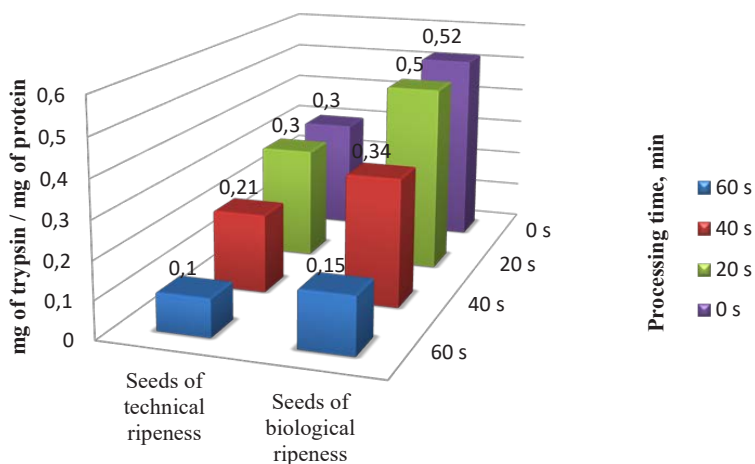


Figure 3. Activity of trypsin inhibitors in tomato seed samples after application of micronization treatment

To determine the effect of micronization treatment on trypsin inhibitory activity, tomato seeds were treated for 20, 40, 60 seconds (Figure 3).

The obtained data show that the use of micronization treatment allows to achieve significant reduction in the amount of tomato seeds anti-nutrients. Thus, when the tomato seeds of technical ripeness were kept in the micronizer for 60 s, the decrease in the content of trypsin inhibitors was about 34% and for seeds of biological ripeness – 28.8%.

Another advantage of the method is preservation of structural integrity of the seed, which increases its shelf life. A significant disadvantage of this method is the uneven heating of the inner part of the seed, as heating by infrared heat is carried out from above.

4. Development of basic-technological scheme for obtaining semi-finished product «Tomato Seed Paste»

The proposed scheme of pre-treatment of tomato seeds (Figure 4) allowed to achieve a significant reduction in the content of anti-nutrients, which confirms the assumption of the possibility of using tomato seeds to create food products based on it.

Processing of tomato seeds involved the process of their grinding. To do this, grinding was done in the laboratory, using LZM-1 laboratory mill to create the necessary pasty structure of the semi-finished product, which should provide easy dosing, uniform distribution in the mass of the product, and not cause changes in organoleptic properties. When crushed, three stages of grinding tomato seeds were used: large (particle diameter 2.6-1.8 mm) characteristic residue on a sieve having holes with a diameter of 3 mm was not more than 35%, on a sieve having 5 mm holes – not more than 5%; average (particle diameter 1.8-1.0 mm) characteristic residue on a sieve having holes with a diameter of 3 mm was not more than 12%, with holes of 5 mm it was not allowed; small (particle diameter 1.0-0.2 mm) characteristic residue on a sieve having holes of 2 mm was not more than 5%, the residue on a sieve having 5 mm holes was not allowed.

As a result of grinding, coarse suspensions were obtained, which contained a water-oil fraction with inclusions of protein, pectin substances and fiber with particle sizes of 0.5-0.8 mm after grinding.

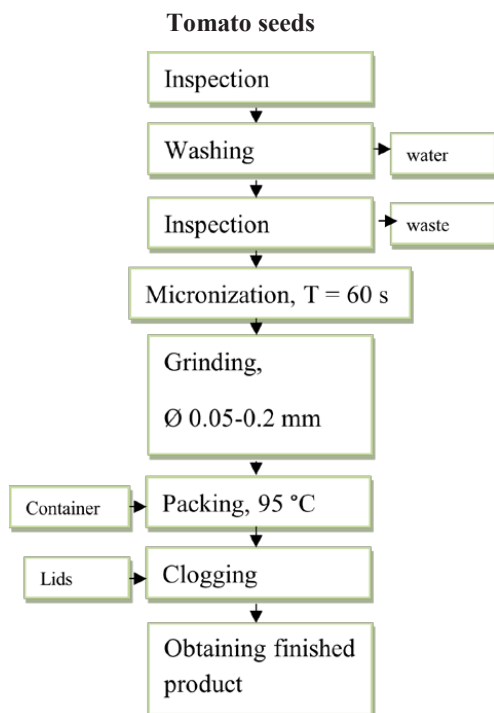


Figure 4. Schematic diagram for production of semi-finished products «Tomato Seed Paste»

4.1 Study of physicochemical parameters of tomato seed paste

To establish the possibility of using the semi-finished product «Tomato Seed Paste» for food enrichment, a necessary step is to determine the main indicators of tomato seed paste. To do this, we determined the organoleptic characteristics of tomato seed paste.

The results of the evaluation of tomato seed paste quality (Tables 9, 10).

An evaluation of the organoleptic characteristics of the new product «Tomato Seed Paste» found that the semi-finished product has a neutral taste without bitterness with an aftertaste of tomatoes and a light tomato aroma. The consistency of the product is viscous, lubricant with the presence of individual particles of larger size.

Table 9

Organoleptic characteristics of tomato seed paste

Indicator	Characteristic
Color	Orange-brown with a yellowish tinge
Taste and smell	Inherent in tomatoes with a light pepper flavor without extraneous taste and odor
Appearance and consistency	Homogeneous concentrated mass from semi-liquid to lubricating consistency. Single inclusions of crushed particles and particles of tomato skin are allowed

Table 10

Physical and chemical parameters of tomato seed paste, %

Indicator	Contents
mass fraction of moisture	14.55±0.5
lipids	39.45±0.2
proteins	18.37±0.1
carbohydrates	14.01±0.5
minerals	0.93±0.1
fiber	1.25±0.2
carotenoids	1.8±0.1

It is established that the proposed technology of tomato seed processing allows to obtain a biologically valuable product, which is mainly represented by the lipid fraction – up to 40%, as well as a significant content of protein, carbohydrates and fiber. The basis of the vitamin complex of tomato seed paste is carotenoids – 1.8-1.9% of dry matter, which are stored due to short-term pre-treatment.

Quantitative determination of the amino acid composition of tomato seed paste after micronization treatment according to the method was performed (Table 11).

Evaluation of the proteins amino acid composition at tomato seed paste showed that they contain all 10 essential amino acids, and their share is more than 50%, which confirms the high nutritional value of tomato seed paste. As a result of micronization treatment there is a partial denaturation of proteins and accumulation of free amino acids, which leads to an increase in their total amount compared to tomato seeds before processing (Table 4).

The content of mineral elements in tomato seed paste was studied (Table 12).

Table 11

Content of amino acids in semi-finished product «Tomato Seed Paste»

Amino acid	Content, % to total protein
Valine	5.652
Isoleucine	4.267
Leucine	7.887
Lysine	7.385
Methionine	1.355
Threonine	3.634
Tryptophan	1.644
Phenylalanine	4.564
Arginine	9.373
Alanine	4.284
Aspartic acid	9.258
Histidine	3.878
Glycine	5.585
Glutamic acid	14.124
Proline	4.478
Serine	4.452
Tyrosine	3.145
Cysteine	6.171

Table 12

Content of minerals in tomato seed paste

Indicator	Content of mineral elements, mg/100 g	Acceptable level, not more than mg/kg
Macronutrients, mg/100 g		
Sodium	205.8 – 210.3	not normalized
Potassium	520.7 – 530.0	not normalized
Calcium	130.5 – 135.0	not normalized
Magnesium	60.0 – 62.8	not normalized
Trace elements, mg/kg		
Iron	2.6 – 4.9	5.0
Zinc	0.98 – 1.9	5.0
Copper	0.29 – 0.44	0.5
Lead	0.06 – 0.08	0.1
Cadmium	0.002 – 0.013	0.05
Arsenic	0.01 – 0.03	0.1
Mercury	0.005 – 0.01	0.03

According to Table 12, the content of toxic elements in tomato seed paste does not exceed the acceptable level. Studies have confirmed the assumption that in terms of nutritional value, tomato seed paste can be recommended as a food supplement to enrich nutrition with protein-lipid complex and a group of antioxidants.

5. Conclusions

Analysis of the obtained data showed that tomato seeds have a high nutritional and biological value, due to the content of proteins, lipids, carbohydrates.

It is established that the seeds of technical stage of ripeness differ from biologically ripe seeds by high content of proteins, fiber and carbohydrates, which can be explained by the processes of redistribution and synthesis of organic compounds that occur during the ripening of plant raw materials.

Analysis of the chemical composition of tomato seeds showed that along with the high biological value, the nutritional value of seeds is significantly reduced by natural anti-nutrients, i.e. protease inhibitors. In order to inactivate to a safe level, a study was conducted on the effect of pre-treatment, namely the processes of micronization and hydrothermal treatment of tomato seeds. It is established that hydrothermal treatment when using temperatures in the range of 70-100 °C reduces the activity of anti-nutrients of tomato seeds by 1-2%. Micronization treatment of tomato seeds for 60 s allows to reduce the content of trypsin inhibitors by 34% without changing the properties of protein substances and amino acid composition of seeds.

It is established that the proposed technology of tomato seed processing allows to obtain a biologically valuable product, represented by the lipid fraction – up to 40%, as well as a significant content of protein, carbohydrates and fiber. The basis of the vitamin complex of tomato seed paste is carotenoids, which are saved due to short-term pre-micronization treatment.

It is established that the proteins of tomato seed paste contain all 10 essential amino acids. Their share is over 50%, which confirms the high nutritional value of tomato seed paste. As a result of micronization treatment there is a partial denaturation of proteins and accumulation of free amino acids, which leads to an increase in their total amount, compared with tomato seeds before processing.

Analysis of the kinetics of the process on enzymatic hydrolysis of tomato seed paste showed that the use of pre-micronization treatment of tomato seeds can increase the accumulation of free amino acids in tomato seed paste samples by 1.56 more intensely than in control samples.

The content of toxic elements in tomato seed paste does not exceed the acceptable level. Studies have confirmed the assumption that in terms of nutritional value, tomato seed paste can be recommended as a food supplement to enrich nutrition with protein-lipid complex and a group of antioxidants.

References:

1. Benderska O., Bessarab A., & Shutyuk V. (2018). Research of fatty acid composition of tomato seeds. *Technology audit and production reserves*, 4, 3(42), 68–72. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.140531>
2. Benderska O., Bessarab A., & Shutyuk V. (2018). Study of the use of edible powders in tomato sauce technologies. *Journal of Food science and technology*, 12(2), 59–65. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v12i1.837>
3. Bertin N., & Génard M. (2018). Tomato quality as influenced by preharvest factors. *Scientia Horticulturae*, 233, 264–276. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.05>
4. Bosona T., & G. Gebresenbet. (2018). Life cycle analysis of organic tomato production and supply in Sweden. *Journal of Cleaner Production*, 196, 635–643. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.087>
5. Gaudin K, Chaminade P, & Baillet A. (2004). Retention behavior of unsaturated fatty acid methyl esters on porous graphitic carbon. *Journal of Separation Science*, 27(1-2), 41–46. DOI: <https://doi.org/10.1002/jssc.200301622>
6. Goddard Ron. (1996). Your flexible friend. *Food Manuf.*, 71, 2. 23–244.
7. Hernandez S., Rodriguez E., & Diaz R. (2007). Mineral and trace element concentrations in cultivars of tomatoes. *Food Chem*, 104(2), 489–499. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.072>
8. Heron S., Dreux M., & Tchaplal A. (2004). Post – column addition as a method of controlling triacylglycerol response coefficient of an evaporative light scattering detector in liquid chromatography – evaporative light – scattering detection. *Journal of Chromatography*, 7, 1035(2), 221–225. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.02.052>
9. Hisace M., & Nakanishi M. (2003). Destroying of chlorophyll during storage. *J. Food Sci. and Technol.*, 9, 429–431.
10. Hszeola Donald E. (1995). Packaging takes an active approach. *Food Technol.*, 49, 8, 104.
11. Jabbari S., Mahdi Jafari S., Dehnad D., & Shahidi S. (2018). Changes in lycopene content and quality of tomato juice during thermal processing. *Journal of Food Engineering*, 230, 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.02.020>

12. James Allen Olson (1998). Provitamin A of function of carotinoids. The conversion of β -carotene into vitamin A. *Amer. Inst. of Nutrition. The FASEB J.*, vol. 6, no. 9, 105–108.
13. Lucille A., & Don G. (2002). Ethylene biosynthesis and action in tomato, a model for climacteric fruit ripening. *J. Exp. Bot.*, 53(377), 2039–2055. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erf072>
14. Mizrahi S. (2010). Syneresis in food gels and its implications for food quality. In: *Chemical deterioration and physical instability of food and beverages*. Woodhead Publishing, 324–348. DOI: <https://doi.org/10.1533/9781845699260.2.324>
15. Muratore, F., & Licciardello E. (2005). Evaluation of the chemical quality of a new type of small-sized tomato cultivar, the plum tomato (*Lycopersiconiconlicopersicum*). *Food Sci*, 17, 1, 75–81.
16. Navarro-González I., & Periago J. (2018). Bioactive compounds of tomato: Cancer chemopreventive effects and influence on the transcriptome in hepatocytes. *Journal of Functional Foods*, 42, 271–280. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.01.003>
17. O'Brien R. *Fats and Oils*. (2003). *Formulating and Processing for Applications*, Second Edition. CRC Press, 616. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780203483664>
18. Ördög V., & Molnár Z. (2011). *Plant Physiology*. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem, 88–91.
19. Pomeranz Y, & Meloan C. (2001). *Food Analysis: Theory and Practice*. The AVI Publishing Company.
20. Raffaele De Caterina (2010). Fatty acids in cardiovascular disease. *The New England journal of medicine*, 364(25), 2439–2450. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMr1008153>
21. Sasivimon Chomchalow M., Assi E., & Sargent S, and J.K. Brecht (2002). Fruit Maturity and Timing of Ethylene Treatment Affect Storage Performance of Green Tomatoes at Chilling and Nonchilling Temperatures, 104–114. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.12.1.104>
22. Schindler M., Solar S. (2005). Phenolik compounds in tomatoes. Natural variations and effect of gamma-irradiation. Institute for Analytical Chemistry, University of Vienna. *Eur. Food Res. And Technol*, 3–4, 439–445.
23. Shutyuk V., S. Vasylenko, A. Bessarab, & O. Benderska (2016). The research of the amount of heavy metals and nitroso compounds in concentrated tomato products. *Journal of Food science and Technology*, 10(3), 56–60.
24. Smith C, van Megen W, Twaalfhoven L, & Hitchcock C. (1980). The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs. *J Sci Food Agric*, 31(4), 341–350. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740310403>
25. Stahl W., & Schwartz, H. (1993). Sies Antioxidants and Disease Prevention. *Int. Symp. on Antioxidants and Disease Prevention*. Stockholm. Sweden, 23–24.
26. Stewart A., Bozonnet S., Mullen W., Jenkins G., Lean M., & Crozier A. (2000). Occurrence of flavonols in tomatoes and tomato-based products. *J. Agr. and Food Chem*, 48(7), 2663–2669. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf000070p>
27. Tomato handling and processing (2000). *Food Technol.: Process. and Packeag*, 19, 61–62.

28. Tomato propagation (1990). Crowing plants and transplanting or direct ditldsuding and thining. Berkeley: *The College of agriculture; University of California*, 13–18.

29. Tomato pulp production (2000). *Food Technol.: Process and Packeag*, 19, 56–58.

30. Viskelis P., Jankauskiene J., & Bobinaite R. (2008). Content of Carotenoids and Physical Properties of Tomatoes Harvested at Different Ripening Stages Foodbalt, 3rd Baltic Conference on Food Science and Technology, 12(1), 166–170. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0008>

31. Wu B., Patel X., FeiO., Jones Campanella O., & Reuhs B. (2018). Variations in physical-chemical properties of tomato suspensions from industrial processing. *LWT*, 93, 281–286. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.005>

32. Zhu Y, Klee HJ, & Sarnoski J. (2017). Development and characterization of a high quality plum tomato essence. *Food Chemistry*, 267, 337–343. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.160>

USE OF MULTICOMPONENT FRUIT AND BERRY PASTE IN THE TECHNOLOGY OF PASTILLES

Olga Samokhvalova¹
Kateryna Kasabova²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-34>

Abstract. Thanks to the wide assortment, excellent taste and bright appearance, confectionery products have become an integral part of the diet of a modern person. Along with this, these products are a source of easily digestible carbohydrates, the consumption of which in large quantities can contribute to the development of a number of diseases, in particular, weight gain, the occurrence of cardiovascular pathologies, and the like. It is very difficult and impractical to completely abandon sweets, because sugar is necessary for the brain to function, and other components of confectionery are effective and safe antidepressants. Therefore, a number of nutritionists are still advising to use a group of pastille-marmalade products (zefir, pastille, marmalade), since it is these sweets that have a lower energy value compared to cakes, chocolate and others.

Products such as marshmallows are obtained by whipping fruit and berry puree with sugar and egg white, followed by the addition of gelling agents. Food acids, essences, flavors, dyes, etc. are used as additives in the production of pastilles. The technology of these products uses fruit puree, most often sulphitized apple puree, which, during manufacture and storage, loses useful substances, which leads to the fact that the finished product has an insignificant content of vitamins, micro- and macroelements.

Therefore, it is possible to increase the content of functionally physiological nutrients by using blended fruit and berry paste obtained under gentle temperature conditions. This will give an attractive color and flavor to the pastille without the use of dyes and flavors.

¹ Candidate of Technical Sciences,
Professor at the Department of Technology of Grain Products and Confectionery,
State Biotechnological University, Ukraine

² Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Technology of Grain Products and Confectionery,
State Biotechnological University, Ukraine

In this regard, the aim of the work is to improve the technology of pastille of increased nutritional value with the addition of multicomponent fruit and berry paste from apples, cranberries and blackberries. The new technology will expand the range of confectionery products with a high content of functionally physiological ingredients.

The structural and mechanical properties and quality indicators of multicomponent fruit and berry paste from apples, cranberries and blackberries have been studied. According to the results of determining the organoleptic and physicochemical quality indicators, it is established that the rational amount in the formulation of the pastille of multicomponent fruit and berry paste is 40% with the replacement of apple puree.

The changes that occur during storage of the pastille are set. Yes, there is less moisture loss in the pastille with the addition of the paste, which is due to the higher content of pectin in the products. An increase in shape-retaining properties and a decrease in adhesion have been determined, which will prevent them from sticking together during the entire shelf life.

The formulation and technological scheme of preparation of pastille products with multicomponent fruit and berry paste are developed, and also the complex indicator of quality of pastille with application of principles of qualimetry is defined.

The addition of a multicomponent fruit and berry paste to the recipe composition of the marshmallow increases the content of all biologically active substances in comparison with products without the addition of this paste. Thus, the content of low molecular weight polyphenolic compounds, vitamins, minerals increases, in particular the content of pectin increases 2.2 times, ascorbic acid is 4.2 times higher.

1. Introduction

Confectionery has significant advantages over other foods. They have a good pleasant taste and aroma, attractive appearance. It promotes digestion, better assimilation of these delicacies, in addition, sugar confectionery has a positive effect on the central nervous system, enhancing the efficiency of the whole organism.

The chemical composition of sugar confectionery is characterized by the predominance of mono- and disaccharides compared to other components. Also characteristic of the whole group of products is an

unbalanced content of substances, lack of dietary fiber, vitamins, micro- and macronutrients.

Pastilles, which are made on the basis of apple puree, pectin and other fruit and berry raw materials (zefir, pastille, marmalade, pat), are deficient or contain insignificant amounts of physiologically functional ingredients (vitamins, minerals, dietary fiber). This is due to the unstable quality of raw materials, the desire of manufacturers to reduce the cost of products by using improvers and structure-forming agents instead of traditional raw materials.

Therefore, the relevance of this topic is the improvement of existing technologies for the production of pastilles through the use of natural raw materials with a high content of physiologically functional ingredients. This will allow, on the one hand, to increase the nutritional value of products, and on the other hand, to reduce the cost of products by reducing the amount of gelling agents, since plant raw materials play a technological role in the formation of the structure of products. Such raw material can be a multicomponent paste from fruit and berry raw materials (apples, cranberries, blackberries) with a high content of physiologically functional ingredients, which is achieved by using low temperature processing modes (concentration).

2. Literature review

The group of pastilles includes confectionery products, which are obtained by whipping fruit and berry puree with sugar and egg white, followed by mixing the foam with a mixture of gelling agents. These products have a foam structure, which is stabilized by the structuring agent, as such use pectin, agar, gelatin and others. Organoleptic quality indicators and technological properties differ depending on the used hydrocolloid, final characteristics and type of confectionery.

To maintain good health, people should consume not only complete carbohydrates, proteins, fats, but also all the physiologically functional ingredients necessary for the successful functioning of the human body. Currently, the food industry is making extensive use of food fortification. This trend also applies to pastilles.

Alternative raw materials for pastille products have been developed. In [1, p. 14], glucose syrup was used to replace molasses with glucose.

The authors proved that replacement with glucose syrup has a positive effect on the viscosity, strength and organoleptic characteristics of finished products. The application of glucose syrup, which contains dextrans, leads to an increase in the viscosity of the gel-like mass. The results showed that the optimal dosage is the complete replacement of molasses and glucose with glucose syrup.

In [2, p. 40], research was conducted on the development of a new type of zefir of high nutritional value. As an additive, the use of pumpkin is proposed because it contains many physiologically functional ingredients – vitamins, minerals, macro-, micronutrients, fiber, in particular, pectin. According to the results of research, the authors found that with increasing the amount of pumpkin puree increases the density of products, they acquire a viscous consistency, while reducing the rate of moisture loss by 0.6... 0.8%. It is established that the optimal dosage is 30% of pumpkin puree to the weight of apple puree.

Known technology for the production of zefir in chocolate with beet powder as an additive. According to the results of research, the authors found that zefir have a pleasant pink color, taste and aroma. The chemical composition of beetroot powder allowed the authors to reduce the prescription amount of sugar in marshmallows. It has been determined that 100 g of this product contains the daily norm of dietary fiber, which makes it possible to increase the resistance of the human body to the negative effects of the environment and prevent a number of diseases such as diabetes mellitus, atherosclerosis, coronary heart disease, bowel disease, obesity [3, p. 31].

In work [4, p. 17], it is proposed to use a mixture of sweeteners (fructose, xylitol, sorbitol, isomalt) in the technology of zefir production. It was found that the joint use of sweeteners allows a synergistic effect in which the foaming capacity of the protein with the mixture is greater than when they are used separately. This combination of sweeteners gives the zefir a sweetness similar to that of sucrose. Thanks to the replacement of sugar in the zefir formulation with a sugar substitute, the authors obtained a unique therapeutic and prophylactic product. An improvement in physical and chemical quality indicators (moisture, density) and a decrease in the caloric content of the product have been established.

The trend of making confectionery products with reduced sugar content without deteriorating product quality is relevant. Thus, in [5, p. 270] studies

were conducted on the addition of dried acai powder (10.4 g / 100 g in dry form) to the finished product. According to certain organoleptic and physicochemical quality indicators, it is established that the addition of dried acai powder to sugar confectionery products based on isomalt and erythritol allows to obtain a product for consumers with diabetes.

The effect of betanin, which is obtained from molasses, which is a by-product during sugar beet processing, on the nutritional value, structure and shelf life of zefir has been studied. It is a biologically active supplement and can have a preventive effect on a number of body systems. The recommended daily intake of betanin is 3 g. Its effect on the organoleptic properties of zefir-pastille masses during addition in different amounts was studied. It is established that in the presence of betanin the accelerated process of moisture loss by products during storage takes place and changes of texture which are connected with loss of homogeneity of zefir mass are shown [6, p. 40].

In [7], biomodified products of oats and barley were developed, containing the following substances: fiber (9.44 and 4.63%), which has aerating properties; pectin (2.8 and 2.07%) and β -gucan (1.2 and 2.4%), which are surfactants; as well as proteins (9.37% and 9.35%). Replacement of 15% of sugar and pectin by biomodified products is proposed and the effect of this additive on physicochemical and structural-mechanical properties is studied. It was found that the plastic strength of zefir with the optimal dosage of biomodified products of oats and barley is higher by 45.3 and 43.2%. Marshmallows with additives have increased strength and decreased adhesion. As a result of research it was found that the introduction of biomodified products of oats and barley in zefir as a component that improves the structural and mechanical properties of products by replacing in the recipe pectin by 10%, sugar by 5% and egg white by 15% in terms of dry matter. Additives do not impair the physico-chemical and organoleptic quality of finished products.

Known formulation of pastilles using a mixture of polydextrose and fructose. Polydextrose is characterized by a low glycemic index, which does not affect blood glucose levels and is not absorbed. It is known that polydextrose stimulates the growth of bifidobacteria. The obtained results showed that the replacement of sugar by polydextrose and fructose in the formulation of pastilles expands the range of dietary and diabetic products. At the same time, there is

an improvement in structural-mechanical and organoleptic quality indicators. The resulting pastilles without excessive sweetness and viscosity and have a gel-like consistency that is easily broken [8, p. 36].

The authors [9, p. 24] developed a formulation for pastille with stevia extract and elamin. The use of elamin concentrate provides the body with macro- and microelements, is a means of prevention and treatment of goiter, due to the significant content of organically bound iodine. The use of elamin in the formulation of a new type of pastille is also due to the fact that it is a stabilizer of foams in the production of pastille products, a rational amount of which improves the consistency of pastille and is 0.45... 0.65%. The use of stevioside sweetener and aqueous stevia extract developed in the recipe pastille allowed to reduce the sugar content by 25...26% with simultaneous prevention of iodine deficiency.

It is proposed to develop a recipe for pastille products using non-traditional raw materials by modeling a recipe with full or partial replacement of sugar with simultaneous fortification of products with iodine [10, pp. 79–80].

Developed a pastille using banana puree, flax seeds and yogurt with prebiotics. The use of this method is that the resulting product is a confectionery product without the use of white crystalline sugar, enriched with prebiotic cultures of lactic acid bacteria of yogurt, proteins of plant origin and with improved organoleptic characteristics. Yogurt is a fermented milk product of therapeutic and prophylactic value, useful for human health. Banana puree contains proteins, fats and carbohydrates in the amount of 1.5, 0.5 and 21.0%, respectively. In addition, banana puree is a natural thickener, which allows you to use it as a gelling agent and stabilizer. Flax seeds contain proteins, fats and carbohydrates in the amount of 33.0, 38.0 and 4.5%, respectively. The high protein content in it allows you to use flax seeds as a foaming agent. Flax seeds contain water-soluble fiber, which is able to protect the walls of the stomach and all parts of the intestine from irritation.

Known pastilles technology with yacon tubers. The proposed method uses yacon tubers instead of apple puree, which allows the product to be used by people with diabetes. Yacon has the ability to accumulate in the tubers a large amount of inulin – a natural polysaccharide, which is 95% fructose. This important property allows you to recommend it as a dietary product, including people with diabetes and obesity.

Formulations of whipped products with non-traditional protein and carbohydrate components are developed: dietary zefir on the basis of Jerusalem artichoke puree and sugar substitutes; whipped confectionery based on soy and modified soy products, namely pastilles, Turkish delight and zefir containing probiotic bacteria. Creation of functional confectionery products, including probiotic component, is a new and promising direction in improving the structure of functional nutrition [11, p. 66].

Whipped confectionery successfully combines those nutrients that reduce the body's intake of radionuclides and increase the body's resistance to radiation. These include pectins, other substances that bind radionuclides and prevent them from being absorbed in the gut; potassium and calcium salts, which are antagonists of radioactive cesium and strontium; bioflavonoids that increase the body's resistance. The use of grain bioadditives in the composition of whipped confectionery products, containing cultures of bacteria – probiotics, enhances their functional properties.

Dietary fiber and polysaccharides of prescription components (apple puree and citrus pectin) perform an additional protective function for bifidobacteria. They adsorb bacteria, and acidic polysaccharides (pectin substances) form a layer on the surface of the complexes «dietary fiber – bacteria», which protects bifidobacteria during passage in the stomach. In the creation of functional zefir, pastilles, Turkish delight and whipped candies, use Jerusalem artichoke puree (zefir «White-pink» and pastille «White-pink»).

To give the products dietary properties, sugar is replaced by fructose and sorbitol (pastille and zefir). New confectionery products with artichoke processing products can be attributed to the products of functional direction, as fructooligosaccharides not only improve the taste and technological properties, but also have a positive effect on human health [12, p. 16].

Soy products (soy milk, soy concentrates and isolates, protein and fat fortifiers) can be a reserve in the production of confectionery products with a whipped foam structure, because, in addition to the ability to form foam, they contain biologically active substances and are relatively cheap. There is a growing interest in the use of soy milk, soy enrichment «Samson» and soy food concentrate «Odyssey», which have high nutritional value and contribute to the creation of functional products for mass, dietary and therapeutic nutrition [13, p. 25].

Technologies for the production of functional zefir with the use of eggshell powders, dry kelp and food adaptogenic additives and the provision of the product with therapeutic and prophylactic properties due to the complex of minerals that are part of the additives. Food adaptogenic supplement contains homeopathic medicines of mineral, plant and animal origin. Due to this, zefir include biologically active compounds of natural origin and the process of obtaining zefir mass is intensified. This reduces the process time by 25% and reduces the formulation amount of pectin by 1.5%. The optimal dosage of eggshell powder is – 2% of the total weight of zefir by dry matter, and dry kelp powder – 0.4%. During storage of zefir with the addition of dry kelp powder for 30 days, no iodine loss was found [14, p. 69].

In [15] the technology of zefir production with the use of spicy-aromatic plants, in particular infusions of calamus, peppermint, nettle was developed. The use of wheat protein in the production of zefir, which can be used as a foaming agent for partial replacement of egg white in order to reduce production costs and reduce microbiological contamination. A method for the production of zefir «New» has been developed, which involves the preparation of zefir with the addition of agar-sugar-molasses syrup jam with pectin. This allowed to obtain zefir of dense mass, improved quality, increased taste.

A new type of zefir with the addition of royal jelly was developed, the chemical composition of the new type of zefir was studied and compared with zefir made according to a traditional recipe. The obtained results indicate a clear tendency to increase the nutritional and biological value of the new product in relation to amino acids and trace elements. Developed a new type of zefir has functional properties, so it can be attributed to the «useful sweets» and used for therapeutic and prophylactic purposes [16, p. 218].

Recently, there is a growing trend in the manufacture of products for use in health and prevention nutrition for both children and adults. In order to enrich pastilles with vitamins, macro- and micronutrients, prevent and eliminate iodine deficiency in the diet, formulations with dietary supplements Lamidan and Tsikorlakt were developed [17, p. 33].

In [18, p. 93–94], studies were conducted to improve the technology of jelly-fruit marmalade using fruit and vegetable cryoadditives. The authors

in the technology of jelly-fruit marmalade substantiate the use of fruit and vegetable additives (cryopasta from quince, apples, carrots, pumpkin, grapes and cryopowder from rose hips, sea buckthorn and grapes) to increase its nutritional value and expand the range. It is proved that the use of fruit and vegetable cryoadditives leads to marmalade with high organoleptic characteristics and high nutritional value, as well as physico-chemical and microbiological indicators that meet the requirements of regulatory documentation for this type of product. New products have significant antioxidant properties during the guaranteed shelf life.

Thus, the main areas of quality improvement and expansion of the range of pastille products include: expansion of types of natural additives and fillings; variety of taste and aromatic properties, appearance; increasing the nutritional value; production of functional products. The given tendencies of updating of the assortment of pastille products show wide possibilities of creation of new kinds. However, the main direction is still the development of products of high nutritional value, with dietary and health properties while maintaining its traditional appearance and naturalness.

3. The aim, objectives and methods

The object of research in this work is the technology of pastille with the addition of multicomponent fruit and berry paste.

The aim of the study is to improve the technology of production of pastille of high nutritional value with the addition of multicomponent fruit and berry paste from apples, cranberries and blackberries. The new technology will allow to expand the range of plant origin additions with a high content of functionally physiological ingredients and pastille of high nutritional value.

To achieve the goal, the following objectives were set:

- to investigate the structural and mechanical properties and quality indicators of multicomponent fruit and berry paste;
- determine the rational amount of multicomponent fruit and berry paste in the formulation of the pastille;
- establish changes in pastille with multicomponent apple, cranberry and blackberry paste that occur during storage;
- to develop the formulation and technological scheme of preparation of pastille products with multicomponent fruit and berry paste;

– determine a complex indicator of the quality of pastille using the principles of qualimetry.

Apples (Antonovka variety), cranberries (Pilgrim variety), and blackberries with a high content of pectin were used as the main raw materials for the production of multicomponent fruit and berry paste. The structural and mechanical properties of apple, cranberry and blackberry paste and the obtained pastille with its addition of blends are determined. Structural and mechanical properties of the experimental samples were determined on a rotary viscometer «Reotest-2» (Germany). Determination of quality indicators of pastes was carried out in accordance with the requirements of DSTU 8010: 2015 Canned food. Fruit and berry pastes.

The study of the obtained organoleptic properties of the experimental samples was carried out by an expert commission consisting of 5 members on a 5-point scale.

The mass fraction of reducing substances in the pastille was determined by the ferrocyanide method, the acidity of the products – by titrimetric method, the mass fraction of dry matter – refractometric, to determine the strength of pastille used a Valentine's device.

To calculate the complex indicator of the quality of pastilles, we determined its chemical composition (the content of pectin substances, ascorbic acid, polyphenols, including anthocyanins, catechins and flavonols).

Quality indicators were determined by the following methods. The content of pectin substances was determined by the calcium-pectate method, low-molecular phenolic compounds – by the colorimetric method according to DSTU 4373: 2005. The content of catechins and flavonols was determined by the chromatographic method.

Quantitative determination of antioxidants was performed by spectrophotometric method. The spectra of cryoaddivitive extracts were recorded on a SF-46 spectrophotometer in the UV and visible regions. The thickness of the absorbing layer was 1 cm.

Quantitative content of the sum of oxidizable polyphenolic compounds was determined by permanganometry by the method.

The error for all studies was $\sigma = 3 \dots 5\%$, the number of experiments was repeated – $n = 5$, the probability was – $P \geq 0,95$.

4. Research results

4.1 Determination of quality indicators of multicomponent fruit and berry paste

As a control was selected pastille «Vanilla» with the addition of apple puree, the test samples were pastille with fruit and berry multicomponent paste in the amount of 30, 40, 50% with the replacement of apple puree.

Multicomponent fruit and berry paste from apples, cranberries, blackberries was obtained by concentrating the puree by evaporation at low temperatures in a rotary film apparatus at a temperature of 60 ... 65°C to a dry matter content of 30... 40%.

Multicomponent fruit and berry paste is a pasty, finely dispersed product of red-violet color, has a sour taste. Organoleptic indicators of the quality of fruit and berry paste were determined (Table 1).

Table 1

Organoleptic quality indicators of multicomponent fruit and berry paste

Indicator	According to regulatory documentation	Multi-component fruit and berry paste of apples, cranberries, blackberries
Taste	Sweet and sour with a specific pleasant taste of fruit and berry raw materials	Sweet and sour with a specific pleasant taste of cranberries and blackberries
Color	from burgundy to red-purple	red-purple
Smell	pleasant with a pronounced taste of fruit and berry raw materials	pleasant with a pronounced taste of cranberries and blackberries
Consistency	Pasty, soft, easy to form when placed on a flat surface does not spread	Pasty, soft, easy to form when placed on a flat surface does not spread
Appearance	Homogeneous, without impurities	Homogeneous, without impurities

As you can see from the table 1, multicomponent fruit and berry paste from apples, cranberries, blackberries, which was used for research, is homogeneous in appearance, without foreign inclusions, pasty, soft consistency, does not spread. The paste has a pleasant sweet and sour taste and smell of fruit and berry raw materials.

Physico-chemical and structural-mechanical quality indicators of fruit and berry paste are determined (Table 2). The rheological characteristics of

fruit and berry paste were investigated in order to determine the required consistency of the finished products. Studies of structural and mechanical properties of pastes were performed at 20°C.

Table 2

Physical, chemical and structural-mechanical quality indicators of multicomponent fruit and berry paste

Indicator	According to regulatory documentation	Multi-component fruit and berry paste of apples, cranberries, blackberries
Physical and chemical quality indicators		
Mass fraction of dry matter, %, not more	30–40	33,0
Active acidity, pH, not less	3,3±0,5	3,25
Structural-mechanical quality indicators		
Ultimate shear stress, Pa	100...165	132
Dynamic viscosity, Pa·s	600...800	615

As can be seen from table. 2, multicomponent fruit and berry paste has a mass fraction of dry matter of 33.0% and an active acidity of 3.25. The value of the shear stress for fruit and berry paste is 615 Pa.

Because the multicomponent paste has high quality indicators and contains more physiologically functional ingredients compared to apple puree, their use in the technology of pastille products has been proposed. To do this, the effect of multicomponent fruit and berry paste on the quality of the pastille was determined.

4.2 Determination of the rational amount of multicomponent fruit and berry paste in the pastille formulation

Multicomponent pastes were introduced at the stage of preparation of the pastille mass together with apple puree. The control sample was made using the same technology, but without the addition of paste.

At the first stage of research, the rheological properties of pastilles with fruit and berry pastes were determined. The studies were performed on a viscometer «Reotest-2» in the range of shear rates of 0.3... 27s⁻¹. The equipment of the viscometer allowed to set up to 24 fixed values of shear rates.

Cylinders H1 were used for measurements, which are included in the instrument kit and provide an error of no more than 3%.

Analysis of the shear curves of the displacement of the pastille using a multicomponent fruit and berry paste with the replacement of the mass of apple puree (Figure 1) shows that almost all samples have the ultimate shear stress Θ (USS) and do not begin to flow immediately after an increase in the shear stress. That is, they belong to non-ideally plastic solid-like bodies. An increase in the content of fruit paste in the pastille affects the value of the ultimate shear stress.

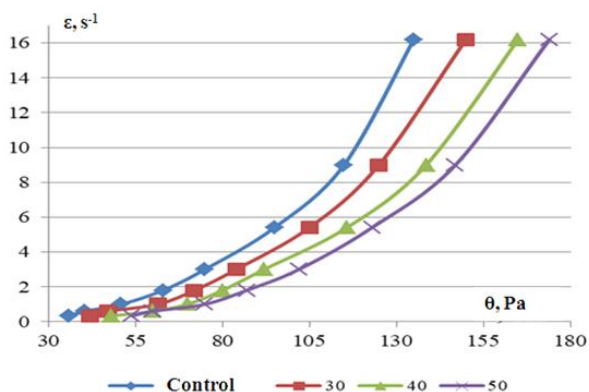


Figure 1. Dependence of the shear characteristics of the pastille with the addition of a paste with the replacement of apple puree

Thus, with increasing percentage of the paste increases the shear stress. That is, the increase of the multicomponent paste in the lozenge leads to the strengthening of the structure of the obtained product.

The dependence of the effective viscosity on the shear rate for the pastille with the addition of the paste is shown in Figure 2.

Figure 2 it can be seen that the maximum value of the effective viscosity has a pastille with a multicomponent fruit and berry paste in an amount of 50% with replacement of apple puree and is equal to $165 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, which is almost 1.5 times more than that of the control sample.

Thus, the introduction of a multicomponent paste into the pastille leads to the strengthening of the structure of the resulting product. In our opinion,

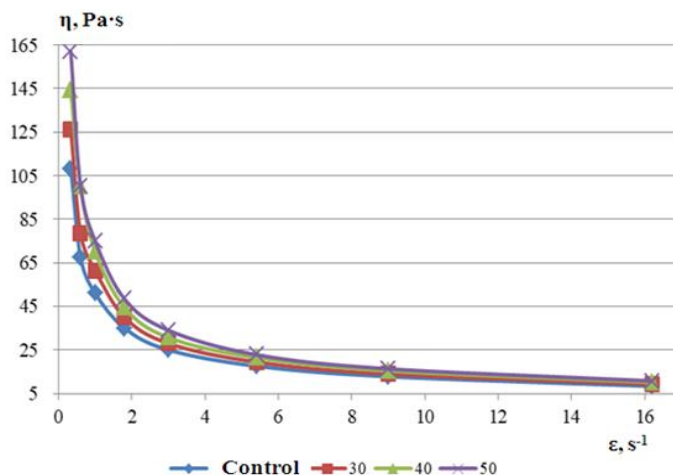


Figure 2. Complete rheological curves of pastilles with the addition of fruit and berry paste with the replacement of apple puree

this is due to the chemical composition of the paste, which contains a greater amount of dietary fiber, namely pectin substances (3.3 g per 100 g) compared to applesauce (1.3 g per 100 g). It is known that it is pectin that tends to form a gel. The property of pectin to gelation is used in cooking in the preparation of sweet dishes, namely in the production of marmalade, jam, preserves, pastilles, etc.

At the next stage of our studies, we determined the effect of the additive on the organoleptic quality of the pastille (Table 3).

From the given organoleptic indicators it is possible to draw a conclusion that introduction of multicomponent paste in the amount of 30,0... 40,0% with replacement of apple puree leads to receiving finished products with high organoleptic indicators of quality. Increasing the dosage of the additive to 50,0% slightly reduces these quality indicators, namely: the taste of the pastille acquires a pronounced taste of the additive, the color of the surface is intensely colored, the structure of the pastille becomes uneven.

The influence of multicomponent paste on physicochemical quality indicators was evaluated by such indicators as mass fraction of reducing substances and total acidity of table 4.

Table 3

**Organoleptic quality indicators of pastille
with multicomponent fruit and berry paste**

Indicator	The amount of fruit and berry paste, % replacement of apple puree			
	control	30,0	40,0	50,0
Taste and smell	Sweet and sour, without a pronounced taste and smell of cranberries		Sweet and sour, pronounced taste and smell of cranberries	Strong taste and smell of cranberries
Color	White	Pink	Pink with a shade of red	Red with a shade of purple
Consistence	Soft, easily broken			Soft
Structure	Foamy, uniform			Foamy, uneven texture
Form	Rectangular			
Appearance	Inherent to this product, without coarse hardening on the side faces			

Table 4

**Physical and chemical quality indicators of pastille
with multicomponent fruit and berry paste**

Indicator	The amount of fruit and berry paste, % replacement of apple puree			
	control	30,0	40,0	50,0
Mass fraction of reducing substances, %	8,0	8,7	9,0	9,5
Total acidity, deg	5,1	6,0	7,1	8,0
Density, kg/m ³	607	590	580	570

As a result of physical and chemical research, it can be concluded that the introduction of a multicomponent paste in an amount of 20 ... 40% with the replacement of the mass of apple puree leads to the production of pastilles with high quality indicators.

Increasing the dosage of the additive to 50.0% slightly worsens these quality indicators. So, the mass fraction of dry (Figure 3) substances exceeds the indicator specified in the regulatory documentation. This indicates that for the storage of such pastilles, special conditions must be developed to extend the shelf life, as a result, this will lead to an increase in the cost of products.

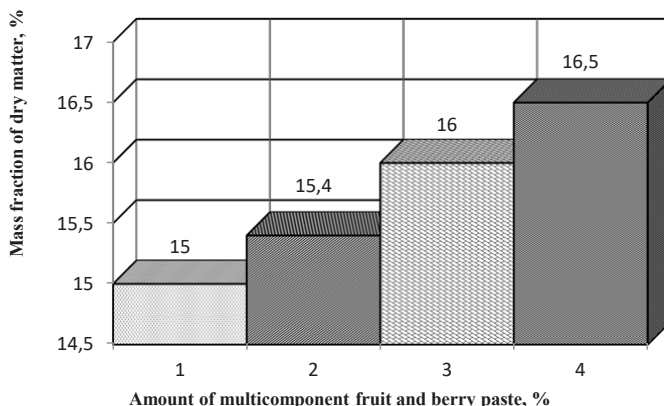


Figure 3. Mass fraction of dry matter in the pastilles:
1 – without additives (control), with multicomponent fruit and berry
paste in the amount of 2 – 30.0%, 3 – 40.0%, 4 – 50.0%

Thus, the addition of paste in the amount of 30... 50% increases the dry matter content by 2.6... 9.1% compared to the control sample. This is due to the increase in the amount of pectin in the paste compared to apple puree, which probably binds free moisture and holds it firmly.

Increasing the dosage of the additive to 50% of the paste exceeds the mass fraction of dry matter in the regulatory documentation.

The addition of paste in the amount of 30... 50% increases the content of reducing substances by 8.0... 15.8% compared to the control sample. This is due to the presence of reducing substances in the paste.

The addition of multicomponent paste in the amount of 30... 50% increases the acidity of the pastille by 15.0... 36.2% compared to the control sample. This is due to the high acidity of the paste. Therefore, we proposed to reduce the prescribed amount of acid by 30%.

At the next stage of our research, we determined such structural and mechanical properties of the pastille as strength (Figure 4) and adhesion (Figure 5).

The introduction of a multicomponent paste in the amount of 30... 50% increases the strength of the pastille by 5.0... 13.0% compared to the control sample. This is due to the increase in pectin in the pastille as the amount of additive increases.

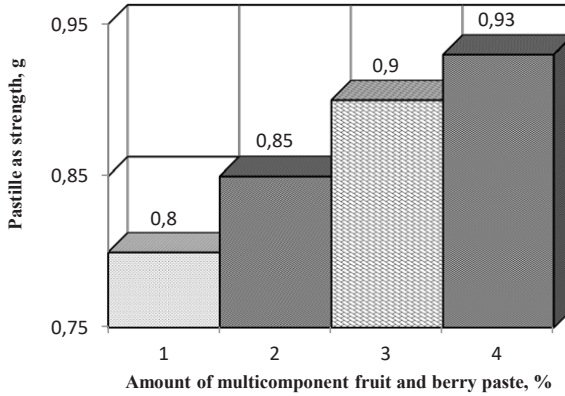


Figure 4. Strength of pastille: 1 – without additives (control), with multicomponent fruit and berry paste in the amount of 2 – 30.0%, 3 – 40.0%, 4 – 50.0%

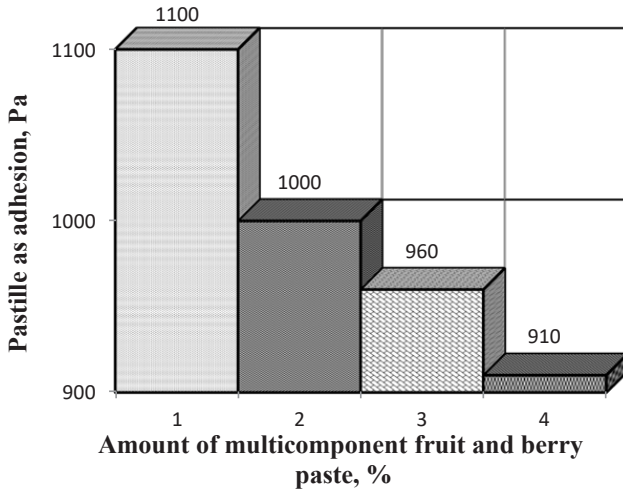


Figure 5. Adhesion of pastille 1 – without additives (control), with multicomponent fruit and berry paste in the amount of 2 – 30.0%, 3 – 40.0%, 4 – 50.0%

The adhesion of the pastille with the addition of a multicomponent paste in the amount of 30.0... 50.0% is reduced by 11.1... 17.3% compared to the control sample. This is due to the increase in bound water in the pastille. These changes in the conditions of the enterprises will only improve the quality of the products, as the adhesion of the pastille to the casting equipment will be less.

Thus, as a result of research, it was found that to obtain pastille with high quality, it is advisable to use 30... 40% multicomponent fruit and berry paste with the replacement of apple puree.

4.3 Establishing pastille changes with a multi-component paste of apples, cranberries and blackberries that occur during storage

Pastille products, like most confectionery products, lose their consumer properties during the shelf life (15... 30 days), which is the result of drying and microbiological spoilage.

The control sample was pastille without additives. Test samples of products were stored in plastic bags at a temperature of $18 \pm 3\text{C}$ and relative humidity not exceeding 75% for 30 days. Indicators such as mass fraction of moisture and adhesion were determined.

It was found that during storage the control sample of pastille loses moisture more intensively than products with the addition of multicomponent fruit and berry paste during the entire shelf life (Figure 6).

Thus, during 1...30 days of storage, the moisture content in pastille without additives is reduced by 4.0...10.0%, in products with multicomponent fruit and berry paste – not significantly.

Less moisture loss in pastille with the addition of multi-component fruit and berry paste from apples, cranberries, blackberries, due to the higher content of pectin in the products, which is able to absorb and bind water.

During storage of confectionery there are changes in their physical properties and chemical composition. This is due to the insignificant compaction of the structure due to the regrouping and ordering of the elements of the structure.

The addition of multicomponent fruit and berry paste (which contains more pectin substances that retain water) has a positive effect on the formation of the structure of the pastille.

Determined the adhesive properties of new pastille during storage (Figure 7).

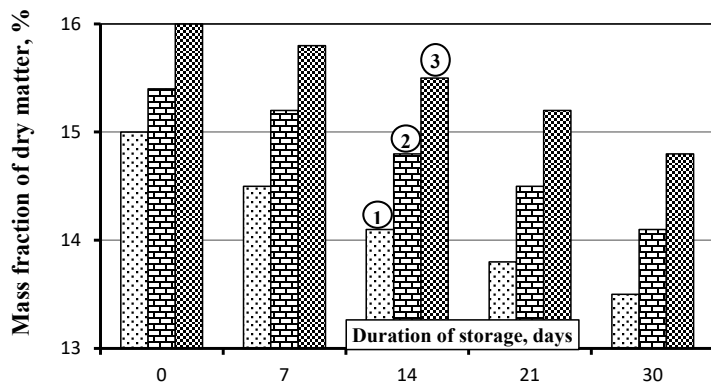


Figure 6. Mass fraction of pastille moisture during storage: 1 – without additives (control), with multicomponent fruit and berry paste in the amount of 2 – 30.0%, 3 – 40.0%

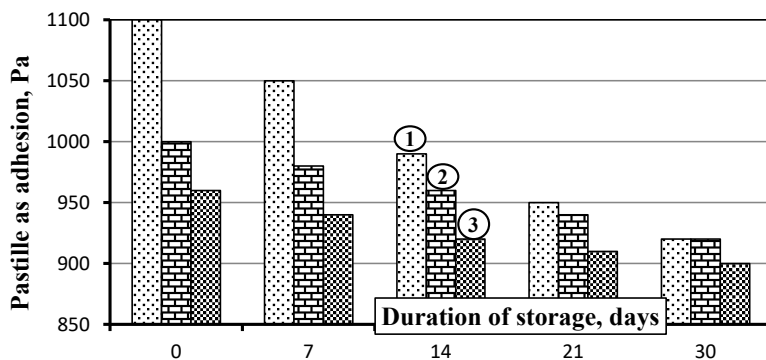


Figure 7. Adhesion of pastille during storage: 1 – without additives (control), with multicomponent fruit and berry paste in the amount of 2 – 30.0%, 3 – 40.0%

As you can see, during storage, the structure of the pastille mass of new products is more highly concentrated, which is the main reason for reducing moisture loss due to the introduction of multicomponent fruit and berry paste. As a result, the shape-retaining properties increase and the stickiness for their bonding decreases during a long shelf life.

Therefore, on the basis of the conducted researches it is possible to state that new pastille products get positive changes of indicators during storage within 30 days.

4.4 Development of formulation and technological scheme of preparation of pastille products with multicomponent fruit and berry paste

It is established that the optimal amount is 30...40% of multicomponent fruit and berry paste with apple puree replacement. Since the main goal is to increase the physiologically functional ingredients in pastille, we choose 40% of multi-component fruit and berry paste.

In view of this, formulation for pastille «Berry» using a multi-component fruit and berry paste of apples, cranberries, blackberries (Table 5).

Table 5

Formulation of pastille «Berry» with the addition of multicomponent fruit and berry paste

Name of raw materials and semi-finished products	Mass fraction of dry matter, %	Pastille «Berry» (per 1 ton of finished product)	
		mass of the recipe ingredient	in dry matter
White sugar	99,85	686,0	685,0
Powdered sugar	99,85	4,5	44,9
Syrup	78,0	107	83,5
Apple puree	10,0	366,0	36,6
Egg white	12,0	23,3	2,8
Agar	85,0	6,0	5,1
Lactic acid	40,0	4,2	1,7
Multicomponent paste of apples, cranberries, blackberries	33,0	184,8	54,9
Total	-	148,31	92,03
Product yield	85,0	1000,0	850,0

Using the formulation, the technology of making pastille with the addition of multi-component fruit and berry paste from apples, cranberries, blackberries was developed (Figure 8).

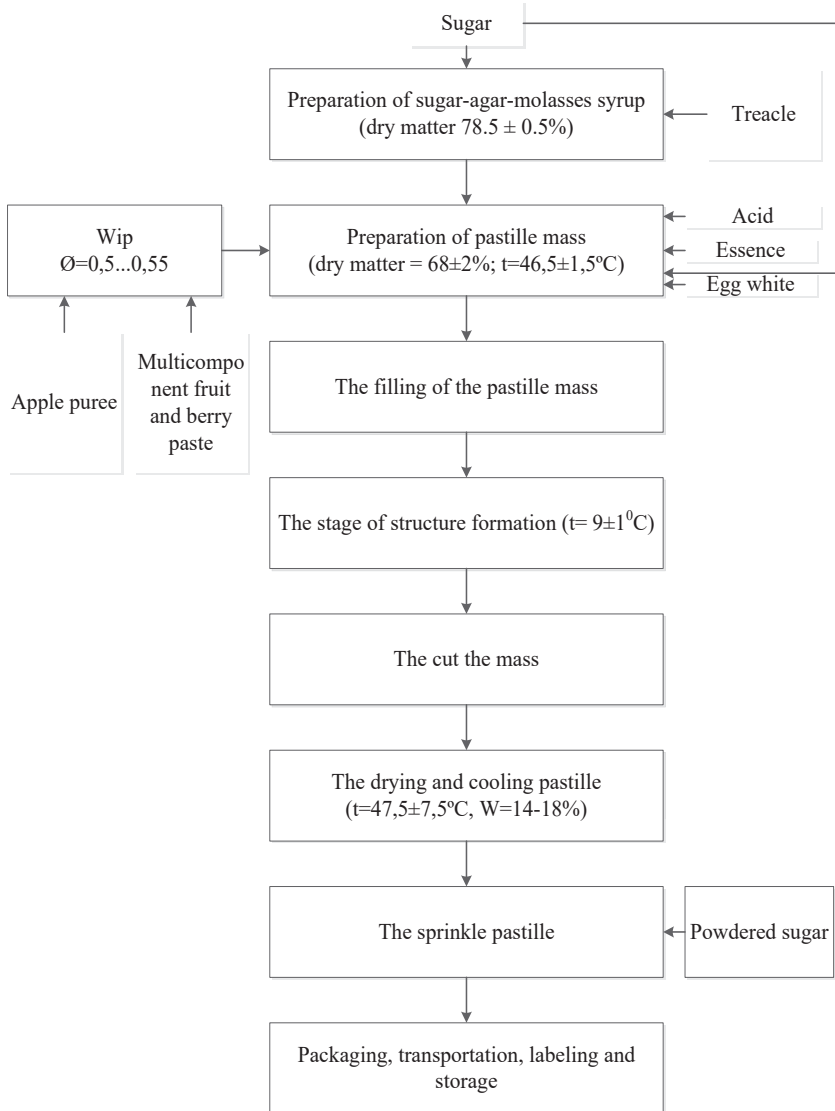


Figure 8. Technological scheme of production of pastille «Berry» with the addition of multicomponent fruit and berry paste

Before the start of production, the preparation of raw materials is carried out. Apple puree and multicomponent fruit and berry paste from the barrels are pumped into the pulverizers and wiped to get rid of the remnants of the peels, seeds and impurities, and desulphitation is carried out. After that, compaction is carried out in a vacuum apparatus and pumped into an intermediate container. Egg white, if fresh, is filtered through a sieve with a pore size of 2 mm. If the egg white is dry, it is released from the packaging, sieved through a sieve and reconstituted with water based on dry matter, then sent to an intermediate container. Agar is sieved to remove ferro-impurities and washed, then poured with cold water for swelling for 1...2 hours, to improve the properties of gelation. The sugar is released from the container and sieved to remove ferrous impurities and impurities and pumped into an intermediate container. Flavors and essences are stored in separate containers and the required amount is measured before production. Lactic acid is stored in containers that do not oxidize, before production, the acid is filtered and the required amount is measured.

Preparation of sugar-agar-molasses syrup involves mixing sugar, molasses and swollen agar in the boiler and boiling the syrup under the pressure of heating steam 0.3 ± 0.1 MPa to a dry matter content of $78.5 \pm 0.5\%$. After boiling, the syrup is sent by pump to the intermediate tank to the stage of preparation of the pastille mass.

Preparation of pastille mass involves beating continuously egg white, agar-molasses-sugar syrup, acid, essence, apple puree, multicomponent fruit and berry paste to a dry content of $68 \pm 2\%$ at a temperature of $46.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$, after the pastille is sent to stage of filling.

The filling of the pastille mass is carried out in a continuous way with the help of a forming head with heating on the lines of non-slotless filling of pastille. Or in a periodic way, filling in trays, pre-covered with plastic wrap. The pastille trays are leveled with knives. Finished trays are placed on racks and sent to the stage of structure formation.

The stage of structure formation takes place in cooling cabinets at a temperature of $9 \pm 1^\circ\text{C}$ for 15...20 minutes. To form a crystalline crust, the marshmallow layers are sent to the convection chamber, where air heated to a temperature of $39 \pm 1^\circ\text{C}$ is supplied from the air heater with the help of a fan. The finished pastille mass is sent to the cutting.

To cut the pastille mass, put the crust down and cut with special disc knives or by hand. The resulting raw pastille is placed on a rack and sent to the oven for further release of moisture.

At the stage of drying and cooling pastille, racks with pastille are moved to a drying chamber for 4.5 hours, where air heated to a temperature of 47.5 ± 7.5 degrees is circulated. Then pastille is completely cooled for 1-1.5 hours in the workshop premises.

After drying, the pastille is sprinkled with powdered sugar. At this stage, the pastille is sprinkled with powder mechanically or manually. To do this, use either a vibrating sieve or sieves with holes with a diameter of 1.2 mm. After sprinkling, the pastille is sent for packaging and packed in boxes or plastic bags. Packing takes place by means of the automatic machine.

The developed technology differs from the traditional one by the presence of multicomponent fruit and berry pastes, the operation of their preparation and the introduction of these additives at the stage of preparation of pastille mass.

Pastille using a multi-component fruit and berry paste contains an increased amount of physiologically functional ingredients compared to traditional. The chemical composition of pastille is given in table 6.

As can be seen from the above data, the introduction of multicomponent fruit and berry paste can significantly increase the content of dietary fiber, organic acids, vitamins (groups B, PP, C, E), low molecular weight phenolic compounds and minerals (magnesium, potassium, phosphorus, iron, calcium).

In addition, when adding a multi-component fruit and berry paste, the samples acquire the inherent product of a pronounced taste and aroma, which allows not to use in the recipe flavor and dye.

In the course of our research we theoretically substantiated and experimentally proved the prospects of multicomponent fruit and berry paste (from apples, cranberries, blackberries) in the pastille technology.

4.5 Determination of a complex quality indicator of pastille with multicomponent fruit and berry paste

The addition of multicomponent fruit and berry paste to the prescription composition of the pastille increases the content of all biologically active substances compared to the control sample. It was considered expedient

**Nutritional value of pastille with the addition
of multicomponent fruit and berry paste**

Substance	Pastille «Vanilla»	Pastille «Berry»
Caloric content, kcal	324,0	210,0
Proteins, g/kg	0,5	0,55
Fat, g	0,5	0,5
Carbohydrates, g	80,0	54,5
Pectic substances, g	0,8	1,95
Ascorbic acid, mg	1,07	14,5
Vitamins		
Vitamins of group B, mg	0,01	0,03
Vitamin PP, mg	0,02	–
Vitamin C, mg	-	3,0
Vitamin E, mg	-	0,98
Minerals		
Sodium, mg	16,0	18,5
Potassium, mg	55,0	127,4
Calcium, mg	21,0	18,0
Magnesium, mg	7,0	11,5
Phosphorus, mg	11,0	15,3
Iron, mg	1,6	1,6
Polyphenolic compounds		
Total amount, mg:	91,0	297,5
Anthocyanins, mg	-	91,4
Catechins, mg	42,0	53,4
Flavonols, mg	4,27	43,2

to determine a complex indicator of product quality using the qualimetric method. For this purpose, a structure of pastille quality indicators was developed – a «tree of properties», which more fully reveals the properties of products. To construct it, we chose the following groups (A, B, C) of properties. Group A includes organoleptic properties: structure, color, smell, taste, texture and surface. Group B – physical and chemical properties: mass fraction of dry substances, mass fraction of reducing substances, density and total acidity. Group C included indicators of the content of pectin substances, ascorbic acid, vitamins, minerals and polyphenols. Despite the

fact that the properties that are included in the trees are not the same in importance, the expert group determined the weight coefficients of single and group quality indicators (Table 7).

Table 7

**«Tree of properties» pastilles
with multicomponent fruit and berry paste**

Pastille quality ($P_o=1,00$)	Organoleptic properties ($P_A=0,30$)	Structure	P_{A1}	0,2
		Taste and smell	P_{A2}	0,2
		Color	P_{A3}	0,2
		Consistence	P_{A4}	0,2
		Surface	P_{A5}	0,2
	Physico- chemical properties ($P_B=0,25$)	Mass fraction of dry matter	P_{B1}	0,25
		Mass fraction of reducing substances	P_{B2}	0,25
		Density	P_{B3}	0,25
		Total acidity	P_{B4}	0,25
	Biological and nutritional value ($P_C=0,45$)	Pectic substances	P_{C1}	0,40
		Ascorbic acid	P_{C2}	0,15
		Vitamins	P_{C3}	0,15
		Minerals	P_{C4}	0,15
		Polyphenols	P_{C5}	0,15

For pastilles, as well as other confectioneries, the most important thing is to improve the organoleptic characteristics and increase the nutritional value. Physico-chemical parameters are important, but their compliance with quality requirements according to regulatory documentation is of paramount importance. Therefore, we selected the following group weights: 0.30 – for organoleptic, 0.25 – for physicochemical properties and 0.45 – for biological and nutritional value.

The complex indicator of pastille quality with multicomponent fruit and berry paste began with the definition of group complex indicators at the first level. Calculations of organoleptic properties (P_A) were performed within the expert group on a 50-point system. Absolute values of organoleptic characteristics were translated into relative dimensionless values using a graph of the Harrington desirability function. For groups B and C, the maximum allowable value was taken according to the regulatory

documentation or the best value from the point of view of content maximization, or as in the control sample (Table 8).

Table 8

Baseline indicators for properties of groups B and C

Property group	Indicator	Unit of measurement	The value of the baseline
B	Pb ₁ ³	%	85,0
	Pb ₂ ²	%	9,9
	Pb ₃ ¹	kg/m ³	700,0
	Pb ₄ ²	degrees	6,4
C	Pc ₁ ²	g/100 g	1,95
	Pc ₂ ²	mg/100 g	14,5
	Pc ₃ ²	g/100 g	4,01
	Pc ₄ ²	mg/100 g	192,3
	Pc ₅ ²	mg/100 g	297,5

Notes: 1 – the maximum allowable value according to regulatory documentation; 2 – taken in terms of content maximization; 3 – as in the control sample

The results of the translation of absolute quality indicators into relative dimensionless quantities are given in table 9.

The evaluation of group properties was performed taking into account the relative values of quality indicators within the group and their weighting factors (Table 7). Based on the calculation, a model of pastille quality was built according to group properties (Figure 9) and its complex quality assessment was calculated (Table 10).

From the given data it is visible that the developed pastille with multi-component fruit and berry paste for each group has the improved properties.

To understand the evaluation scale, the indicators are distributed according to this scale: very good – 1.00...0.80; good – 0.80...0.60; satisfactory – 0.60...0.40; bad – 0.40...0.20.

Thus, the table shows that the complex assessment of the quality of the control sample corresponds to the indicator «good» (0.74), while the complex assessment of the pastille with a multicomponent paste corresponds to the indicator «very good» (0.98).

It is established that the complex quality index of pastille with multicomponent paste taking into account group indicators (organoleptic,

Table 9

Determination of relative quality indicators of pastille samples

Unit of measurement	K _i -T _i quality indicators			Relative quality indicators		
	Code	Control	Pastille with multicomponent paste	Code	Control	Pastille with multicomponent paste
Points	P _{A1}	48	48	KA ₁	0,96	0,96
Points	P _{A2}	46	50	KA ₂	0,92	1,00
Points	P _{A3}	46	50	KA ₃	0,92	1,00
Points	P _{A4}	45	48	KA ₄	0,90	0,96
Points	P _{A5}	47	49	KA ₅	0,94	0,98
%	P _{B1}	85,0	84,0	KB ₁	1,00	0,99
%	P _{B2}	8,0	9,0	KB ₂	0,88	1,0
kg/m ³	P _{B3}	607,0	580,0	KB ₃	0,86	0,82
Degrees	P _{B4}	5,10	7,1	KB ₄	0,79	1,00
g/100g	P _{C1}	0,8	1,95	KC ₁	0,41	1,00
mg/100g	P _{C2}	1,07	14,5	KC ₂	0,73	1,00
g/100g	P _{C3}	0,03	4,01	KC ₃	0,00	1,00
mg/100g	P _{C4}	111,6	192,3	KC ₄	0,58	1,00
mg/100g	P _{C5}	137,30	297,5	KC ₅	0,95	1,00

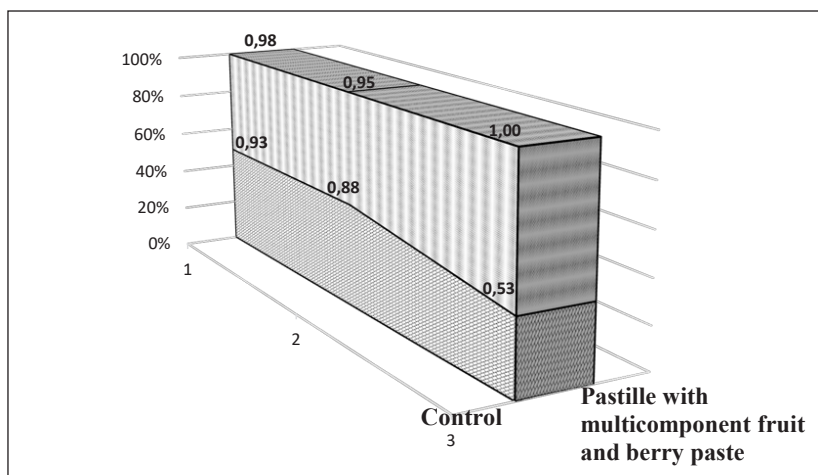


Figure 9. Quality model of the studied samples of pastille by group properties: 1 – organoleptic; 2 – physico-chemical; 3 – biological and nutritional value

Complex assessment of pastille quality

Sample	Quality assessment by properties			Complex indicator
	Organoleptic	Physico-chemical	Biological and nutritional value	K_0
Pastille (control sample)	0,3·0,93	0,25·0,88	0,45·0,53	0,74
Pastille with multicomponent paste	0,3·0,98	0,25·0,95	0,45·1,00	0,98

physicochemical, biological and nutritional value) exceeds the corresponding sample made by classical technology by 24.5%. Thus, the advanced pastille technology is competitive.

5. Conclusions

The technology of pastille of high nutritional value has been improved with the addition of multicomponent fruit and berry paste made of apples, cranberries and blackberries, which expands the range of products of high nutritional value.

The quality indicators of multicomponent fruit and berry paste (mass fraction of dry matter 33.0%, active acidity 3.25, shear stress 615 PA), which contains more physiologically functional ingredients compared to apple puree, due to its production at gentle temperatures, were determined.

A rational amount of multicomponent paste in the pastille formulation has been established, which is 40% with the replacement of apple puree. This strengthens the structure of the resulting product, gives the products a pleasant taste, cranberry smell and a uniform red color. The consistency and structure of the products becomes somewhat protracted, which is allowed by regulatory documentation. According to physico-chemical quality indicators, the obtained pastille with paste is not inferior to the control sample. New pastilles maintain their high quality for 30 days. The developed technology differs from the traditional presence of multicomponent fruit and berry paste, the operation of their preparation and the introduction of the specified enrichment raw materials at the stage of pastille mass preparation.

Pastille using a multi-component fruit and berry paste (apples, cranberries, blackberries) has an increased number of physiologically

functional ingredients compared to traditional. It is established that the complex quality indicator of pastille with multicomponent paste taking into account group indicators (organoleptic, physicochemical, biological and nutritional value) exceeds the corresponding sample made by classical technology by 24.5%.

References:

1. Iorgachova E., Avetisyan K., Kuts A. (2019). Alternativnye vidy syrya v tekhnologii polucheniya pastilo-marmeladnykh izdeliy [Alternative types of raw materials in the technology of producing pastille-marmalade products]. *Bakery and confectionery industry of Ukraine*, vol. 1, pp. 14–16.
2. Rumyantseva V., Kovach N., Gurova A. (2009). Novye vidy pastilnikh mas [New types of pastilles]. *Bakery and confectionery industry of Ukraine*, vol. 2(51), pp. 39–41.
3. Khetsuriani G.S., Pruidze E.G., Khutsidze Ts.Z.(2014). Novyy assortiment zefira povyshenoy pishchevoy tsennosti [New assortment of marshmallows with increased nutritional value]. *Bakery and confectionery*, vol. 1, pp. 30–32.
4. Vaskina V.A., Lvovich N.A. (2011). Sakharozameniteli v tekhnologii proizvodstva zefira [Sugar substitutes in marshmallow production technology]. *Confectionery production*, vol. 1, pp. 16–19.
5. Lidiane Bataglia da Silva, Marise Bonifácio Queiroz, Ana Lúcia Fadini, Rafael C.C. da Fonseca, Silvia P.M. Germer, Priscilla Efraim (2016). Chewy candy as a model system to study the influence of polyols and fruit pulp (açai) on texture and sensorial properties, *Food Science and Technology*, vol. 65, pp. 268–274.
6. Polunin E.G., Shubina O.G. (2010). Vliyanie betanina na pishchevuyu tsennost, strukturu i sroki khraneniya zefira [The influence of betanin on the nutritional value, structure and shelf life of mars hmallows]. *Proceedings of universities. Food technology*, vol. 2, pp. 40–42.
7. Koryachkina S.Ya. (2012). Sovershenstvovanie tekhnologiy khlebobulochnykh, konditerskikh i makaronnykh izdeliy funktsionalnogo naznacheniya [Improvement of technologies for bakery, confectionery and pasta for functional purposes]. Orel: FGBOU VPO «Gosuniversitet-UNPK», 262 p.
8. Iorgachova E., Avetisyan K. (2009). Polidektorza – retsepturniy komponent pastilno-marmeladnykh izdeliy [Polydextorza is a prescription component of pastille-marmalade products]. *Bakery and confectionery industry of Ukraine*, vol. 3, pp. 34–36.
9. Sokolovs'ka O.O. (2016). Modeljuvannja receptury pastyljnykh vyrobiv iz vykorystannjam netradycijnoji syrovyny vidpovidno zadanykh pokaznykiv yakosti [Modeling of recipe of pastille products with use of non-traditional raw materials according to the set quality indicators]. *Technology Audit and Production Reserves*, vol. 3(1(29)), pp. 21–27.
10. Djukareva Gh.I., Sokolovs'ka O.O. (2015). Tekhnologhichni parametry rozroblenykh pastyljnykh vyrobi [Technological parameters of the developed pastille

products]. *Advanced equipment and technologies of food production, restaurant business and trade*, vol. 1(21), pp. 79–89.

11. Iorghachova K.Gh., Banova S.I., Kovchenko V.L., Papljovka S.P. (2013). Rozshyrennja asortymentu zbyvnykh kondyterskykh vyrobiv [Expanding the range of whipped confectionery]: Mat. 69-oji nauk. konf. molodykh vchenykh aspirantiv i studentiv “Rozroblennja, doslidzhennja i stvorennja produktiv funkcionalnogho kharchuvannja, obladnannja ta novykh tekhnologhij dlja kharchovoji i pererobnoji promyslovosti”. Ukrajina, Kyiv: NUKhT, p. 66.

12. Vaskina V.A. (2011). Sakharozameniteli v tekhnologii proizvodstva zefira [Sugar substitutes in marshmallow production technology]. *Confectionery production*, vol. 1, p. 16–19.

13. Iorgacheva E.G., Kaprelyants L.V., Banova S.I. (2002). Modifitsirovannye soeprodukty s uluchshennymi penoobrazuyushchimi i emulgiruyushchimi svoystvami [Modified co-products with improved foaming and emulsifying properties]. *Grain products and compound feeds*, vol. 2, p. 23–25.

14. Pashchenko L.P., Ryabinina Yu.N., Pashchenko V.L. (2006). Sukhoy belkovyy polufabrikat kak zamenitel yaytseproduktov v proizvodstve biskvita [Dry protein semi-finished product as a substitute for egg products in the production of biscuits]. *Storage and processing of agricultural raw materials*, vol. 10, p. 69–70.

15. Kostarev A.E., Vologzhanin A.I., Orlova L.M. Sposob proizvodstva zefira «Novyy» [Method of production of marshmallow “New”]. Pat. 2232511, № 2002124401/3; zayavl. 12.09.2002; opubl. 20.07.2004.

16. Safonova O.M., Popova T.M., Mykhajlova L.V. (2012). Optyimizacija spozhyvchykh vlastyvostej zefiru z vykorystannjam bdzholynogho matochnogho molochka [Optimization of consumer properties of marshmallows with the use of royal jelly]. *Advanced techniques and technologies of food production, restaurant business and trade*, vol. 1, pp. 210–218.

17. Rudavsjka Gh.B., Shapovalova N.P. (2011). Bezpechnistj novykh pastyljnykh vyrobiv ozdorovchogho prjamuvannja [Safety of new lozenges for health]. *Equipment and technologies of food production*, vol. 27, pp. 29–35.

18. Shmatchenko N., Artamonova M., Aksonova O., Oliinyk S. (2018). Investigation of the properties of marmalade with plant cryoadditives during storage. *Food Science and Technology*, vol. 12(1), p. 87–94.

**BACKGROUND FOR DEVELOPING
THE PARAMETER CONTROL SYSTEM
OF THE COMFORT ZONE OF OFFICE PREMISES**

Ganna Khimicheva¹
Oleksii Dziuba²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-35>

Abstract. The results of the research related to the selection and justification of the parameters of office space comfort zones and sensors for their control have been presented. The parameters that determine the comfort zone of the premises have been divided into two groups. The first group includes microclimate parameters (temperature, humidity, and air quality). The second group includes the parameters due to the equipment operation (radiation, lighting, dust, atmospheric pressure, noise). It has been shown that the level of comfort depends on the class of office space. For classes A and B, the microclimate parameters can be controlled and maintained by built-in air conditioning systems. However, the parameters of the second group require the development and implementation of specific engineering solutions. Class C, D, E office premises require the development and implementation of control systems, both for the microclimate parameters and the parameters due to the equipment operation.

The paper presents a thorough analysis of standards and scientific publications on the object of research. Based on the results of the analysis, it has been concluded that existing publications, as a rule, provide mechanisms and tools for assessing individual parameters of the comfort zone and do not provide recommendations for their generalized (comprehensive) definition. Standards regulate either the normalized values of parameters or provide methods, principles, approaches to obtaining them.

A three-step algorithm has been developed to define the parameters that determine the comfort zone of office premises. The peculiarity of this

¹ Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

² Postgraduate Student,
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

algorithm is that it allows simultaneously taking into account both the level of employee satisfaction with the comfort zone and the actual values of the parameters obtained using instrumental measurement methods. This approach allows finding a correlation between the results obtained by the questionnaire survey and by measuring and selecting the optimal parameter values of the office space comfort zone.

To determine the configuration of the control system of office space comfort zone more than 50 sensors manufactured by different firms and companies have been analyzed. The selection and substantiation of sensors were carried out by the method of comparative analysis of their technical characteristics. According to the results of the analysis, seven sensors were selected. In particular, the SHT30 sensor manufactured by the Swiss company Sensirion was chosen to determine the temperature and humidity; for measuring air quality BME680 sensor from the German company Bosch was chosen; to determine the illuminance – a sensor type GY-302; for electric radiation – digital unipolar sensor A3144; for the dust parameter – the sensor of the Chinese company Waveshare; for noise level measurement – a sensor based on the MAX9814 amplifier manufactured by the American company Arduino and for atmospheric pressure – a BMP280 sensor.

The research results should be used at the stage of control system development, both the microclimate parameters and the parameters due to the equipment operation. They are especially relevant for office premises of C, D, E classes, which have a lower level of comfort zone compared to classes A and B.

1. Introduction

Today, one of the leading places in the structure of modern production is occupied by information technology. According to statistics, there are about 12 million so-called «white-collar workers» in Ukraine [15]. These are employees who are engaged in IT business, public administration, financial activities, and communications, etc. They work in offices of different comfort classes.

According to the international standard, office space is divided into five classes. Class A and B office space has air conditioning, central heating, and air traffic. That is, they are more comfortable compared to premises of C, D, E classes.

The modern workplace of the employee who works in the field of IT technologies is equipped with the system block, the power supply unit, the monitor like Apple. The work is sedentary. The set of functions depends on the type of professional orientation of the employee.

According to statistics, the incidence of office workers is not lower than that of other professions. This is because the health of office workers is exposed to both harmful and dangerous production factors, and specific. The latter is typical for enclosed spaces with artificially regulated microclimate. However, diagnosis and treatment are quite difficult. The main diseases of office workers include osteochondrosis, headache, tunnel syndrome (computer mouse syndrome), dry eye syndrome, burnout, drowse, chronic fatigue syndrome, etc. In addition, office workers dealing with personal computer equipment have thermal disorders with an increase in average body temperature by 0.2-0.7 °C. The latter requires the normalization of microclimatic working conditions.

Therefore, the safe and productive work of office workers requires the creation of a comfort zone, however, it is quite difficult for office premises. This is due to the fact that the comfort zone is determined by many parameters. During the study, the latter were divided into two groups. The first group – the microclimate parameters, which include temperature, relative humidity, air quality. The second group – the parameters stipulated by the equipment operation. These include electrical radiation, lighting, dusting, atmospheric pressure, noise.

Thus, the research related to the creation of a comfortable work area in office space through the development and implementation of modern engineering solutions is an urgent and timely task.

The object of research is to improve the process of controlling the parameters of the office space comfort zone.

The subject of the study is office space, comfort zone parameters, engineering, and technical solutions for building a control system.

Methodological basis. A systematic approach to the study of the object of the control parameters of office space comfort zone. To solve the tasks, the following methods have been used: questionnaires and systematic and comparative analysis.

The purpose of the study is to develop tools and engineering solutions for creating comfortable work areas in the office space.

The task of this study is:

- critical analysis of scientific works on this issue;
- selection and justification of the parameters that form the comfort zone of the office space;
- development of a step-by-step algorithm for determining the comfort zone of the office space;
- selection and substantiation of sensors for developing the control system of the office space comfort zone.

2. Analysis of recent publications on the problem

The paper [1] presents the results of studies on the satisfaction range of office workers with the microclimate parameters (air temperature and lighting). The authors propose to assess the comfortable level of lighting using expert methods. In particular, by a questionnaire survey of employees and simultaneous measurement of standardized characteristics of these parameters according to the requirements of ISO 7730 [1].

One of the most important parameters for office premises where the information technology is a working tool according to the standard [5] should be the lighting. In [15] the research of office space lighting is given. It is proved that the illumination in the range of 600 and 650 lux is the most suitable for a potential consumer. However, the data from these studies do not match the norms recommended by most standards. For example, the standard NS-EN 12464-1: 2021 [2] normalizes this parameter within 500 lux. According to the British standard BS 8206-2, the average daylight ratio must be at least 2% [4]. The latter requires the development of engineering measures to normalize this parameter in accordance with the approved requirements.

So, despite the large number of studies conducted on the parameters of comfortable lighting, today there is a big problem to determine its acceptable level.

In the field of research on microclimate problems, in our opinion, the most promising are the areas where the parameters that determine the microclimate are combined and presented in the form of complex criteria. Thus, the authors of [8] propose to use the «radiation temperature vector» as a criterion for microclimate comfort. This approach allows taking into account the air temperature and thermal radiation people are exposed to.

However, this does not take into account such important parameters of the microclimate as relative humidity, mobility, and air quality.

In [9] it is proposed to apply the concept of «operating temperature». It includes temperature, relative humidity, thermal radiation. However, the dependences proposed by the authors are suitable only for air mobility of 0.07-0.08 m/s.

In [10] the concept of «criterion of microclimate comfort» is used. It is more capacious and combines temperature, relative humidity, air mobility, and dust content. However, this concept can be applied only to production facilities with high dust emissions.

In [11] 28 diagrams of microclimatic conditions of comfort are given, which the authors propose to divide into three groups. The first group includes 12 diagrams built for the average radiation temperature of the room at different values of relative humidity and air mobility. The second group consists of four diagrams for different values of air mobility. These diagrams are based on the air temperature and the average radiation temperature of the room. The third group includes 12 diagrams constructed for different values of mobility and air temperature and relative humidity equal to 50%. The disadvantages of using the proposed diagrams include the inconvenience of graphical determination of the microclimate comfort parameters.

Thus, based on the results of research, we can conclude that a comprehensive assessment of the comfort zone of office space microclimate has a number of limitations. In particular, this applies to the simultaneous measurement of several microclimate parameters, the application of existing methods, and the availability of measuring equipment.

3. Selection and justification of parameters that form the comfort zone

The comfort level of office premises, as mentioned earlier, is determined by both the microclimate parameters and the equipment parameters. Table 1 shows a list of these parameters depending on the class of office space.

To create comfortable workplace areas, all these parameters must be constantly monitored and maintained in the normal range. However, the standards regulate the requirements for each of the parameters separately and do not provide methods, principles, approaches to obtaining their complex value.

Table 1

Parameters of the office space comfort zone depending on the class

№	Class of office space	Parameters							
		1 group				2 group			
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	A	+	+	+	+	+	+	+	+
2	B	+	+	+	+	+	+	+	+
3	C	+	+	+					
4	D	+	+						
5	E	+	+						

Note: 1 – temperature; 2 – relative humidity; 3 – air quality; 4 – electrical radiation; 5 – lighting; 6 – dusting; 7 – atmospheric pressure; 8 – noise.

To determine the comfortable thermal conditions, it is advisable to use the comfort index, which consists of equivalent and effective temperature indices.

The use of equivalent and effective temperature indices allows determining the comfort zones taking into account the standard ISO 7730: 2005 [1]. The PDD and PMV indices are used. More detailed procedures for assessing the level of comfort concerning the office space microclimate are given in [13].

Standard [1] provides for three classes of premises according to the thermal comfort level. They are: premises of comfort class A: $-0,2 < PMV < +0,2$ (PPD $< 6\%$); premises of comfort class B: $-0,5 < PMV < +0,5$ (PPD $< 10\%$); premises of comfort class C: $-0,7 < PMV < +0,7$ (PPD $< 15\%$). Figure 1 shows the functional dependence of PDD on PMV for different classes of office space for cold and warm periods of the year.

It should be noted that the given level of parameters that determine the comfort zones of the office space is influenced by external and internal factors. For example, the level of the electromagnetic field of the office depends on its location. In [6] it was proved that in large industrial cities, where a lot of electricity is used, there is a risk of stronger electromagnetic fields. According to the same source, the average level of the electromagnetic field in the office varies from 0.01 to 0.2 μT , if the office is not near power lines or another external source.

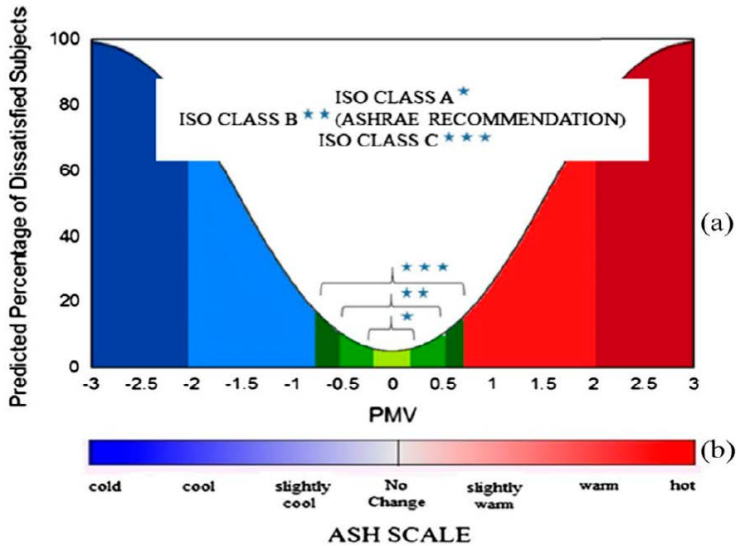


Figure 1. Functional dependence of PPD = f(PMV) [7]

Analysis of the results of sanitary and hygienic research proves that in many cases office work requires the normalization of microclimatic conditions, in terms of optimizing the aeroionic air composition and the introduction of rational operation modes. Standard DSTU ISO 9241: 2004 «Ergonomic requirements for working with video terminals in the office» provides methodological approaches to the organization of the workplace of office people [3].

Thus, to determine the parameters of the office space comfort zone, taking into account the conditions of potential consumers, it is required to have special tools that will work according to certain procedures.

4. Building an algorithm to determine the comfort zone

During the study to determine the office space comfort zone, a three-step algorithm was developed (Figure 2).

The first step is to choose the factors that affect the level of satisfaction of office workers with the comfort zone. To do this, the internal and external factors that affect the level of perception of the office space comfort

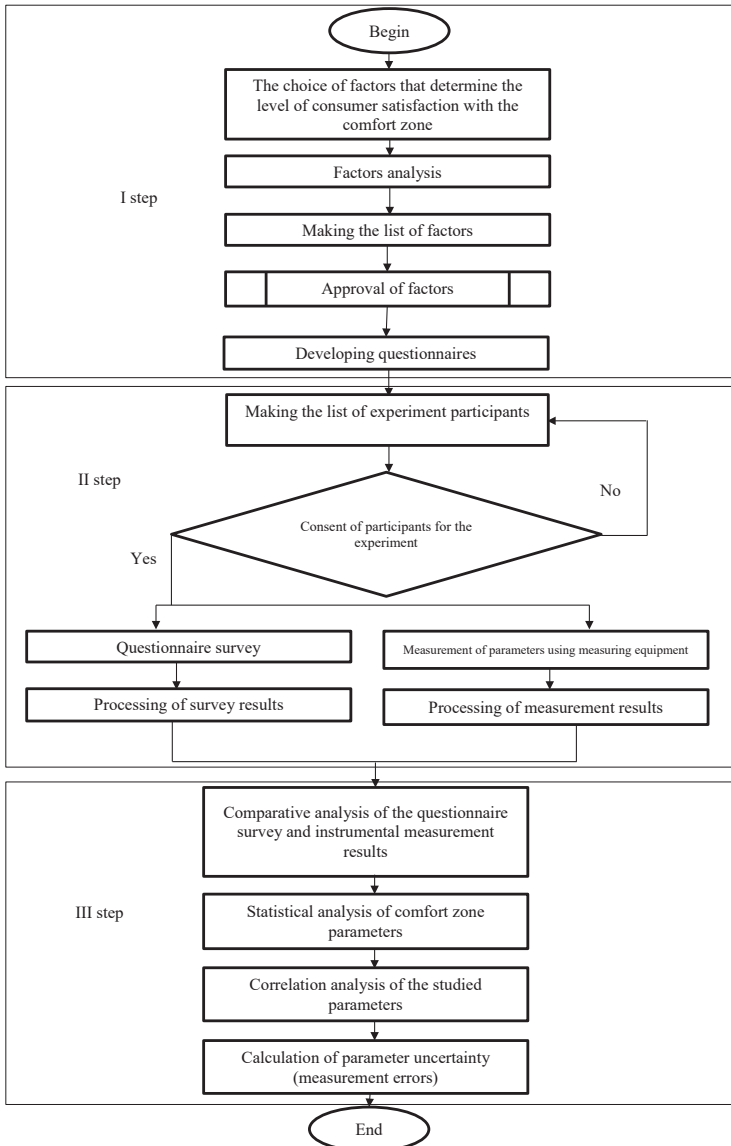


Figure 2. Algorithm for determining the office space comfort zone

Chapter «Engineering sciences»

parameters should be analyzed. In particular, on temperature, relative humidity, and air quality, electric radiation, lighting, dusting, atmospheric pressure, noise. Based on the results of the analysis, a list of factors is formed, which is then used to build a questionnaire. The questionnaire consists of two sections. The first section is general information (gender, age, type of office worker). The second section deals with the level of perception of comfort parameters by the office worker (senses satisfaction by physical and ecological parameters). Questionnaires are conducted for the warm and cold periods of the year. Figure 3 shows a fragment of the questionnaire.

As can be seen from the figure, when determining the comfort of the lighting parameter, such external factors as the perception of the lighting

Section A – Demography						
General information	General	age	sex	Right hand/left hand		
	Regarding work	Activity	Paper work	Working with a computer	Complex	Another activity
		Working hours	> 8 hours	7-8 hours	4-6 hours	< 4 hours
	How long have you been working in the office?					
Problems with visual effects	Do you have pain when working with a computer? Do you have sensitivity to light? Do you use glasses?					
Section B – Perception of lighting						
Perceived lighting level	Please provide an overall assessment of the lighting level in your office:					
	Very little	Little	Average	Much	Too much	
	How do you assess the level of lighting at the height of your desk?					
	Very little	Little	Average	Much	Too much	
	Please rate your satisfaction with lighting when working with a computer:					
	Very little	Little	Average	Much	Too much	
	Please rate your satisfaction of lighting when writing/reading a paper:					
Very little	Little	Average	Much	Too much		
The tendency to change the amount of light	What is your wish to increase the amount of light?					
	Very little	Little	Average	Much	Too much	
	What is your wish to reduce the amount of light?					
Lighting distribution	Very little	Little	Average	Much	Too much	
	Please rate your satisfaction with the distribution of lighting throughout the room:					
Light sources	Which of these light sources do you prefer?					
	Daylight		Lamplight		Combination of both	

Figure 3. Fragment of the questionnaire for the lighting parameter

level, satisfaction with lighting, the need to change the amount of light, and light sources were taken into account. To evaluate the results of the questionnaire in [12], it is proposed to use a five-point Likert scale.

The **second step** of the algorithm involves an experiment to determine the values of the parameters of the comfort zone. The list of experiment participants is formed of office workers taking into account the age, gender, and profile of the employee. To obtain accurate and reliable results, the survey conditions must be the same for all participants in the experiment. In addition, in the office, the measurement of the first and second groups of parameters is carried out using measuring equipment at the same time as the survey. The results of the experiment are processed according to existing rules and regulations.

In **the third step**, a comparative analysis is performed to determine the correlation between the results of the questionnaire survey and the instrumental measurement. Based on the results of this analysis, engineering and technical solutions for the creation and maintenance of the office space comfort zone are further developed.

The application of this algorithm allows you to more reasonably choose the parameters to create an office space comfort zone and the types of sensors to build their control systems.

5. Selection of sensors for building a control system.

Some of the above parameters can be adjusted by engineering methods. For example, in office premises, A and B, the parameters of the microclimate, dusting, determination of the content of harmful chemicals in the air, etc. are regulated automatically.

In the premises of other classes (C, D, E) deviations of these parameters from hygienic standards are quite often observed. That is, the level of the comfort zone decreases. Therefore, for these premises, it is necessary to develop and implement special control systems and automatic maintenance of comfort parameters. The most promising, in our opinion, are systems that provide control of the comfort zone by determining its complex parameter. However, this requires the use of special controls. In particular, various types of sensors for monitoring and improving the quality of the office space comfort zone.

The sensors developed and manufactured by different countries for building parameter control systems have been analyzed. When choosing

sensors, it was taken into account that the system must give a result on a complex parameter. That is, special attention was paid to such requirements as the level of automation of the system, feedback, the ability to self-configure and connect to the microcontroller, simultaneous control of several parameters, the implementation of data transmission over the LAN.

By conducting a comparative analysis of the metrological characteristics of existing sensors to build parameter control of the production space comfort zone, including office space, a number of modules developed by companies and firms from different countries were selected. Let's analyze each of them in more detail.

The basic sensor model of the Swiss company Sensirion SHT30 was chosen to determine such parameters as temperature and humidity. This sensor opens a new level in measurement technology. It is available in two versions: with analog voltage output and with digital I2C output. The functional diagram of the sensor includes a signal processing and amplification circuit, a signal linearization circuit, a calibration memory unit, an analog-to-digital converter, and a voltage output circuit. The I2C digital data interface has a baud rate of up to 1 MHz and two selectable address cells. Technical characteristics of the sensor are given in table 2.

Table 2

Technical characteristics of the SHT30 sensor

№	Characteristics	Value
1	2	3
1	Manufacturer	Sensirion
2	Relative humidity range	from 0% to 100%
3	Accuracy of relative humidity range	+/- 3%
4	Installation type	SMD/SMT
5	Output type	digital
6	Interface type	I2C
7	Operating current of the power supply	800 mA
8	Temperature measurement range	-40...125 C
9	Body type	DFN-8
10	Supply voltage	2,4...5,5 B.
11	Size	2.5x2.5x0.9 mm

The BME680 digital sensor, developed by the German company Bosch, was chosen to measure air quality parameters. The principle of operation of the digital module is to read data from the BME680 sensor. The latter is placed on the microcontroller board. Data on air quality are obtained by applying a special algorithm that comprehensively takes into account the values of temperature, humidity, and atmospheric pressure. The module can be connected to any type of microcontroller or minicomputer. The data is read via the I2C interface, which has two modes of data output (continuous output and output on request). Technical characteristics of the sensor are given in table 3.

Table 3

Technical characteristics of the BME680 sensor

№	Characteristics	Value
1	2	3
1	Manufacturer	Bosch
2	Temperature measurement range	from -40 °C to + 85 °C
3	Humidity measurement range	from 0% to 100%
4	Air pressure measuring range	from 300 to 1100 hPa
5	Frequency of measurements	in default 3 sec
6	Operating voltage	from 3 V to 5 V
7	Operating current	up to 12 mA
8	Operating temperature	from -40 °C to + 85 °C
9	Size	12 x 30 mm

A digital light sensor type GY-302 was selected to measure the backlight. It is built on the BH1750 chip. The latter is a 16-bit light sensor with an I2C interface. The use of photodiode BH1750 allows determining the intensity of light that is converted into output voltage using an operational amplifier. Digital data is received in suites through the built-in analog-to-digital converter. The advantages of this sensor include direct digital output without additional complex calculations, transformations, and calibration. Technical characteristics of the sensor are given in table 4.

In practice, the A3144 digital unipolar sensor is typically used to measure electromagnetic radiation. It is based on the Hall effect. The sensor has an analog output and a digital output of the LM393 comparator. The advantages

of the sensor are high reliability and small size. The characteristics of the sensor A3144 are shown in table 5.

Table 4

Technical characteristics of the GY-302 sensor

№	Characteristics	Value
1	2	3
1	Type	GY-302.
2	The original chip	BH1750
3	Measurement accuracy	1 lux
4	Supply voltage	3-5 V
5	Illumination range	0-65535 lx
6	Interface type	I2C
7	Size	13.9 x 18.5 mm

Table 5

Technical characteristics of the A3144 sensor

№	Characteristics	Value
1	2	3
1	Sensor type	unipolar
2	Interface	digital
3	Response time	2 ms
4	Magnetic range	from ± 20 G to ± 450 G
5	Output voltage	0,4 V
6	Output current	up to 10 μ A
7	Operating voltage	4,5 – 24 V
8	Current	up to 9 mA
9	Permissible temperature	from -65 to +170 ° C
10	Body	TO-94
11	Weight	less than 1 gr

To determine such a parameter as dusting, a universal sensor based on Sharp GP2Y1010AU0F, developed by the Chinese company Waveshare, was chosen. This sensor allows detecting dust particles from 0.8 μ m. In addition, it can detect the presence of cigarette smoke, which is a very important problem for the office. The sensor has high energy efficiency. It is used as a sensitive element in air purifiers, air conditioners, air quality

detectors. Its design is based on infrared LEDs. This allows the detection of fairly small dust particles. The technical characteristics of the sensor are shown in table 6.

Table 6

**Technical characteristics of the dust sensor based
on Sharp GP2Y1010AU0F**

№	Characteristics	Value
1	2	3
1	Manufacturer	Waveshare
2	Supply voltage	2.5B – 5.5V
3	Sensitivity	0.5V / (100 µg/m ³)
4	Measuring range	500 µg/m ³
5	Operating current	20mA (max.)
6	Operating temperature	-10 °C – 65 °C
7	Size	63.2 x 41.3 x 21.1 mm

The American company Arduino has developed a sound sensor module, which should be used to detect noise in the office. The sensor has a built-in amplifier MAX9814 with a programmable gain of 40, 50 or 60 dB. The technical characteristics of the sensor are shown in table 7.

Table 7

**Technical characteristics of the sensor module
with built-in amplifier MAX9814**

№	Characteristics	Value
1	2	3
1	Manufacturer	Arduino
2	Operating voltage	2.7...5.5 V
3	Current	3 mA
4	Amplifier	MAX9814
5	Microphone type	electret
6	Temperature range	-40°C..+85°C
7	Size	23x14 mm

The BMP280 barometer was selected for atmospheric pressure. It is controlled by the I2C bus (TWI). The atmospheric pressure module

is based on the BMP280 sensor. Its advantages are rather low power consumption, high accuracy, and the presence of two interfaces. The module can work in three modes: SLEEP, FORCED, NORMAL. The first mode is the mode of reduced power consumption. In FORCED mode, the sensor on the command of the microcontroller performs procedures for measuring, transmitting the result, and switching to low power mode. For NORMAL mode, the sensor is programmed as follows: exit standby mode, perform pressure measurement, and switch to low power mode. Technical characteristics of the BMP280 sensor are shown in table 8.

Table 8

Technical characteristics of the BMP-280 sensor

№	Characteristics	Value
1	2	3
1	Supply voltage	From 1.71 V to 3.6 B
2	Max speed of I2C interface	3.4 MHz
3	Current	2.7μA at a sampling frequency of 1 Hz
4	Interface type	I2C
5	Measured pressure range	from 300hPa to 1100hPa
6	Size	21 mm x 18 mm

Thus, to create a configuration of the parameter control system of the production space comfort zone, including and office space, it is advisable to use the above sensors as primary transducers. The use of these sensors will create a comfort zone taking into account the wishes of potential consumers.

6. Conclusions

1. It has been proved that the level of comfort of office space is influenced by two groups of parameters. The first group is the microclimate parameters (temperature, relative humidity, air quality). The second group – the parameters stipulated by the equipment operation (radiation, lighting, dusting, atmospheric pressure, noise).

2. It has been proposed to determine the level of the office space comfort zone by a complex parameter taking into account the satisfaction of the potential consumer (in our case, the office worker).

3. To determine the complex parameter of the office space comfort zone, a three-step algorithm has been developed. The application of this algorithm allows us to compare the results of the questionnaire and instrumental measurement, to find a correlation between them and the results of the latter to calculate the optimal value of the complex parameter.

4. The developments of various companies and firms engaged in the manufacture of sensors have been analyzed to determine the parameters of office space comfort, on their basis, the seven most suitable models have been selected. In particular, the following sensors have been chosen: the SHT30 sensor manufactured by the Swiss company Sensirion has been chosen to determine the temperature and humidity; for measuring air quality – BME680 sensor from the German company Bosch; to determine the illuminance – a sensor type GY-302; for electric radiation – digital unipolar sensor A3144; for the dusting parameter – the sensor of the Chinese company Waveshare; for noise level measurement – a sensor based on the MAX9814 amplifier manufactured by the American company Arduino and for atmospheric pressure – a BMP280 sensor.

References:

1. ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. 11.2005, 52 p.
2. NS-EN 12464-1:2021 Light and lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places. 09.04.2021, 120 p.
3. ISO 9241-11:2018(en) Ergonomics of human-system interaction – Part 11: Usability: Definitions and concepts, 2018.
4. BS 8206-2:2008 Lighting for buildings. Code of practice for daylighting, 2008.
5. BS EN 15193-1:2017+A1:2021 Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting, 30.06.2021, 110 p.
6. Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents.
7. Fanger, P.O. Calculation of Thermal Comfort: Introduction of a Basic Comfort Equation. ASHRAE Transactions, 1967. 73 p, III4.1-III4.20.
8. Griffiths, I. D. (1974) Subjective response to overhead thermal radiation / I. D. Griffiths, D. A. McIntyre. *Human Factor*, pp. 415–422.
9. Gagge, A. P. (1968) The influence of clothing on physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures / A. P. Gagge, C. E. A. Winslow, L. P. Harrington. *Amer. J. Physiol.*, no. 124, pp. 30–50.

10. Maksimovich, V.A. (1977) Kriteriy komfortnosti mikroklimaticheskikh usloviy. *Tekhnika bezopasnosti, okhrana truda i gornospasatel'noe delo*, 6, 22–23.
11. Olesen, S. (1972) Comfort limits for msn exposed to asymtric thermal radiation / [S. Olesen et al.] // Proc. of the CIB Commission W45 (Human requirements). Symp. Thermal Comfort and Moderate Heat Stress Building Research Station. London.
12. Van Hoof, J., Mazej, M., & Hensen, J. (2010) Thermal Comfort: Research and Practice. *Frontiers in Bioscience*, 15, 765–788. DOI: <https://doi.org/10.2741/3645>
13. Khimicheva G., Dziuba O. (2021) Selection and justification of comfortable microclimate parameters for office premises. *Innovative Solutions In Modern Science*, 4(48), 49–65.
14. Maryam Fakhari, Rima Fayaz, Somayeh Asadi (2021) Lighting preferences in office spaces concerning the indoor thermal environment *Frontiers of Architectural Research*, vol. 10, issue 3, September, pp. 639–651.
15. Diialnist subiektiv velykoho, serednoho, maloho ta mikropidpriemstva [Activities of large, medium, small and micro enterprises]. Available at: https://sme.gov.ua/wp-content/uploads/2020/12/2_State_Statistics_Service_of_Ukraine_Activity_of_entities_2019.pdf

CHAPTER «CHEMICAL SCIENCES»

NITRONE AS LIGANDS: STRUCTURE, PROPERTIES AND FUNCTIONALITY

НІТРОНИ В ЯКОСТІ ЛІГАНДІВ: БУДОВА, ВЛАСТИВОСТІ ТА ФУНКЦІОНАЛІЗАЦІЯ

Ilona Raspertova¹
Rostyslav Lampeka²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-36>

Abstract. This paper aims to analyze and systematize aspects of coordination chemistry of nitrones and the field of application of coordination compounds based of nitrones. Nitrones as a class of organic compounds have been known for a long time. They are used in organic synthesis as starting materials for acyclic compounds and as «spin trapping agents» for studying various processes in biological systems. A significant amount of nitrone derivatives has pharmacological activity and is a part of some drugs. The high electron density on the oxygen atom of the nitrone group promotes the formation of coordination compounds. This property of nitrones is widely used to influence their reactivity. Nitrones can also be potential corrosion inhibitors due to their ability to form stable complexes. But the coordination chemistry of this class of compounds remains poorly studied. The literature describes coordination compounds of metals with aliphatic, six-membered aromatic and some heterocyclic compounds. Analysis of the literature showed that nitrone-based coordination compounds attract considerable attention with their useful properties, in particular: they can affect the passage of 1,3-dipolar cycloaddition reactions, act as catalysts in Heck, Kumada and ketone hydrogenation reactions, show antitumor

¹ PhD in Chemistry, Research Associate,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

² Doctor of Sciences in Inorganic Chemistry,
Professor of the Department of Inorganic Chemistry,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

activity against HepG2 cells. The wide range of applications of coordination compounds of nitrones and their small number indicate the ability to generate a significant number of new compounds with new properties.

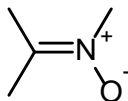
1. Вступ

Нітрони як клас органічних сполук відомі доволі давно [1–4]. Вони застосовуються в органічному синтезі як вихідні речовини для отримання ациклічних сполук [3–5] та як «спінові пастки» для вивчення різних процесів у біологічних системах [6–7]. Значна кількість похідних нітронів має фармакологічну активність та є складовою частиною деяких препаратів [8; 9]. Нітрони знаходять застосування у біоортогональних реакціях [10]. Швидкість таких реакцій, співставима зі швидкістю, виявленою для «азид-алкін» диполярного циклоприєднання [10]. Контроль стереохімії в реакціях диполярного циклоприєднання є необхідним та і важливим аспектом цього типу реакцій і може бути досягнутий шляхом вибору або відповідних субстратів, або введенням в реакцію комплексів металів [11; 12].

Висока електронна густина на атомі кисню нітронної групи сприяє утворенню координаційних сполук. Ця властивість нітронів широко використовується для впливу на їх реакційну здатність [13]. Також нітрони можуть виступати потенційними інгібіторами корозії завдяки властивості формувати стабільні комплекси [13]. Але координаційна хімія даного класу сполук залишається маловивченою. В літературі описані координаційні сполуки металів з аліфатичними, шестичленими ароматичними та деякими гетероциклічними сполуками. Дана робота має перед собою мету проаналізувати та систематизувати аспекти координаційної хімії нітронів та галузі застосування координаційних сполук на основі нітронів.

2. Нітрони. Загальні відомості

Нітрони або азометин-N-оксиди – сполуки, до складу яких входить група:



Вперше нітрони були синтезовані Бекманом в 1880 році шляхом N-алкілювання оксимів. Назва нітрони запропонована Пфайфером у 1916 році [14] та походить від “nitrogenketone”, що вказує на хімічну спорідненість між нітронами та кетонами. Так, нітрони аналогічно до кетонів депротонуються в *-положенні під дією основ, окиснюються SeO_2 з утворенням *-карбонільних сполук, приєднують металоорганічні реагенти та ціановодневу кислоту; відновлюються комплексними гідридами металів.

Нітрони зазвичай отримують шляхом конденсації N-монозаміщених гідроксиламінів з карбонільними сполуками (рис. 1) [2]. За умови, що R^1 –алкільний або арильний замісник, а R та R^2 – замісники невеликого об'єму, реакція відбувається з високими виходами кінцевих продуктів.

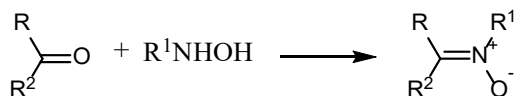


Рис. 1. Загальний спосіб отримання нітронів

3. Координаційна хімія нітронів

На відміну від органічної хімії нітронів, координаційна хімія є мало вивченою. Зустрічається незначна кількість робіт, присвячених цій проблемі. Вони епізодичні, майже незв'язані між собою як з точки зору органічних лігандів, так і з точки зору мети дослідження.

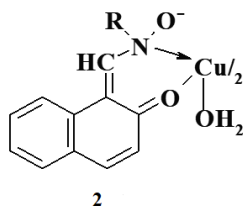
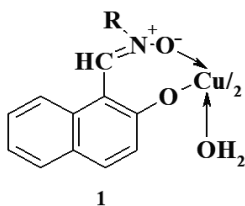
Вперше комплексні сполуки нітронів були отримані в 1969 році [15]. В даній роботі були синтезовані комплексні сполуки нікелю з N-метил- α -(2-піридил)нітроном (L14) та його метильними похідними. Піридилнітронні ліганди представляють собою новий клас бідентатних хелатуючих агентів. Сполуки $\text{Ni}(\text{L14})_2\text{Cl}_2$, $\text{Ni}(3\text{-CH}_3\text{-L14})_2\text{Cl}_2$, $\text{Ni}(4\text{-CH}_3\text{-L14})_2\text{Cl}_2$, $\text{Ni}(5\text{-CH}_3\text{-L14})_2\text{Cl}_2$, $\text{Ni}(6\text{-CH}_3\text{-L14})_2\text{Cl}_2$ синтезовані та охарактеризовані за допомогою елементного аналізу, ІЧ, ПМР та електронної спектроскопії. Комплекси нікелю є шестикоординованими. Чотири позиції займають два ліганди, які координуються бідентатно-хелатно через атом азоту піридинового кільця та атом кисню нітронної групи. Два координаційних місця, які залишаються, в твердому стані займають йони хлору, а в розчині – молекули води. На підставі аналізу ізотропних зсувів в ПМР спектрах парамагнітних комплексів металів

було показано, що в делокалізації електронної густини при координації приймають участь як σ - так і π - молекулярні орбіталі ліганду.

Продовженням вивчення електронної делокалізації в координованих нітронах було дослідження α -феніл N-метилнітрона, α -р-толіл-N-метилнітрона, α -феніл- α ,N-диметилнітрона, α -р-толіл- α ,N-диметилнітрона [16]. Проте, координаційні сполуки були синтезовані лише з α -р-толіл-N-метилнітроном та α -феніл- α ,N-диметилнітроном. Результати досліджень свідчать про те, що електронна густина в комплексах нікелю делокалізована, в основному, за рахунок π -орбіталей нітрону.

В роботі [17] вивчалася координаційна поведінка похідних α -(2-окси-1-нафтил)-N-R-нітронів по відношенню до Cu(II). Зазвичай, координація відбувається через атом кисню нітронної групи та фенольний кисень з утворенням семичленного металоциклу.

Робота [17], на нашу думку, привертає до себе увагу тим, що, на відміну від інших робіт, автори пропонують на підставі даних ЕПР-спектроскопії координацію нітронної групи через атом азоту нітронної групи. В більш ранній роботі [17] цих же авторів на прикладі комплексів міді координаційна поведінка нітронів порівнюється з поведінкою N-оксидів та оксимів. Віддається перевага утворенню семичленного хелатного металоциклу **1** за рахунок атома кисню нітронної групи та кисню фенольної групи, тобто при координації нітрони ведуть себе як N-оксиди. Автори проводять переоцінку своїх попередніх уявлень в роботі [18] та пропонують координацію нітронної групи через атом азоту, як це відбувається в оксидах, та фенольний кисень з утворенням шестичленного металоциклу **2**.



На жаль, крім даних спектрів ЕПР (при умові, що в системі присутні інші ліганди, які містять здатні до координації атоми азоту) нема інших підтверджень координації нітронного азоту.

Рентгенографічні дослідження були виконані для незначної кількості комплексних сполук з нітронами, причому більшість з них відносяться до не зовсім стандартних сполук. Так, на сьогоднішній день опубліковано близько 40 статей в яких описано структури координаційних сполук з нітронами (CSDversion 5.41; November 2020). Вони охоплюють 25 різноманітних лігандів, які можна поділити на ароматичні та аліфатичні (рис. 2, рис. 3). В таблиці 1 зведено дані стосовно комплексних сполук йонів металів з нітронами.

Таблиця 1

**Зведені дані про координаційні сполуки металів з нітронами,
що досліджені методом РСТА**

Ліганд	Метал, [Посилання]	Ліганд	Метал, [Посилання]
L1	Au [19, 20]	L14	Cu[27], Cd, Zn[28]. Hg [29]
L2	Pd [21]	L15	Au [30], Ag [31], Zn [32]
L3	Au[19]	L16	Cu, Mn, Co, Ni, Fe, Zn [33, 34]
L4	Au[19]	L17	Pd, Ni [35], Ru, [36]
L5	Ni [22]	L18	Cu, Co, Ni, Cr [37]
L6	Ir [23]	L19	Cu [27], Ni[38]
L7	Cr [24]	L20	Cd, U [39]
L8	Cr [24]	L21	U [40]
L9	Cr [24]	L22	Ni, Fe [41]
L10	Cr [24]	L23	Pr [42]
L11	Cr [24]	L24	Zn, Co, Mn [43]
L12	Cu [25]	L25	Co, U [44]
L13	Ir [26]		

Так в роботах [19; 20], які присвячені дослідженню каталітичної активності комплексів Au(I)-нітрон (L1, L4) в реакціях циклоприєднання було отримано ряд комплексів, де в якості додаткових лігандів було використано Ph₃P та JohnPhos. Згідно рентгеноструктурних досліджень кут кисень нітрону–Au(I)–P майже 180° в синтезованих комплексах (рис. 4). Довжини зв'язків вказують на те, що нітрон зв'язаний більш міцно з Au(I) ніж додатковий ліганд. Результати каталітичних досліджень в реакціях [2+2+2] циклотримеризації диарилпропаргіл-триацеталей демонструють універсальність систем золото(I)-нітрон

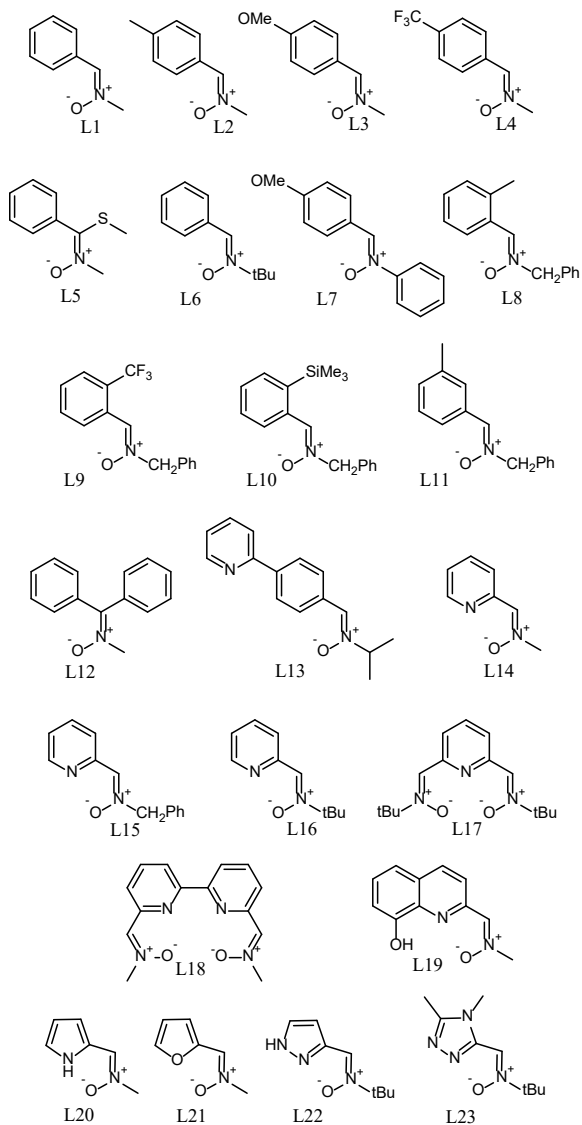


Рис. 2. Ароматичні нітрони, що використовувалися для синтезу координаційних сполук

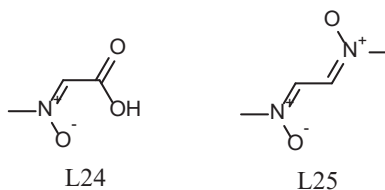


Рис. 3. Аліфатичні нітрони, що використовувалися для синтезу координаційних сполук

завдяки контрольованій здатності до комплексоутворення та їх селективній корисності.

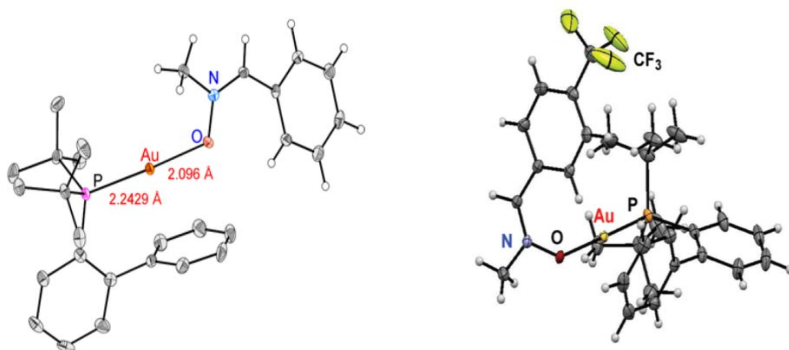


Рис. 4. Молекулярна будова комплексів Au(I) з нітронами L1 та L4

В роботі [21] вперше представлені результати синтезу координаційних сполук паладію з нітронами (рис. 5). Комплекс **3** є ключовим інтермедіатом, зонайменше, в двох подальших реакціях, а саме, циклопаладуванні з утворенням димерного комплексу $[\text{Pd}_2(\mu\text{-Cl})_2(\text{L2})_2]$ та дезоксигенації нітрону з утворенням координаційної сполуки паладію із синтезованим *in situ* іміном $[\text{PdCl}_2\{\text{N}(\text{Me})=\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_4\text{Me-p})\}_2]$. З огляду на координаційну поведінку нітрону L2 лабільний йон Pd(II) реагує як з диполарофілом, так і з диполем. Остання взаємодія, а саме легування нітрону паладієм, на жаль, інгібує 1,3-диполярне циклоприєднання за рахунок координації.

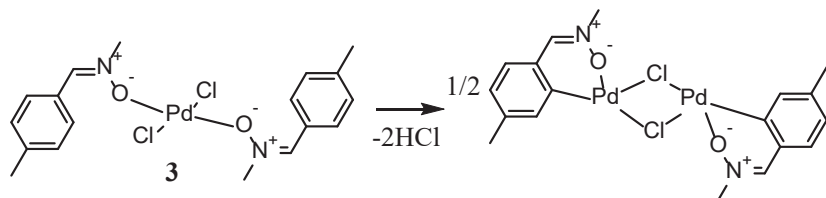
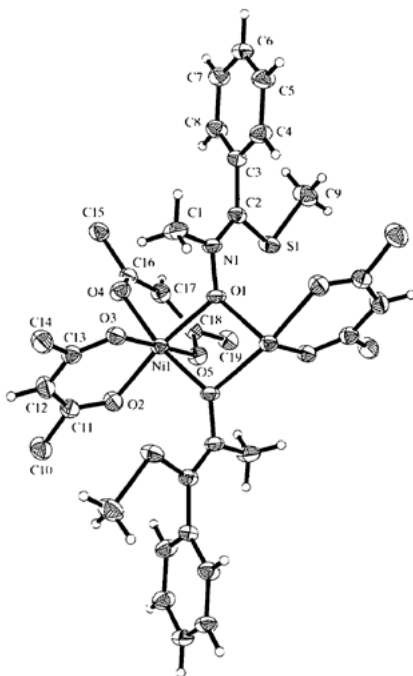


Рис. 5. Комплекси Pd з нітроном L2

В роботі [22] отримано димерний комплекс нікелю з лігандом L5 (рис. 6). Нітрон-тіоефірна група майже планарна. Дієдральний кут між фенольним кільцем та нітрон-тіоефірною групою складає $66.0(4)^\circ$, що майже не відрізняється для некоординованого нітрону (65.6°). Інші геометричні параметри також не зазнають значних змін. Виключення: зв'язок N-O, він подовжується при координації та дорівнює $1.357(2)$ Å.

⟨-Феніл-N-трет-бутилнітрон та його похідні – відомі антиоксиданти. В роботі [23] автори повідомляють про розробку та синтез серії нових циклометалюваних гідридів іридію, отриманих активацією зв'язку C-H ароматичних нітронів. Там же представлена також оцінка описаних гідридів іридію як протипухлинних засобів. Порівняно з цисплатином, гідриди іридію виявляють чудову протипухлинну активність на клітинах HerG2. Комплекс, $[\text{IrH}(\text{L6-Cl})(\text{PPh}_3)_2(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})]\text{SbF}_6^-$, з найбільшою протипухлинною активністю було обрано для подальшого скринінгу на лініях клітин NCI-60. Подальший аналіз під-

Рис. 6. Будова димерного комплексу нікелю $[\text{Ni}_2(\text{L5})_2(\text{hfac})_4]$

твердив його здатність індукувати апоптоз. Нарешті, було показано, що комплекс може бути ефективним *in vivo* з використанням моделей ксенотрансплантату пухлини у мишей ICR, та виявляє меншу токсичність, ніж цисплатин. Попередні дослідження вказують на перспективність подальших досліджень біологічної активності гідридів металів з нітронами.

Про синтез комплексних сполук на основі нітронів L7-L12 з карбонілом хрому повідомляється в роботі [24]. Ці нові площинно-хіральні комплекси були охарактеризовані за допомогою ^1H , ^{13}C ЯМР та ІЧ-спектроскопії, а також циклічної вольтамперометрії. Були отримані також структурні дані для ряду синтезованих комплексів (рис. 7). Реакційна здатність згаданих хіральних комплексів з нітронами була досліджена в «pinacol-тупе» реакціях індукованих SmI_2 . Відновлюване крос-сполучення нітронів з карбонільними сполуками виявилось хемо- та діастероселективним. Таким чином були синтезовані прекурсори енантіонасичених β -аміноспиртів з високими виходами.

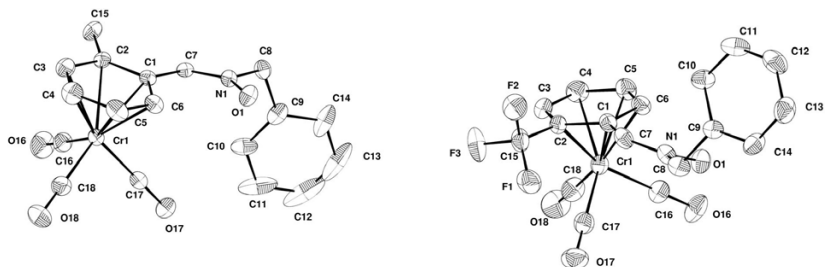


Рис. 7. Молекулярна будова комплексів хрому з нітронами L8 та L9

Авторами роботи [25] запропонований новий синтетичний підхід для отримання 2,3-дигідро-1,2,4-оксадіазолів. Він базується на каталітичній дії комплексів Cu(I) з кетонітронами в реакціях циклоприєднання з дизаміщеними ціанамідами, в результаті яких можливо отримати 5-амінозаміщені циклічні системи. Реакція відбувається в м'яких умовах (кімнатна температура або 45°C) та потребує біля 10% відповідного мідного каталізатора. Використання цього методу дозволяє отримувати гетероцикли з виходами від помірних до гарних.

Координаційні сполуки іридію привертають останнім часом до себе увагу при розробці нових лікарських засобів. В роботі [26] представлено синтез, будову та протипухлинні властивості комплексу іридію з нітроном L13 (рис. 8). Комплекс виявив значну антипроліферативну активність по відношенню до клітин раку A2780.

В роботі [27] досліджено комплексоутворення міді з нітронами L14 та L19. Синтезовано два нових комплекси складу $\text{Cu}(\text{L14})_2(\text{NO}_3)_2$ та $\text{Cu}_2(\text{L19})_2(\text{NO}_3)_2$. Сполуки досліджено методами ЕПР, ІЧ та електронної спектроскопії. Для обох сполук проведено рентгеноструктурні дослідження (рис. 9). В сполуці $\text{Cu}(\text{L14})_2(\text{NO}_3)_2$ йон міді має викривлене октаедричне оточення. Нітрон координований бідентатно-хелатно. Сполука $\text{Cu}_2(\text{L19})_2(\text{NO}_3)_2$ є димером, в якому атоми кисню гідрокси-груп виступають містками між атомами міді. Нітрон L19 координується тридентатно, утворюючи п'яти- та шестичленні хелатні

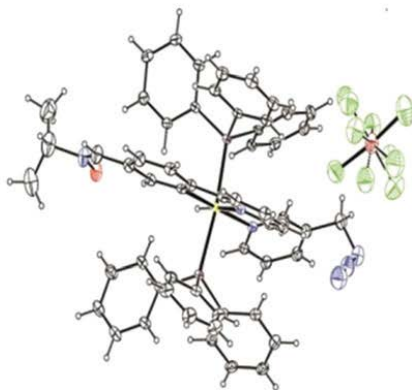


Рис. 8. Молекулярна будова комплексу $\text{IrH}(\text{L13}) (\text{PPh}_3)_2(\text{Py-N}_3)$ з нітроном L13

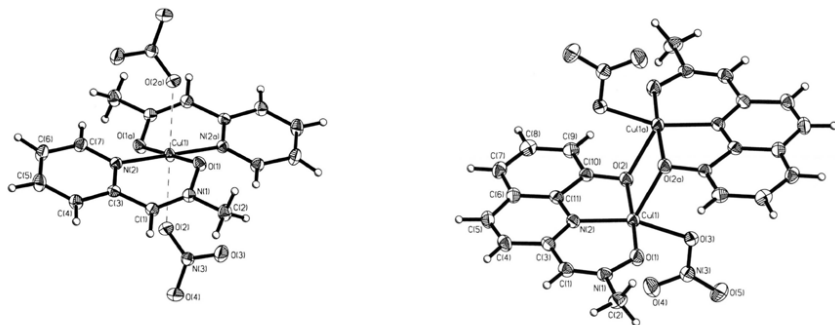


Рис. 9. Молекулярна будова комплексів міді з нітронами L14 (ліворуч) та L19 (праворуч)

цикли. Атоми міді знаходяться в квадратно-пірамідальному оточенні. Атом кисню займає апікальну позицію.

Робота [28] стала продовженням досліджень, що описані в [27], де представлено результати досліджень комплексоутворення цинку та кадмію з L14. Синтезовані комплекси складу $M(L14)_2(NO_3)_2$ досліджені методом рентгеноструктурного аналізу, ІЧ та ЯМР спектроскопії. Також проведено дослідження флуоресцентних властивостей. Показано, що при кімнатній температурі комплекси демонструють сильну емісію.

Fard M.A. et. al проводять роботу по вивченню координаційних властивостей N-метил-(2-піридил)-нітрону. Вони вивчають комплексоутворення галогенів ртуті(II) з L14 та L16 [29]. Потенційно бідентатні ліганди, що містять фрагмент піридин-нітрон можуть існувати як в *syn*-, так і в *anti*-конформаціях. Певна конформація може сприяти утворенню хелату або містка в координаційних сполуках. Для галогенів також притаманна «роль» містка, що надає змогу отримувати полімерні комплекси. В даній роботі детально вивчено вплив конформації ліганду, розміру замісників та різних аніонів галогенів на утворення тривимірних супрамолекулярних архітектур координаційних сполук ртуті(II). Структури комплексів складу 1:1 $[HgX_2L]$ ($X=Cl$, $L=L14$; $X=Br$, $L=L16$), 2:1 $[(HgX_2)_2L]$ ($X=Br$ або I , $L=L14$; $X=Cl$ або I , $L=L16$) та незвичайної сполуки $[(HgBr_2)_5(L16)_3]$ було вивчено за допомогою РСТА. Способи координації піридил-нітронів у вище згаданих комплексах ртуті наведені на рисунку 10.

Координаційні сполуки золота(III) и золота(I), а також їх металоорганічні похідні здатні каталізувати реакції 1,3-дипольного циклопрієднання N-бензил-С(2-піридил)нітрону та метилакрилату [30]. При цьому зменшується час проходження реакції та переважно утворюється *cis*-ізомер. Автори роботи припускають, що відбувається розрив зв'язку Au-Cl або Au-C₆F₅ та наступна координація метилакрилату. Це призводить до утворення інтермедиату, який виявляє більшу реакційну здатність по відношенню до нітрону L15. Вихідною сполукою для синтезу комплексу з нітроном L15 була $[AuCl_3(tht)]$ (tht – тетрагідротіофен). Неочікувано утворюється іонна сполука $[L15-H][AuCl_4]$ (**8**) (рис. 11). Вона проявляє каталітичну активність та помірну селективність в реакціях 1,3-дипольного циклопрієднання. Ці дані дозволили знайти схожі за будовою, але більш активні каталізатори на основі золота (III) и золота (I).

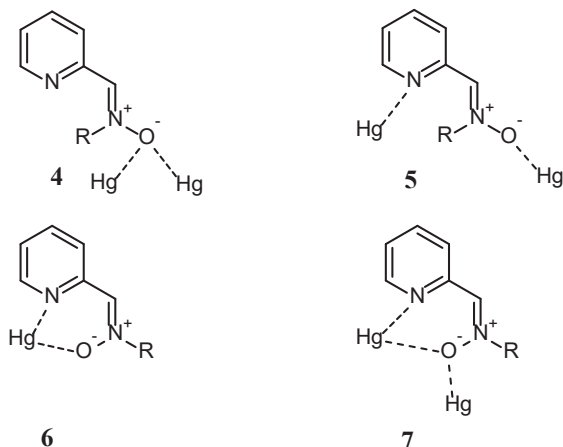


Рис. 10. Знайдені способи координації піридил-нітронів

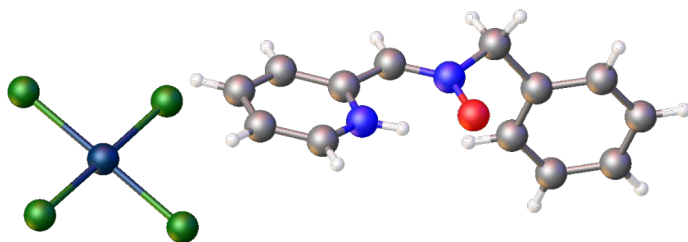


Рис. 11. Молекулярна будова сполуки 8

В даній роботі також отримані нові комплекси з нітроном L15: $[\text{Au}(\text{C}_6\text{F}_5)_2\text{Cl}_2(\text{L15})]$, $[\text{Au}(\text{C}_6\text{F}_5)_2\text{Cl}(\text{L15})]$, $[\text{Au}(\text{C}_6\text{F}_5)(\text{L15})]$. Отримані комплекси не реагують з метилакрилатом з утворенням продуктів циклоприсаднання. Автори роблять припущення, що комплекси не є ймовірними проміжними продуктами в реакції 1,3-диполярного циклоприсаднання, на відміну від аналогічних комплексів $\text{Ag}(\text{I})$ [31] та $\text{Zn}(\text{II})$ [32].

Робота [33] присвячена комплексоутворенню N-третбутил-(2-піридил)нітрому (L16) з гексафтороацетилацетонатами 3-d металів. Рентгеноструктурні дослідження показали, що поведінка нітрона при комплексоутворенні різноманітна. З бідентатним нітроном мідь утво-

рює нейтральний комплекс **9** (рис. 12), в той час як Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} та Fe^{2+} утворюють комплексні солі, що складаються з $M(L16)_2(hfac)$ катионів та $M(hfac)_3$ аніонів. Рушійні сили утворення солі з нейтрального L16 незрозумілі, але це, можливо, пов'язано з меншою розчинністю іонної кристалічної форми в неполярних розчинниках. Геометричні зміни в L16 при координації показують, що зв'язок C=N більш локалізований в комплексах.

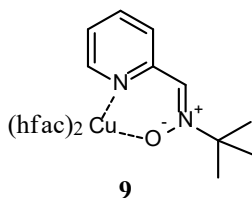


Рис. 12. Будова комплексу міді з L16

В той час як в твердому стані вищезазначені комплекси бідентатного нітрону L16 з Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} – комплексні солі, в CH_2Cl_2 вони знаходяться у вигляді нейтральних комплексів, подібно комплексу міді (**9**) [33]. Проведення експериментів по вивченню «спінових пасток» в присутності іонів металів є типовим. Такий експеримент дає можливість змодельовати утворення спінового аддукту L16 з фенільним радикалом у відсутності металу. При додаванні $Ni(hfac)_2$ або $Mn(hfac)_2$ був отриманий ЕПР спектр аналогічний спектру, отриманому для $M(L16)(hfac)_2$, де $M = Ni^{2+}$, Mn^{2+} . Цей результат говорить про те, що експерименти по вивченню «спінових пасток» в присутності іонів металів більш зручні за рахунок більшої інформативності спектрів спінових аддуктів з комплексами металів в порівнянні з самими спіновими аддуктами [34].

Каталітична активність комплексів паладію, нікелю [35] та рутенію [36] з дінітроном L17 в реакціях Хека, Кумада та гідрування кетонів, відповідно, виявилась досить високою. Кількість послідовних циклів для Pd та Ni сягає 950000, а для Ru 590000. Для всіх комплексів було проведено рентгеноструктурні дослідження (рис. 13). Слід зазначити, що це перший приклад «rincer» комплексів з нітронами.

В роботі [37] представлені синтез та вивчення координаційних властивостей 2,2'-дипіридилного ліганду L18, що містить дві нітро-

нні групи в 6 та 6' положеннях. Координаційні властивості L18 було протестовано на Cu(II), Co(II), Ni(II), Cr(III) йонах. Отримані комплекси мають склад $[\text{Cu}(\text{L18})][\text{CuCl}_4]$, $[\text{Ni}(\text{L18})(\text{NO}_3)_2]$, $[\text{Co}(\text{L18})(\text{NO}_3)_2]$ та $[\text{Cr}(\text{L18})(\text{H}_2\text{O})_2](\text{NO}_3)_3 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$. В усіх випадках ліганд координований тетрадентатно-хелатно.

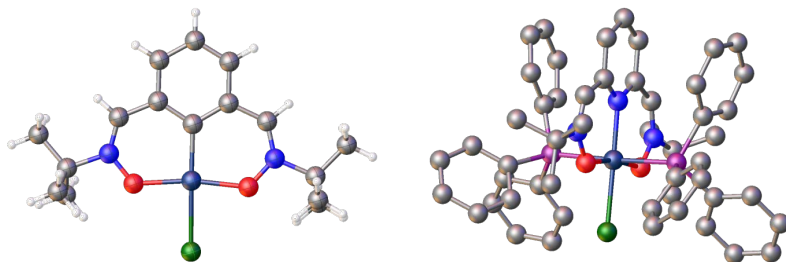


Рис. 13. Молекулярна будова комплексів PdL17Cl (ліворуч) та [RuL17(PPh₃)₂Cl]Cl (праворуч), атоми водню видалені для наочності

Вище ми згадували комплекс міді с нітроном L19. У випадку нікеля було отримано координаційну сполуку іншої будови, а саме $[\text{Ni}(\text{L19})(\text{L19-H})_2](\text{NO}_3)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (рис. 14) [38]. Координаційне оточення нікелю формується за рахунок чотирьох атомів кисню та двох атомів азоту нейтральної та аніонної форм ліганду. Катіони $[\text{Ni}(\text{L19})(\text{L19-H})]^+$ димеризуються з утворенням супрамолекулярних дикатіонів $[\text{Ni}(\text{L19})(\text{L19-H})]_2^{2+}$. Стабільність димеру зумовлена утворенням міцних водневих зв'язків та $\pi \cdots \pi$ стекінгом між двома парами паралельних хінолінових фрагментів.

Існує декілька робіт присвячених синтезу координаційних сполук з нітронами, що містять п'ятичленні гетероцикли. Так, в роботі [39] синтезовано сполуки цинку, кадмію, паладію, мангану та уранілу з L20. Отримані сполуки досліджені за допомогою ІЧ- та ЯМР-спектроскопії. Для сполук $\text{Cd}_2(\text{L20})_4(\text{NO}_3)_4$ та $\text{UO}_2(\text{L20})_2(\text{NO}_3)_2$ проведено рентгеноструктурні дослідження. З нітроном L21 також було синтезовано ряд сполук з цинком, кадмієм, паладієм, манганом, міддю та уранілом [40].

На основі N-третбутил-3-піразоліл нітрону (L22) було синтезовано триядерні комплекси нікелю та заліза ($[\text{Ni}_3(\text{L22})_6] \cdot 4\text{CH}_3\text{CN}$ та

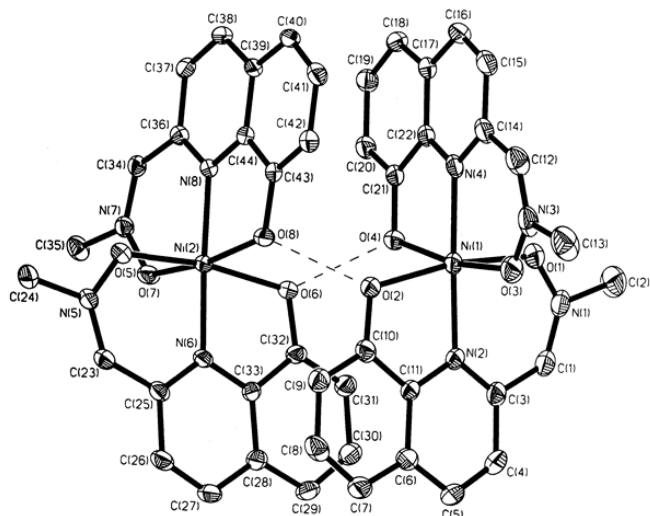


Рис. 14. Димерний супрамолекулярний ансамбль $[\text{Ni}(\text{L19})(\text{L19-H})]_2^{2+}$, атоми водню видалені для наочності

$[\text{Fe}_3(\text{L22})_6](\text{ClO}_4)_2 \cdot \text{CH}_3\text{OH}$ [41]. Було вивчено магнітні властивості цих сполук та показано наявність антиферомагнітних/феромагнітних обмінних взаємодій між парамагнітними центрами у комплексах. У випадку нікеля антиферомагнітна взаємодія між сусідніми атомами з $J/k_B = -28,2(2)\text{K}$, в термінах механізму суперобміну. У випадку заліза проявляються феромагнітні взаємодії з $J/k_B = +0,292(8)\text{K}$ між двома термінальними йонами $S = 5/2$ Fe^{3+} через проміжний діамагнітний йон Fe^{2+} . Домішка низько розташованих збуджених станів до основного стану стабілізує феромагнітно-обмінний стан подібно тому, як це відбувається в «берлінській лазурі».

Ще одна робота [42] присвячена вивченню магнітних властивостей координаційних сполук нітронів. У цьому дослідженні розглядається проблема взаємодії між іонами $\text{Ln}(\text{III})$, що проявляють власну спіно-орбітальну взаємодію, та органічним радикалом. Було досліджено магнітні властивості серії ізоструктурних сполук складу $\{\text{Ln}(\text{organic radical})_2(\text{NO}_3)_3\}$, в яких іон $\text{Ln}(\text{III})$ ($\text{Ln} =$ від Ce до Dy), оточений двома N,O-хелатуючими аміноксильними радикалами ($\text{organic radical} =$

3-нітроніл-нітрокисид-4,5-диметилтриазол). Експериментальний підхід, який використовувався для отримання уявлення про взаємодію {Ln-Радикал}, що відбувається у цих сполуках, базувався на визначенні власного парамагнітного внеску іона металу. Цей внесок знаходився з відповідних даних для похідних $\{Ln(L23)_2(NO_3)_3\}$, в яких іон Ln (III) знаходиться в діамагнітному оточенні. Проста математична різниця магнітної сприйнятливості $\{Ln(organicradical)_2(NO_3)_3\}$ та відповідного похідного $\{Ln(L23)_2(NO_3)_3\}$ дозволила встановити природу кореляцій у досліджуваних сполуках. Систематичне дослідження ізоструктурних рядів сполук дозволило порівняти еволюцію цих взаємодій як функцію електронної конфігурації 4f-орбіталей. Для Ln (III) з електронними конфігураціями $4f^1 - 4f^5$ взаємодія {Ln-органічний радикал} є антиферромагнітною. І навпаки, ця взаємодія виявилася ферромагнітною для конфігурацій $4f^7 - 4f^{10}$.

В процесі вивчення N-метил- α -карбонілметанімін-N-оксиду було здійснено ряд спроб синтезу ліганду L24. В зв'язку з тим, що ліганд виявився нестійким синтез координаційних сполук на його основі проводили шляхом темплатного синтезу [43]. Так було синтезовано сполуки складу $M(L24)_2 \cdot 2H_2O$, де $M = Co^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}, Cu^{2+}, Mn^{2+}$. Для остаточного з'ясування будови синтезованих сполук було проведено рентгеноструктурні дослідження. Комплекси нікелю, мангану, кобальту та цинку на основі L24 виявилися ізоструктурними. Координаційна сфера атома металу являє собою викривлений октаедр та утворена двома молекулами ліганду та двома молекулами води (рис. 15). Ліганд координований бідентатно-хелатно через атом кисню карбоксильної групи та атом кисню нітронілової групи.

В роботі [44] представлені результати досліджень координаційної поведінки гліоксалевого динітрону (L25). На його основі було синтезовано ряд координаційних сполук з деякими 3d-металами та йоном уранілу. Шляхом повільної кристалізації з реакційної суміші отримано монокристали $Co(L25)Cl_2 \cdot 2H_2O$. Сполука являє собою координаційний полімер (рис. 16). Координаційний поліедр атома кобальту має дещо викривлену октаедричну будову. Координаційна сфера утворена двома атомами хлору, двома атомами кисню ліганду та двома атомами кисню води. Ліганд координується бідентатно-містково, утворюючи полімерні ланцюги.

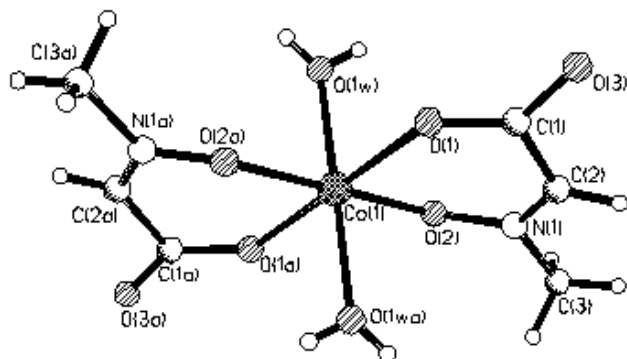


Рис. 15. Молекулярна будова комплексів на основі L24 на прикладі кобальту

Для сполуки $\text{UO}_2(\text{L25})_2(\text{NO}_3)_2$ були проведені рентгеноструктурні дослідження. Координаційне оточення центрального атому має вигляд гексагональної біпіраміди (рис. 17). Її утворюють 2 атоми кисню, що аксіально зв'язані з йоном урану і таким чином утворюють головну вісь, 2 ліганди і 2 нітратні групи, що координуються відповідно моно- і бідентатно через атоми кисню і лежать в екваторіальній площині. При цьому ліганди зберігають транс-форму, а дві нітронні групи залишаються вільними.

Таким чином, на прикладі L25 показано, що дінітрони можуть виступати в ролі бідентатних місткових лігандів по відношенню до 3d-металів, утворюючи 1Дполімерні ланцюги. У випадку UO_2^{2+} відбу-

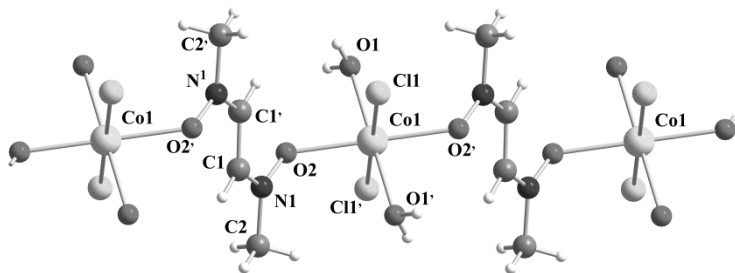


Рис. 16. Фрагмент кристалічної структури $\text{Co}(\text{L25})\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

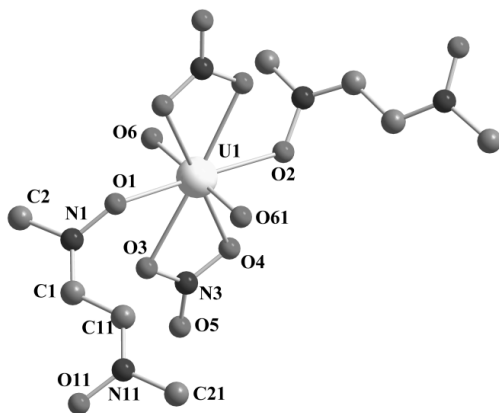


Рис. 17. Молекулярна будова $\text{UO}_2(\text{L25})_2(\text{NO}_3)_2$

вається монодентатна координація нітрону. Друга нітронна група залишається вільною, що відкриває можливості для синтезу гетероядерних координаційних сполук.

4. Висновки

Аналіз літературних даних стосовно координаційної хімії нітронів показав, що інтерес до вивчення цього класу сполук не згасає завдяки їх придатності для побудови різноманітних координаційних сполук. Останні в свою чергу привертають значну увагу своїми корисними властивостями, зокрема: здатні впливати на проходження реакцій 1,3-диполярного циклоприєднання, виступати каталізаторами реакцій Хека, Кумада та гідратування кетонів, виявляють протипухлинну активність по відношенню до клітин HerG2. Широкий спектр застосування координаційних сполук нітронів та їх незначна кількість вказують на можливість генерувати значну кількість нових сполук з новими властивостями.

Список літератури:

1. Huisgen R. (1963). 1,3-Dipolar Cycloadditions: Past and Future. *Angewandte Chemie*, 2: 565–598.
2. Feuer H. (Ed.) (2008). Nitrile Oxides, Nitrones, and Nitronates in Organic Synthesis: Novel Strategies in Synthesis, pp. 129–434, John Wiley & Sons, New York.

3. Kowalski M., Mlostoń G., Objalska E., Linden A., Heimgartner H. (2016). First application of fluorinated nitrones for the synthesis of fluoroalkylated β -lactams *via the* Kinugasa reaction. *Tetrahedron*, 72: 5305–5313.
4. Racine E., Burchak O. & Py S. (2016). Synthesis of α -Acyloxynitrones and Reactivity towards Samarium Diodide. *Eur. J. Org. Chem.*, 23: 4003–4012.
5. J.J. Tufariello, A. Padwa (Ed.) (1984) 1,3-Dipolar Cycloaddition Chemistry, Vol. 2, pp. 83–168, John Wiley & Sons, New York.
6. Villamena F. & Zweier J. (2004). Detection of reactive oxygen and nitrogen species by EPR spin trapping. *Antioxid. Redox Signal.*, 6: 619–629.
7. Rosselin M., Choteau F., Zéamari K., Nash K., Das A., Lauricella R., Lojou E., Tuccio B., Villamena F. & Durand G. (2014). Reactivities of Substituted α -Phenyl-*N-tert*-butyl Nitrones. *J. Org. Chem.*, 79: 6615–6626.
8. Floyd R., Kopke R., Choi C.-H., Foster S., Doblaz S. & Towner R. (2008). Nitrones as therapeutics. *Free Radic. Biol. Med.*, 45:1361–1374.
9. Floyd R., Neto H., Zimmerman G., Hensley K. & Towner R. (2013). Nitrone-based Therapeutics for Neurodegenerative Diseases. Their use alone or in Combination with Lanthionines. *Free Radic. Biol. Med.*, 62: 145–156.
10. Ning X., Temming R., Dommerholt J., Guo J., Ania D., Debets M., Wolfert M., Boons G.-J. & van Delft F.L. (2010). Protein Modification by Strain-Promoted Alkyne–Nitrene Cycloaddition. *Angew. Chem.*, 122: 3065–3068.
11. Merch'an F., Merino P., Rojo I., Trjero T. & Dondoni A. (1996). Enantioselective addition of Grignard reagents to a 2-thiazolyl nitrene. *Tetrahedron: Asymmetry*, 17: 667–670.
12. Murga J., Portol'es R., Falomir E., Carda M. & Marco J. (2005). Stereoselective addition of organometallic reagents to a chiral acyclic nitrene derived from *L*-erythrose. *Tetrahedron: Asymmetry*, 16: 1807–1816.
13. Merino P., Tejero T., Laguna M., Cerrada E., Moreno A. & Lopez J. (2003). An investigation of the Lewis acid mediated 1,3-dipolar cycloaddition between *N*-benzyl-*C*-(2-pyridyl)nitrene and allylic alcohol. Direct entry to isoxazolidinyl *C*-nucleosides. *Org. Biomol. Chem.* 1: 2336–2342.
14. Pfeiffer P. (1916). Lichtchemische Synthese von Indolderivaten. *Annalen*, 411: 72–158.
15. Hutchison J.R., La Mar G.N. & Horrocks W.D. (1969). Diclroobis [N-methyl- α -(2-pyridyl)nitrene]nikel(II). Synthesis and proton magnetic resonance spectra. *Inorg. Chem.*, 8(1): 126–131.
16. Kluiber R.W. & Horrocks W.D. (1970). Spin Delocalization in Nitrones and Imines Coordinated to Metal Acetylacetonates. *Inorg. Chim. Acta*, 4(2): 183–186.
17. Sivasubramanian S., Manisankar P., Palaniandavar M. & Arumugam N. (1982). Donor properties of the nitrene function in copper (II) complexes of some 2-hydroxy-1-naphthyl nitrones. *Trans. Met. Chem.*, 7(6): 346–349.
18. Thrumalaikumar M., Sivakolunthu S., Ponnusvamy A., Sivasubramanian S. (1999). Synthesis and characterization of cobalt (II), nickel (II) and copper (II) bis-chelates and mixed-ligand complexes of α -(2-hydroxyphenyl)-*N*-(2-nitrocyclohexyl)nitrene. *Ind. J. Chem.* 38A: 720–722.

19. Jónsson H.F. & Fiksdahl A. (2019). Studies on gold–nitron systems Dalton Trans. 48: 142–149.
20. Jónsson H.F., Evjen S. & Fiksdahl A. (2017). Gold(I)-Catalyzed [2 + 2 + 2] Cyclootrimerization of 1,3-Diarylpropargyl Acetals. Org. Lett. 19(9): 2202–2205.
21. Bokach N.A., Krokhin A.A., Nazarov A.A., Kukushkin V.Yu., Haukka M., Fraústo da Silva J.J.R. & Pombeiro A.J.L. (2005). Interplay between Nitrones and (Nitrile)PdII Complexes: Cycloaddition vs. Complexation Followed by Cyclopladation and Deoxygenation Reactions. Eur. J. Inorg. Chem. 2005(15): 3042–3048.
22. Dickman M.H., Ward J.P., Villamena F.A. & Crist D.R. (1998). Bis(μ -{*N*-[(methylthio)phenylmethylene]methanamine *N*-oxide}-*O*:*O*)bis[bis(1,1,1,5,5,5-hexafluoropentane-2,4-dionato-*O*, 4-dionato-*O*,*O'*)nickel(II)]. ActaCryst. C54: 929–930.
23. Song X., Qian Y., Ben R., Lu X., Zhu H.-L., Chao H. & Zhao J. (2013). Activation of C–H Bonds in Nitrones Leads to Iridium Hydrides with Antitumor Activity J. Med. Chem. 56(16): 6531–6536.
24. Chavarot-Kerlidou M., Rivard M., Chamiot B., Hahn F., Rose-Munch F., Rose E., Py S. & Herson P. (2010). Synthesis and Structural Characterization of Planar Chiral Cr(CO)₃-Complexed Aromatic Nitrones – Valuable Substrates for Asymmetric SmI₂-Induced Coupling Reactions Eur. J. Org. Chem. 944–958.
25. Melekhova A.A., Smirnov A.S., Novikov A.S., Panikorovskii T.L., Bokach N.A. & Kukushkin V.Yu. (2017). Copper(I)-Catalyzed 1,3-Dipolar Cycloaddition of Ketonitrones to Dialkylcyanamides: A Step toward Sustainable Generation of 2,3Dihydro-1,2,4-oxadiazoles. ACS Omega. 2: 1380–1391
26. Wang X., Zhang J., Zhao X., Wei W. & Zhao J. (2019) Imaging and proteomic study of a clickable iridium complex. Metallomics. 11: 1344–1352.
27. Petkova E.G., Domasevitch K.V., Gorichko M.V., Zub V.Y., Lampeka R.D. (2001). New Coordination Compounds Derived from Nitron Ligands: Copper(II) Complexes with 8-Hydroxyquinoline-2-carbaldehyde and Pyridine-2-carbaldehyde-*N*-methylnitrones. Z. Naturforsch. 56b: 1264–1270.
28. Raspertova I.V., Doroschuk R.O., Khomenko D.M. & Lampeka R.D. (2017). Synthesis, spectroscopic, structural characterization of Cd(II) and Zn(II) complexes based on the *N*-methyl-*C*-(2-pyridyl)nitron. J. Coord. Chem. 70(16): 2888–2899.
29. Fard M.A., Behnia A. & Puddephatt R.J. (2017). Coordination Chemistry of Mercury(II) with 2-Pyridylnitrones: Monomers to Polymers. Dalton Trans. 46: 3579–3587.
30. Ade A., Cerrada E., Contel M., Laguna M., Merino P. & Tejero T. (2004). Organometallic gold(III) and gold(I) complexes as catalysts for the 1,3-dipolar cycloaddition to nitrones: synthesis of novel gold–nitron derivatives. J. Organomet. Chem. 689: 1788–1795.
31. Merino P., Tejero T., Laguna M., Cerrada E., Moreno A. & Lopez J.A. (2003). An investigation of the Lewis acid mediated 1,3-dipolar cycloaddition between *N*-benzyl-*C*-(2-pyridyl)nitron and allylic alcohol. Direct entry to isoxazolidinyl *C*-nucleosides. J. Biomol. Chem. 1: 2336–2342.
32. Merino P., Anoro S., Cerrada E., Laguna M., Moreno A. & Tejero T. (2001). Crystal and Molecular Structures of *N*-benzyl-*C*-(2-pyridyl) nitron and its ZnBr₂ Complex. A Study of Their Reactivity. Molecules. 6: 208–220.

33. Villamena F.A., M.H. Dickman & Crist DeL.R. (1998). Nitrones as Ligands in Complexes of Cu(II), Mn(II), Co(II), Ni(II), Fe(II), and Fe(III) with *N-tert*-Butyl-*r*-(2-pyridyl)nitrone and 2,5,5-Trimethyl-1-pyrroline-*N*-oxide. *Inorg. Chem.* 37: 1446–1453.

34. Villamena F.A. & Crist D.R. (1998). Metal-nitron complexes: spin-trapping and solution characterization. *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* 4055–4062.

35. Zhang Y., Song G., Ma G., Zhao J., Pang Ch.-L. & Li X. (2009). 1,3-Dinitron Pincer Complexes of Palladium and Nickel: Synthesis, Structural Characterizations, and Catalysis. *Organometallics* 28: 3233–3238.

36. Zhang Y., Li X. & Hong S.H. (2010). Ruthenium ONO-Type Pincer Complex: Synthesis, Structural Characterization, and Catalysis. *Adv. Synth. Catal.* 352: 1779–1783.

37. Petkova E.G., Lampeka R.D., Gorichko M.V., Palamarchuk G., Dyakonenko V.V., Zubatyuk R.I. & Shishkin O.V. (2008). Copper(II), Nickel(II), Cobalt(II), and Chromium(III) Complexes Based on 6,6'-Bis{[methyl(oxido)imino]methyl}-2,2'-bipyridine. *Z. Naturforsch.* 63b: 841–847.

38. Petkova E.G., Lampeka R.D., Gorichko M.V. & Domasevitch K.V. (2001). Nickel(II) and tridentate 8-hydroxyquinoline-2-carbaldehyde-*N*-methylnitron (HL): enantioselective association of octahedral [M(HL)(L)]⁺ moieties driven by strong hydrogen bonding. *Polyhedron* 20: 747–753.

39. Дорошук Р.О., Хоменко Д.М., Овчинніков В.А., Ламека Р.Д. (2007). Синтез та будова координаційних сполук d-металів та ураніл-йону з *C*-2-пірол-*N*-метилнітроном. *УКЖ* 73(1): 14–21.

40. Дорошук Р.О., Хоменко Д.М., Ламека Р.Д. (2006). Комплексоутворення *C*-2-фуран-*N*-метилнітрому деякими d-металами та ураніл-йonom. *ДАН України.* 3: 9–16.

41. Mochizuki T., Nogami T. & Ishida T. (2009). Ferromagnetic Superexchange Coupling through a Diamagnetic Iron(II) Ion in a Mixed-Valent Iron(III, II, III) *meso*-Helicate. *Inorg. Chem.* 48(5): 2254–2259.

42. Kahn M.L., Sutter J.-P., Golhen S., P. Guionneau, Ouahab L., Kahn O. & Chasseau D. (2000). Systematic Investigation of the Nature of The Coupling between a Ln(III) Ion (Ln = Ce(III) to Dy(III)) and Its Aminoxyl Radical Ligands. Structural and Magnetic Characteristics of a Series of Ln(organic radical)₂ Compounds and the Related Ln(Nitron)₂ Derivatives. *J. Am. Chem. Soc.* 122: 3413–3421.

43. Raspersova I.V., Zhigalko M.V., Shishkin O.V. & Lampeka R.D. Structure of d-metal complexes with methylimino-acetic acid *N*-oxide (2003). *J. Struct. Chem.* 44(6): 1076–1079.

44. Raspersova I., Osetska O., Gubina K. & Lampeka R. (2011). Synthesis and study Co, Mn, Cu, Ni and UO₂-ion coordination complexes with aliphatic dinitrones. *Polyhedron.* 30(13): 2320–2325.

References:

1. Huisgen R. (1963). 1,3-Dipolar Cycloadditions: Past and Future. *Angewandte Chemie*, 2: 565–598.

2. Feuer H. (Ed.) (2008). Nitrile Oxides, Nitrones, and Nitronates in Organic Synthesis: Novel Strategies in Synthesis, pp. 129-434, John Wiley & Sons, New York.
3. Kowalski M., Mlostoń G., Obijalska E., Linden A., Heimgartner H. (2016). First application of fluorinated nitrones for the synthesis of fluoroalkylated β -lactams *via the* Kinugasa reaction. *Tetrahedron*, 72: 5305–5313.
4. Racine E., Burchak O. & Py S. (2016). Synthesis of α -Acyloxynitrones and Reactivity towards Samarium Diodide. *Eur. J. Org. Chem.*, 23: 4003–4012.
5. J.J. Tufariello, A. Padwa (Ed.) (1984) 1,3-Dipolar Cycloaddition Chemistry, Vol. 2, pp. 83–168, John Wiley & Sons, New York.
6. Villamena F. & Zweier J. (2004). Detection of reactive oxygen and nitrogen species by EPR spin trapping. *Antioxid. Redox Signal.*, 6: 619–629.
7. Rosselin M., Choteau F., Zéamari K., Nash K., Das A., Lauricella R., Lojou E., Tuccio B., Villamena F. & Durand G. (2014). Reactivities of Substituted α -Phenyl-*N-tert*-butyl Nitrones. *J. Org. Chem.*, 79: 6615–6626.
8. Floyd R., Kopke R., Choi C.-H., Foster S., Doblas S. & Towner R. (2008). Nitrones as therapeutics. *Free Radic. Biol. Med.*, 45:1361–1374.
9. Floyd R., Neto H., Zimmerman G., Hensley K. & Towner R. (2013). Nitrone-based Therapeutics for Neurodegenerative Diseases. Their use alone or in Combination with Lanthionines. *Free Radic. Biol. Med.*, 62: 145–156.
10. Ning X., Temming R., Dommerholt J., Guo J., Ania D., Debets M., Wolfert M., Boons G.-J. & van Delft F.L. (2010). Protein Modification by Strain-Promoted Alkyne–Nitrone Cycloaddition. *Angew. Chem.*, 122: 3065–3068.
11. Merch'an F., Merino P., Rojo I., Trjero T. & Dondoni A. (1996). Enantioselective addition of Grignard reagents to a 2-thiazolyl nitrone. *Tetrahedron: Asymmetry*, 17: 667–670.
12. Murga J., Portol'es R., Falomir E., Carda M. & Marco J. (2005). Stereoselective addition of organometallic reagents to a chiral acyclic nitrone derived from L-erythrose. *Tetrahedron: Asymmetry*, 16: 1807–1816.
13. Merino P., Tejero T., Laguna M., Cerrada E., Moreno A. & Lopez J. (2003). An investigation of the Lewis acid mediated 1,3-dipolar cycloaddition between *N*-benzyl-*C*-(2-pyridyl)nitrone and allylic alcohol. Direct entry to isoxazolidinyl *C*-nucleosides. *Org. Biomol. Chem.* 1: 2336–2342.
14. Pfeiffer P. (1916). Lichtchemische Synthese von Indolderivaten. *Annalen*, 411: 72–158.
15. Hutchison J.R., La Mar G.N. & Horrocks W.D. (1969). Dichlorobis[*N*-methyl- α -(2-pyridyl)nitrone]nikel(II). Synthesis and proton magnetic resonance spectra. *Inorg. Chem.*, 8(1): 126–131.
16. Kluiber R.W. & Horrocks W.D. (1970). Spin Delocalization in Nitrones and Imines Coordinated to Metal Acetylacetonates. *Inorg. Chim. Acta*, 4(2): 183–186.
17. Sivasubramanian S., Manisankar P., Palaniandavar M. & Arumugam N. (1982). Donor properties of the nitrone function in copper (II) complexes of some 2-hydroxy-1-naphthyl nitrones. *Trans. Met. Chem.*, 7(6): 346–349.
18. Thrumalaikumar M., Sivakolunthu S., Ponnusvamy A., Sivasubramanian S. (1999). Synthesis and characterization of cobalt (II), nickel (II) and copper (II)

bis-chelates and mixed-ligand complexes of α -(2-hydroxyphenyl)-N-(2-nitrocyclohexyl)nitron. *Ind. J. Chem.* 38A: 720–722.

19. Jónsson H.F. & Fiksdahl A. (2019). Studies on gold–nitron systems *Dalton Trans.* 48: 142–149.

20. Jónsson H.F., Evjen S. & Fiksdahl A. (2017). Gold(I)-Catalyzed [2 + 2 + 2] Cyclootrimerization of 1,3-Diarylpropargyl Acetals. *Org. Lett.* 19(9): 2202–2205.

21. Bokach N.A., Krokhnin A.A., Nazarov A.A., Kukushkin V.Yu., Haukka M., Fraústo da Silva J.J.R. & Pombeiro A.J.L. (2005). Interplay between Nitrones and (Nitrile)PdII Complexes: Cycloaddition vs. Complexation Followed by Cyclopaladation and Deoxygenation Reactions. *Eur. J. Inorg. Chem.* 2005(15): 3042–3048.

22. Dickman M.H., Ward J.P., Villamena F.A. & Crist D.R. (1998). Bis(μ -{*N*-[(methylthio)phenylmethylene]methanamine *N*-oxide}-*O*:*O*)bis[bis(1,1,1,5,5,5,-hexafluoropentane-2,4-dionato-*O*, 4-dionato-*O*,*O*′)nickel(II)]. *Acta Cryst. C* 54: 929–930.

23. Song X., Qian Y., Ben R., Lu X., Zhu H.-L., Chao H. & Zhao J. (2013). Activation of C–H Bonds in Nitrones Leads to Iridium Hydrides with Antitumor Activity *J. Med. Chem.* 56(16): 6531–6536.

24. Chavarot-Kerlidou M., Rivard M., Chamiot B., Hahn F., Rose-Munch F., Rose E., Py S. & Herson P. (2010). Synthesis and Structural Characterization of Planar Chiral Cr(CO)₃-Complexed Aromatic Nitrones – Valuable Substrates for Asymmetric SmI₂-Induced Coupling Reactions *Eur. J. Org. Chem.* 944–958.

25. Melekhova A.A., Smirnov A.S., Novikov A.S., Panikorovskii T.L., Bokach N.A. & Kukushkin V.Yu. (2017). Copper(I)-Catalyzed 1,3-Dipolar Cycloaddition of Ketonitrones to Dialkylcyanamides: A Step toward Sustainable Generation of 2,3Dihydro-1,2,4-oxadiazoles. *ACS Omega.* 2: 1380–1391.

26. Wang X., Zhang J., Zhao X., Wei W. & Zhao J. (2019) Imaging and photochemical study of a clickable iridium complex. *Metallomics.* 11: 1344–1352.

27. Petkova E.G., Domasevitch K.V., Gorichko M.V., Zub V.Y., Lámpéka R.D. (2001). New Coordination Compounds Derived from Nitron Ligands: Copper(II) Complexes with 8-Hydroxyquinoline-2-carbaldehyde and Pyridine-2-carbaldehyde-N-methylnitrones. *Z. Naturforsch.* 56b: 1264–1270.

28. Ráspertová I.V., Doroschuk R.O., Khomenko D.M. & Lámpéka R.D. (2017). Synthesis, spectroscopic, structural characterization of Cd(II) and Zn(II) complexes based on the N-methyl-C-(2-pyridyl)nitron. *J. Coord. Chem.* 70(16): 2888–2899.

29. Fard M.A., Behnia A. & Puddephatt R.J. (2017). Coordination Chemistry of Mercury(II) with 2-Pyridylnitrones: Monomers to Polymers. *Dalton Trans.* 46: 3579–3587.

30. Ade A., Cerrada E., Contel M., Laguna M., Merino P. & Tejero T. (2004). Organometallic gold(III) and gold(I) complexes as catalysts for the 1,3-dipolar cycloaddition to nitrones: synthesis of novel gold–nitron derivatives. *J. Organomet. Chem.* 689: 1788–1795.

31. Merino P., Tejero T., Laguna M., Cerrada E., Moreno A. & Lopez J.A. (2003). An investigation of the Lewis acid mediated 1,3-dipolar cycloaddition between *N*-benzyl-C-(2-pyridyl)nitron and allylic alcohol. Direct entry to isoxazolidinyl *C*-nucleosides. *J. Biomol. Chem.* 1: 2336–2342.

32. Merino P., Anoro S., Cerrada E., Laguna M., Moreno A. & Tejero T. (2001). Crystal and Molecular Structures of *N*-benzyl-*C*-(2-pyridyl) nitronite and its ZnBr₂ Complex. A Study of Their Reactivity. *Molecules*. 6: 208–220.
33. Villamena F.A., M.H. Dickman & Crist DeL.R. (1998). Nitrones as Ligands in Complexes of Cu(II), Mn(II), Co(II), Ni(II), Fe(II), and Fe(III) with *N*-*tert*-Butyl-*r*-(2-pyridyl)nitronite and 2,5,5-Trimethyl-1-pyrroline-*N*-oxide. *Inorg. Chem.* 37: 1446–1453.
34. Villamena F.A. & Crist D.R. (1998). Metal-nitronite complexes: spin-trapping and solution characterization. *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* 4055–4062.
35. Zhang Y., Song G., Ma G., Zhao J., Pang Ch.-L. & Li X. (2009). 1,3-Dinitronite Pincer Complexes of Palladium and Nickel: Synthesis, Structural Characterizations, and Catalysis. *Organometallics* 28: 3233–3238.
36. Zhang Y., Li X. & Hong S.H. (2010). Ruthenium ONO-Type Pincer Complex: Synthesis, Structural Characterization, and Catalysis. *Adv. Synth. Catal.* 352: 1779–1783.
37. Petkova E.G., Lampeka R.D., Gorichko M.V., Palamarchuk G., Dyakonenko V.V., Zubatyuk R.I. & Shishkin O.V. (2008). Copper(II), Nickel(II), Cobalt(II), and Chromium(III) Complexes Based on 6,6'-Bis{[methyl(oxido)imino]methyl}-2,2'-bipyridine. *Z. Naturforsch.* 63b: 841–847.
38. Petkova E.G., Lampeka R.D., Gorichko M.V. & Domasevitch K.V. (2001). Nickel(II) and tridentate 8-hydroxyquinoline-2-carbaldehyde-*N*-methylnitronite (HL): enantioselective association of octahedral [M(HL)(L)]⁺ moieties driven by strong hydrogen bonding. *Polyhedron* 20: 747–753.
39. Doroshchuk R.O., Khomenko D.M., Ovchynnikov V.A., Lampeka R.D. (2007). Syntez ta budova koordynatsiinykh spoluk d-metaliv ta uranil-yonu z S-2-pirol-*N*-metylnitronom. *UKZh* 73(1): 14–21.
40. Doroshchuk R.O., Khomenko D.M., Lampeka R.D. (2006). Kompleksoutvorennia S-2-furan-*N*-metylnitronu deiakomy d-metalamy ta uranil-yonom. *DAN Ukrainy*. 3: 9-16. Mochizuki T., Nogami T. & Ishida T. (2009). Ferromagnetic Superexchange Coupling through a Diamagnetic Iron(II) Ion in a Mixed-Valent Iron(III, II, III) *meso*-Helicate. *Inorg. Chem.* 48(5): 2254–2259.
41. Kahn M.L., Sutter J.-P., Golhen S., P. Guionneau, Ouahab L., Kahn O. & Chasseau D. (2000). Systematic Investigation of the Nature of The Coupling between a Ln(III) Ion (Ln = Ce(III) to Dy(III)) and Its Aminoxyl Radical Ligands. Structural and Magnetic Characteristics of a Series of Ln(organic radical)₂ Compounds and the Related Ln(Nitronite)₂ Derivatives. *J. Am. Chem. Soc.* 122: 3413–3421.
42. Raspertova I.V., Zhigalko M.V., Shishkin O.V. & Lampeka R.D. Structure of d-metal complexes with methylimino-acetic acid *N*-oxide (2003). *J. Struct. Chem.* 44(6): 1076–1079.
43. Raspertova I., Osetska O., Gubina K. & Lampeka R. (2011). Synthesis and study Co, Mn, Cu, Ni and UO₂-ion coordination complexes with aliphatic dinitronites. *Polyhedron*. 30(13): 2320–2325.

CHAPTER «AGRICULTURAL SCIENCES»

WASTE-FREE TECHNOLOGYS FOR THE PRODUCTION OF BIOFUELS FROM AGRICULTURAL WASTE AS A COMPONENT OF ENERGY SECURITY OF ENTERPRISES

Inna Honcharuk¹
Valeriia Vovk²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-37>

Abstract. The purpose of the study is to substantiate the economic efficiency of the use of waste-free technologies in the agro-industrial complex to achieve the energy and environmental safety of the branch. The theoretical and methodological basis of the study was formed by the results of fundamental national and foreign research on the problems of agro-industrial production. The subject of scientific work is the theoretical, methodological and practical foundations of the current state of development of waste-free technologies in Ukraine. The research was based on the following methods: a systematic approach – for study the links between phenomena and processes of subjects of waste-free agro-industrial production; dialectical – for consider phenomena in their relationship and development, in particular when considering the processes of combination, specialization, concentration, cooperation in the organization of waste-free agro-industrial production; theoretical generalization and comparison – for the development of the conceptual apparatus; various techniques of the economic and statistical method (statistical observation, comparison, tabular, graphical) – for the development of a visual illustration of the phenomena under study; abstract-logical – to summarize research results and formulate research conclusions.

¹ Doctor of Economics Sciences, Professor,
Vice-Rector for Scientific and Pedagogical, Scientific and Innovative Activities,
Vinnytsia National Agrarian University, Ukraine

² Postgraduate Student,
Vinnytsia National Agrarian University, Ukraine

The monograph substantiates the relevance and potential of introducing waste-free production technologies, the introduction of which will significantly reduce the cost of production and increase the profitability indicator, stimulate the development of autonomous entrepreneurship, and improve the state of the country's environmental and energy security. The dynamics of the volume of generated and utilized agricultural waste in Ukraine in 2017–2020 has been analyzed and it was determined that no more than 30% of waste is disposed of, the share of which has been rapidly decreasing in recent years. It has been substantiated that the most promising direction for introducing waste-free technologies at agricultural enterprises is the production of biogas from organic waste (agrobiomass). It is noted that agricultural waste, mainly animal waste, such as manure, chicken droppings, can be an additional source of replenishing the energy balance of agricultural enterprises and ensuring the energy security of the region.

Recycling organic waste from production and consumption in a biogas plant is an economically and environmentally optimal solution. At the same time, the products formed as a result of waste disposal (biogas, digestat) help to solve the problem of meeting the need for certain categories of material resources, namely energy and fertilizers, which will increase production volumes, provided that the use of natural resources decreases.

The study is based on the main tasks of the research work of young scientists “Development of a new concept for the use of agricultural waste to ensure the energy autonomy of agricultural enterprises”, state registration number 0119U100786.

1. Introduction

The problem of waste management in Ukraine is of particular scale and significance due to the dominance of resource-intensive multi-waste technologies in the national economy, and the absence for a long time of an adequate response to violations of the norms of waste generation. The large scale of resource use and the energy and raw materials specialization of the national economy together with an outdated technological base is the reason for the high rates of waste generation. The success of waste use is directly dependent on the level of development of productive forces, the organization of production and the nature of social relations in the sectors of the national economy. Despite certain positive shifts in the process of processing waste

as secondary raw materials, over the past decade, this problem has not lost its priority. Almost all anthropogenic pressures on nature can be reduced to the problem of waste. They will always be – absolutely waste-free production is impossible. The way out of this situation is that the quantity and quality of waste should be such that it can be fully recycled, assimilated without damage to wildlife, that is, there is an urgent need to introduce ecological non-waste technologies at agricultural enterprises.

The need for a transition to new non-waste technologies was caused by the understanding that the overwhelming majority of existing production technologies are open systems in which natural resources are irrationally used and significant volumes of waste are generated, which are sources of environmental pollution. Modern society is too wasteful of natural resources, producing more and more short-lived consumer goods with inefficient technologies, resulting in an enormous amount of waste.

The agro-industrial complex is one of the material-intensive and rich-and-liquid sectors of the economy, and is also a significant source of greenhouse gas emissions due to the use of fossil fuels, the burning of plant residues in the fields, non-compliance with the norms for the disposal of crop and livestock products, food waste, land use principles, and the like. According to the National Inventory of Greenhouse Gas Emissions the share of agriculture in total emissions in 2018 in Ukraine was 12.9% [1].

Waste-free agricultural production is the main task of future technological developments that will allow humanity to develop sustainable and reduce the anthropogenic impact on the environment. Waste recycling is a promising method for obtaining additional material resources, reducing production costs, saving money on waste disposal.

Ukraine has untapped potential for the production of its own energy from renewable sources through the processing of animal waste (animal manure and poultry droppings) with the formation of biogas. Biogas obtained from biomass is used as a fuel, harmless to the environment, since it does not cause additional emissions of the greenhouse gas CO₂ and reduces the amount of organic waste. Unlike wind and solar energy, biogas can be produced regardless of climatic and weather conditions [2, p. 32].

The transition to waste-free agricultural production is an objective process, closely related to the depletion of reserves of natural raw materials and energy carriers. In modern conditions, much attention is paid to the

search for rational ways of waste disposal, however, insufficient, in our opinion, is the study of the general aspects of the introduction of waste-free technologies in agricultural production. Accelerated developments in this direction and the use of their results in economic practice are becoming an urgent requirement today.

2. Analysis of recent research and publications

The idea of developing waste-free technologies appeared in the last century and still does not lose its relevance. These questions have found their theoretical reflection in the works of such economists as A. Andreichenko, O. Bondar, I. Honcharuk, G. Geletukha, T. Emchik (Honcharuk), G. Kaletnik, I. Kirilenko, N. Prishlyak, D. Tokarchuk, O. Khodakivska, A. Shpikulyak, A. Shpichak and others.

I. Honcharuk in her writings studied in detail the structure of emissions from the agro-industrial complex of Ukraine, where she noted that animal husbandry leads to 18% of greenhouse gas emissions, in particular, methane emissions from this industry account for about 16% of the annual global emissions, nitrogen oxide – 17% and many other dangerous for the environment of substances and compounds (Figure 1) [3, p. 10–11].

In addition, I. Honcharuk devotes his works to the study of the use of animal waste to ensure energy independence and replenishment of the energy balance, the author also substantiates the relevance and potential for the introduction of waste-free production technologies, which entails a number of advantages for the enterprises and the country as a whole [3]; G. Kaletnik, I. Goncharuk and Yu. Okhota pays attention to the need to develop waste-free production for the formation of energy autonomy of agricultural enterprises in Ukraine [4]; T. Emchik (Goncharuk) in his works analyzes the basic principles of using renewable and alternative energy sources as an important factor in increasing energy security and reducing anthropogenic impact on the environment [5]; I. Kirilenko and D. Tokarchuk focus on methods of utilization of agricultural waste, in particular, animal waste, and substantiate that modern methods of utilization of animal waste in the production of biogas have significant environmental and economic advantages [6]; A. Andreichenko explores the concept of waste-free technologies in the framework of achieving maximum efficiency of public production and ensuring energy security [7].

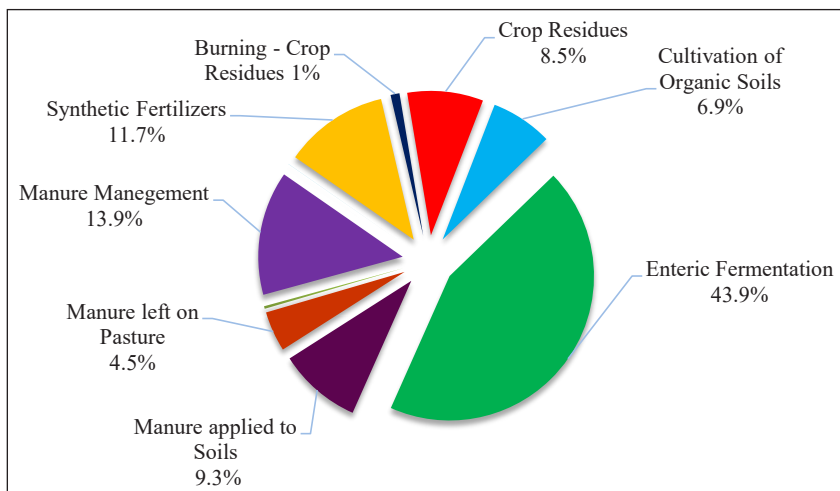


Figure 1. Structure of AIC Ukraine emissions, average 1990–2017, CO₂ equivalent

Source: [3, p. 11]

A large number of studies are devoted to the technological implementation of individual ideas of the recycling economy, the introduction of “green” innovations and waste recycling in production, as well as the economic aspects of their practical implementation in various fields. Giving due due to the scientific heritage of scientists, it should be noted that it is insufficient to study the issue of introducing waste-free technologies in the agricultural sector.

3. Purpose and methods of research

The study of the features of the safe disposal of agricultural waste and the search for effective methods of their use as a secondary raw material to ensure the energy autonomy of the enterprises themselves and the country as a whole are carried out as part of the research work of young scientists of Vinnitsa National Agrarian University “Development of a new concept for the use of agricultural waste to ensure energy autonomy of agricultural enterprises”.

The purpose of the study is to substantiate the economic efficiency of the use of waste-free technologies in the agro-industrial complex to achieve the energy and environmental safety of the branch.

The theoretical and methodological basis of the study was formed by the results of fundamental national and foreign research on the problems of agro-industrial production. The subject of scientific work is the theoretical, methodological and practical foundations of the current state of development of waste-free technologies in Ukraine. The research was based on the following methods: a systematic approach – for study the links between phenomena and processes of subjects of waste-free agro-industrial production; dialectical – for consider phenomena in their relationship and development, in particular when considering the processes of combination, specialization, concentration, cooperation in the organization of waste-free agro-industrial production; theoretical generalization and comparison – for the development of the conceptual apparatus; various techniques of the economic and statistical method (statistical observation, comparison, tabular, graphical) – for the development of a visual illustration of the phenomena under study; abstract-logical – to summarize research results and formulate research conclusions.

4. Environmental problems of recycling and utilization agricultural waste

Agriculture in Ukraine in terms of its scale, production volume, export orientation, is a priority sector of the economy. The products of agricultural enterprises are the key to food security and independence of the country. However, despite the achievements in the field of agriculture (increasing the productivity of agricultural crops, animal productivity, etc.), there are many problematic issues that require urgent solutions. One of these, undoubtedly, is the utilization of wastes from the activities of enterprises in the agricultural sector, especially animal husbandry. This problem is acquiring a national character, as farmers concentrate their activities in all regions of the country without exception. One of these, undoubtedly, is the utilization of wastes from the activities of enterprises in the agricultural sector, especially animal husbandry. This problem is acquiring a national character, as farmers concentrate their activities in all regions of the country without exception.

Agricultural enterprises do not even plan indicators that characterize their work on improving soil fertility, applying especially organic fertilizers. Therefore, millions of tons of organic fertilizers are accumulated on farms. Wastewater from livestock breeding complexes is a double hazard, as it

causes both chemical and biological pollution (microorganisms). Moreover, they pollute both the soil directly and water and air. From one pig farm for 10-40 thousand animals per hour, up to 605 kg of dust, 14.4 kg of ammonia, 83.4 billion worth microorganisms enter the air.

A typical one hundred thousandth pig farm produces about 1000 m³/day (up to 365,000 m³/year) of purulent effluent. For the safe introduction of such a quantity of wastewater from the lagoons, up to 10 thousand hectares of land are needed [8].

Often, if improperly stored, liquid manure enters the beams and pollutes the groundwater. For example, a pig farm for 100 thousand heads. or a complex of cattle for 35 thousand heads. can give pollution, equal to environmental pollution from a large industrial center with a population of 400-500 thousand people.

In Figure 2 shows the amount of generated and utilized agricultural waste during 2017–2020.

Analyzing statistical data, one can see that waste generation significantly exceeds disposal. It is obvious that in Ukraine there is a small percentage of

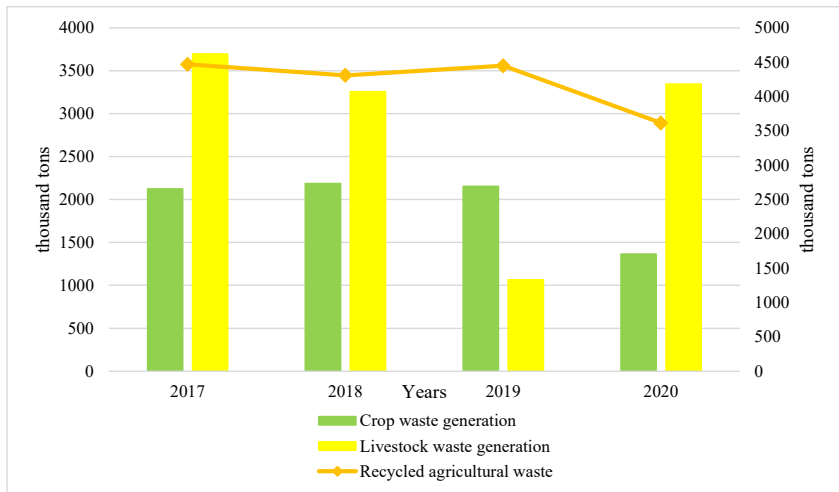


Figure 2. Volumes of generation and utilization of agricultural waste (crop and livestock) in 2017–2020, thousands tons [9]

Source: [9]

the use of environmentally friendly technologies for waste utilization and there is not enough capacity for their processing. An increase in livestock production leads to the emergence of negative trends – the formation and accumulation of large volumes of manure, poultry droppings and the impossibility of utilizing it as organic fertilizer, since uncontaminated manure is a source of environmental pollution, water and air basins. The decay products of animal waste are such harmful emissions as methane, carbon dioxide, hydrogen, hydrogen sulfide, and ammonia. The damage to the ecosystem from such emissions at livestock complexes can reach tens of millions of hryvnias. In many countries, there are national and regional programs to reduce the negative pressure of these wastes on the environment.

Accordingly, the main problems that accompany the intensive development of the livestock industry are:

- pollution by biological and chemical compounds of the water basin (rivers, lakes, ponds, reservoirs), air and adjacent to livestock farms (poultry complexes) lands;

- lack of incentives to purchase and install equipment for decontamination, processing and utilization of waste;

- the high cost of utilizing livestock waste reduces the profitability of production;

- lack of proper state control over the removal of waste to places that are not intended for storage.

The transition to low-waste or non-waste technologies in animal husbandry can help solve the problems associated with their utilization. The main idea of waste-free production is the transformation of all raw materials received by the enterprise, its residues, as well as waste obtained in the production process, into finished products that can generate income.

The process of waste-free production is cyclical, that is, the production waste of one product is the raw material for creating the next one. This process will continue until the waste is completely eliminated. The maximum use of raw materials components indicates an integrated approach to this production. This will reduce the number of cycles in the production process, which will allow more efficient loading of equipment and reduce downtime, which will increase the number of products produced. The rational organization of the production process is the general

principle of using waste-free technologies. The organization should ensure the optimal use of resources and the search for modern environmentally friendly technologies that ensure the minimum impact on the environment. A diagram of a waste-free technological system in which waste is used as a secondary raw material is shown in Figure 3 [10, p. 380–381].

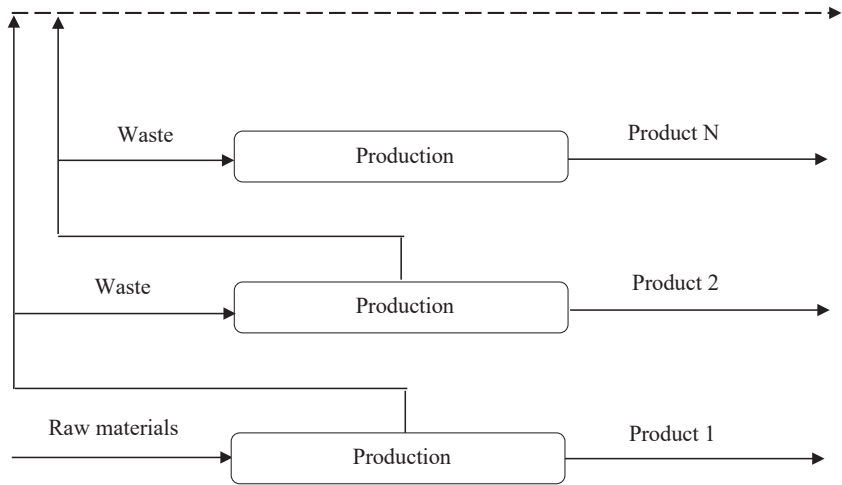


Figure 3. Diagram of a waste-free technological system in agriculture

Source: [11, p. 191]

Biomass energy is most efficiently used in Portugal, France, Germany, Denmark, Italy and Spain. Sweden and Austria provide 15% of their primary energy needs from biomass. In the United States, 4% of energy comes from biomass (almost the same as from nuclear power plants). Today biomass is the fourth most important fuel in the world, providing about 2 billion tons of standard fuel per year, which is about 14% of the global consumption of primary energy resources (in developed countries – more than 30%, and sometimes 50-80%). Bioenergy methods of waste utilization are used quite intensively in foreign countries. Such methods solve several problems at once: collection and processing of animal waste with the neutralization of harmful gases, the production of environmentally friendly fertilizers, as well as methane for mini-TPP.

A promising area of waste-free technologies today, in our opinion, is the production of biogas from agricultural waste. Considering that the amount of organic waste is growing rapidly, biogas production solves the problem of waste disposal, thereby preventing methane emissions into the environment, reducing the use of chemical fertilizers and preventing groundwater pollution.

The task of introducing waste-free technologies in agro-industrial production is extremely urgent in today's conditions and consists in creating closed production cycles with recycling of raw materials, when each end link of one production serves as an initial link in the next, as a result of which no waste enters the external environment and the negative consequences for natural environment. Therefore, it is so important to intensify research and innovative development to create new waste-free technologies for the production of agro-industrial complex.

5. Environmental and economic efficiency of biogas production from agricultural waste to ensure energy security

The large scale of resource use and energy and raw materials specialization of the national economy, together with an outdated technological base, is the cause of high rates of waste generation and accumulation. The success of waste use is directly dependent on the level of development of productive forces, the organization of production and the nature of social relations in the sectors of the national economy. Despite certain positive shifts in the process of processing waste as secondary raw materials, over the past decade, this problem has not lost its priority. Almost all anthropogenic pressures on nature can be reduced to the problem of waste. They will always be – absolutely waste-free production is impossible. The way out of this situation is that the quantity and quality of waste should be such that they can be fully recycled, assimilated without damage to wildlife, that is, there is an urgent need to introduce ecological waste-free technologies at agricultural enterprises.

The need for a transition to new waste-free technologies was caused by the understanding that the overwhelming majority of existing production technologies are open systems in which natural resources are irrationally used and significant volumes of waste are generated, which are sources of environmental pollution. Modern society is too wasteful of natural

resources, producing more and more short-lived consumer goods with inefficient technologies, resulting in an enormous amount of waste.

Biogas is predominantly a mixture of methane and carbon dioxide. Biogas formation is a biological process that takes place in the absence of air, during which organic matter is converted into methane and carbon dioxide. As a result of the implementation of this process, excellent organic fertilizer and humus are obtained. With a sufficient organization of the process from 1 kg of solid dry matter, you can get 0.3-0.45 m³ of biogas (60% methane).

The introduction of biogas stations at agricultural enterprises will make it possible to establish an environmentally friendly, waste-free way of processing, utilizing and disinfecting various organic waste of plant and animal origin. On the other hand, such installations become a source of additional income, reduction of costs and production costs due to the provision of energy resources and organic fertilizers to the main production of enterprises. When using a biogas plant, its own energy consumption is 20% of the received one. When biogas is used for the simultaneous production of electrical and thermal energy (cogeneration), 30-40% of the energy is converted into electrical energy, 40-50% – into heat, the other part is directed to own needs.

It is well known that the biogas yield depends on the composition of the substrate, its bioavailability and production technology. It is worth considering the potential for biogas release from each individual substrate, namely, how much biogas can be obtained with an almost endless fermentation of the substrate under stable conditions. Of course, in real conditions, this figure is very rarely achieved (or almost never) due to the economic inexpediency of such a long process, but the indicator at the level of 60-95% is achievable and economically justified.

Ukraine has a well-developed agriculture, waste products of which provide an excellent source of raw materials. According to the State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving, the use of only 37% of waste from livestock and crop farms will provide more than 10 billion m³ of gas. Table 1 provides a list of potential substrates (agricultural waste) for biogas production.

Considering the above, it can be concluded that the existing potential for biogas production from organic agricultural waste in Ukraine and the

Table 1

Biogas yield potential from agricultural waste

Substrate	Solids (SM), %	Organic Solids (OS), %	Specific Biogas Yield, m ³ /ton OS	Specific Biogas Yield, m ³ /ton
Crop by-products				
corn silage	32,0	95,0	700,0	212,8
straw	30,0	90,0	600,0	162,0
grass silage	30,0	89,0	550,0	1416,9
sugar beets	23,0	90,0	800,0	165,6
fodder beets	12,0	75,0	620,0	55,8
oilcake	28,0	94,0	680,0	179,0
Livestock by-products				
pig manure	3,0	85,0	425,0	10,8
cattle manure	25,0	80,0	350,0	70,0
bird droppings	24,0	85,0	425,0	86,7

Source: generated by the authors

significant advantages of using biogas technologies for energy generation create favorable prerequisites for the development of the domestic sector of agrobiogas. According to the Bioenergy Association of Ukraine, the average electricity production from biogas in 2020 was about 36.0 million kWh. Saving capital costs when using biogas plants at enterprises is 30-40%.

The generally accepted practice of storing production waste (manure) in open piles or lagoons leads to environmental degradation in nearby areas. Utilization of manure in large volumes is expensive, and sanitary fines are also large. Obtaining biogas from manure not only solves this problem, but at the same time is a way to generate additional income from the sale of heat and electricity. To ensure the stable uninterrupted operation of the biogas plant, it is better to provide for the possibility of producing biogas from mixed raw materials – crop and livestock waste. Thus, a biogas plant operating on agricultural waste will be uniformly loaded throughout the whole year, and biogas production will become a controllable and predictable process.

According to the National Commission for State Regulation in the Spheres of Energy and Utilities [12], Ukraine’s potential in replacing natural gas with biomethane and biogas produced from agricultural waste

and energoslin is about 37 billion m³ (consumption is about 28 billion m³) (Figure 4).

Equating the realizable value of biogas to the cost of natural gas (9.9 thousand UAH per 1000 m³), the gross profit from biogas production for agricultural enterprises of Ukraine can reach from 5.08 to 24.86 millions UAH depending on the type of raw material. For enterprises, the advantages of introducing a biogas plant are cost savings for the production of electricity and heat from their own raw materials, reduced dependence on external energy carriers, the ability to provide energy to other consumers. With 1 m³ of biogas, it is possible to generate about 2-2.5 kWh of electricity and up to 2.5-3.0 kWh of thermal energy by cooling the engines after burning biogas to generate electricity. However, the economic benefits from the use of biogas in each specific case will depend on the type of waste available for processing, investment opportunities, the presence of a local energy market and government initiatives [11, p. 196].

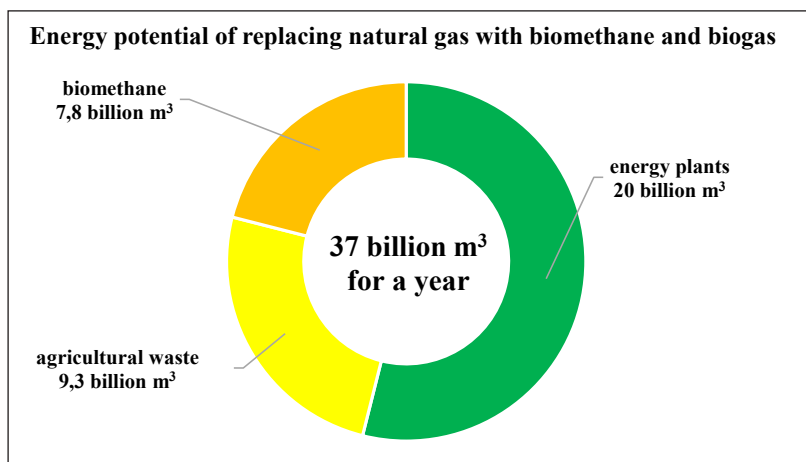


Figure 4. Energy potential of replacing natural gas with biogas from agrobiomass in Ukraine

Source: generated by the author according to [12]

The product obtained at the exit from the biogas station contains 50-70% methane. To use it in fuel transport systems or transfer to gas transmission

systems, it is necessary to carry out the so-called modernization, or the most complete purification from impurities. First of all, they include hydrogen sulfide and carbon dioxide. The methane content must be brought to the level of natural gas, which is 95-99%. Only then can biomethane be transferred to the general gas distribution network. There it is mixed with natural gas and used: to generate electricity; for heating purposes; at gas stations for cars. In addition, alternative fuels from waste are cheaper than purchased natural gas, which saves significant funds.

Organic waste from livestock complexes and the processing industry is already fertilizer in itself. However, the efficiency of such fertilizers is only 10-15% of the possible. When processing this waste in a biogas plant, there is a significant improvement in their properties and the formation of organic fertilizer – digestate.

Digestate is the residue of biogas production from organic mass. Biogas is formed as a result of organic matter methane fermentation. The gas is only 10% of the total production biomass. The other 90% of biomass comes for digestate. It contains such components as 2.3-4.2 kg/t of nitrogen, 0.2-1.5 kg/t of phosphorus, and 1.3-5.2 kg/t of potassium. This substance is similar to compost in its chemical composition, so it can be used as an additional fertilizer to increase soil fertility [4, p. 518]. Digestate improves crop health by providing additional nutrients and helping to maintain adequate soil moisture. If mineral fertilizers are absorbed only by 35-50%, then biofertilizers – by almost 99% [13, p. 27].

So, an average biogas plant, which is located at a livestock complex and processes about 37,000 tons / year of manure, after processing, gives approximately 35,000 tons of valuable biofertilizers per year. 1 ton of such fertilizers contains on average 3.5 kg of total nitrogen N (Table 2).

Biofertilizers (digestat) in many respects are several times better than other organic fertilizers (manure, droppings, peat):

1. Environmental impact on the soil. Organic fertilizers in unprocessed form cause more damage to the soil, polluting it and groundwater. Whereas digestat is an absolutely pure ecological fertilizer.

2. Lack of weed seeds. Pig and cattle manure and peat usually contains large amounts of weed seeds. 1 ton of fresh manure contains up to 10 thousand seeds of various weeds. This leads to a loss of yield from 5 to 7 centners of cereals per hectare.

3. The absence of pathogenic microflora, but the presence of active microflora, contributes to the intensive growth of plants.

4. Lack of an adaptation period. Biofertilizers (digestat), due to their shape, begin to work effectively immediately upon application.

5. Depending on the mineral fertilizer, digestate can be applied in any amount. When using it, there is no soil mineralization, since it is an environmentally friendly product.

Table 2

Chemical composition of digestate after processing in a biogas plant (liquid fraction 95% moisture)

Biofertilizers – digestate (fermented mass)	Chemical composition kg/t				
	N	NH ₄ – N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Pig manure	3.1-3.8	1.4-2.0	2.3-2.4	2.1-2.4	0.5-0.8
Cattle manure	1.8-2.2	1.0-1.2	0.8-1.6	2.2-2.8	0.4-0.5
Bird droppings	7.1-8.2	3.0-3.5	6.8-7.9	5.0-5.6	1.5-2.2
Grass silage	2.2-2.8	0.9-1.5	1.9-2.3	2.0-2.5	0.5-0.7

Source: summarized by the authors

Enterprises of agro-industrial production, operating on a waste-free principle, are able to meet energy, environmental and economic requirements. For the introduction of non-waste technologies into practical activities in the field of the agro-industrial complex, a consistent policy of the state is necessary, which will stimulate (or even force) the preservation of primary resources and the use of secondary resources.

Based on the data of the Bioenergy Association of Ukraine, the authors have identified the top 10 most powerful biogas plants in Ukraine and the amount of electricity they produce in 2020 (Table 3).

According to the State Energy Efficiency Agency, at the end of 2020, there are 53 installations in Ukraine that generate energy from biogas and operate at a “green” tariff. The total installed capacity of such installations is 103 MW, which is 10 MW more than in the previous year (2019 – 93 MW), and almost 6 times more than at the end of 2015 (18 MW). Of these, 67 MW (23 installations) operate on agricultural waste (Figure 5).

In the Vinnitsa region, there are two powerful enterprises for the production of biogas from animal waste – LLC “Vinnytsia poultry farm” and

Table 3

Top 10 most powerful biogas plants in Ukraine in 2020

№	Enterprise	Region	Installed capacity, MW	Electricity production in 2020, million kWh
1	LLC “Teofipolska Energy Company”	Khmelnysky	15.61	82.20
2	LLC “Vinnytsia Poultry Factory”	Vinnytsia	12.00	48.91
3	LLC “Korsun Eco Energo”	Cherkasy	7.50	36.73
4	LLC “Horodyshe-Pustovarov Agricultural Company”	Chernihiv	6.02	31.21
5	PJSC “Oryol-Leader”	Dnepropetrovsk	5.69	35.21
6	LLC “LNK”	Kyiv city	5.31	18.51
7	LLC “Cleaner Energy”	Kyiv	3.74	14.04
8	LLC “Yuzefo-Nikolaev biogas company”	Vinnytsia	3.20	18.52
9	LLC “Biogas-Ukraine”	Zaporozhye city	3.20	12.48
10	LLC “Kommertsbudplast”	Kherson	3.12	10.57

Source: summarized by the author based on the data of the Bioenergy Association of Ukraine [14]

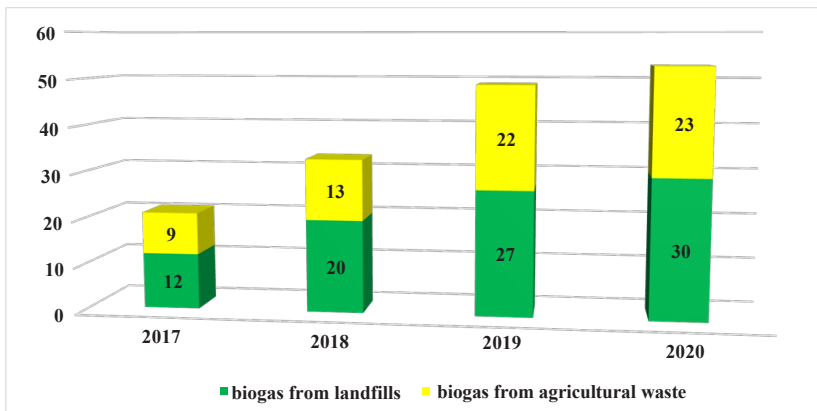


Figure 5. Growth dynamics of biogas plants in Ukraine, 2017–2020

Source: generated by the authors according to [15]

biogas from crop waste – LLC “Yuzefo-Nikolaevskaya biogas company”. The region is not only a leader in the production of gross agricultural products, but can also become one of the leading ones in the implementation of waste-free technologies that provide a full cycle of recycling economy.

Due to the difficult socio-economic situation in Ukraine, it is difficult to implement too fast rates of introduction of non-waste technologies in agriculture and an increase in biogas production from crop and livestock waste, which causes a crisis of non-payments for the “green tariff” and an increase in the state’s debt to operating biogas complexes 2020 with their reimbursement. However, we share the opinion of scientists from the Bioenergy Association of Ukraine regarding the forecast of the development of the bioenergy sector in terms of biogas production by 2050, given in Table 4.

Table 4

**Forecast for the development of the bioenergy sector
in 2050 in terms of biogas production in Ukraine**

Year	Installed power		Biofuel consumption, millions of tons of oil equivalent	Substitution of natural gas, billion m ³	Reduction of CO ₂ emissions, million tons / year	Investments, billion EUR	Job creation, units	
	MW _{el}	MW _t					min	max
2025	281	302	0.38	0.05	1.40	0.70	1.13	5347
2030	511	547	0.73	0.11	2.70	1.28	2.04	9702
2035	760	814	1.16	0.20	4.27	1.28	3.04	14441
2040	910	975	1.47	0.28	5.42	1.90	3.64	17297
2045	1073	1150	1.78	0.38	6.56	2.28	4.29	20390
2050	1385	1484	2.36	0.55	8.70	2.68	5.54	26324

Source: summarized according to the Bioenergy Association of Ukraine [14]

The ecological effect of biogas production is the safe processing of organic waste and animal by-products through methane digestion. In general, there are 5 main environmental effects from the introduction of biogas complexes at agricultural enterprises:

1) the use of crop and livestock waste as a secondary raw material to ensure energy autonomy;

- 2) solving the problem of storage and transportation of raw materials;
- 3) reducing the use of fossil fuels, saving resources and introducing alternative energy sources;
- 4) the use of digestate as an organic fertilizer to improve soil fertility;
- 5) reduction of greenhouse gas emissions.

As indirect environmental effects, one can single out – prevention of pollution of ground and surface waters and soil.

Investing in biogas plants for large agricultural enterprises solves several problems at once. One of the most important is waste processing, which is especially important for livestock breeding complexes. The costs of dumping manure pollute the environment and harm the ecological situation, reaching hundreds of thousands. It is wiser to spend this money on the construction of a biogas plant. The resulting biogas will serve as fuel for the heating system, or will be used for other purposes.

Thus, in our country there are great raw material opportunities and favorable tariffs for electricity from renewable energy sources, since biogas is a promising direction for the development of green energy in general. Large livestock complexes can benefit from the complex benefits of the construction of a biogas complex: get rid of the waste products of animals and the costs of their burial; get fuel for heating industrial premises; get alternative fuel for gas-powered vehicles; generate and sell electricity at a green tariff; to sell the converted substrate as a highly efficient fertilizer.

6. Practical value

The introduction of waste-free technologies into production is one of the important aspects of the transition to a recycling economy, as well as an effective tool for protecting the environment, achieving energy independence of agricultural formations and obtaining additional economic benefits.

One of the ways is to use animal waste – excrement, urine and manure – as a source for biogas production. The construction of biogas complexes will allow, first of all, to reduce the cost of transportation and disposal of agricultural waste, especially animal waste. The advantage of biogas production is the approach of the industry to energy independence and obtaining additional economic benefits (biogas can be cogenerated into electrical, thermal energy or biomethane – an analogue of natural gas, as

well as reduce dependence on external energy carriers). Also, an important economic and agrotechnical effect from the introduction of waste-free biogas plants is the formation of organic fertilizers (digestate) in the process of anaerobic fermentation of biomass.

Also, agro-industrial activity is one of the largest sources of greenhouse gas emissions into the atmosphere, therefore biogas plants can be considered as the implementation of emission reductions within the framework of joint implementation projects (Kyoto Protocol, Paris Agreement). In many pig and cattle farms, manure is stored in anaerobic ponds, which results in methane emissions directly into the atmosphere. Reduction of methane emissions in biogas complexes will be achieved through the production of biogas with its subsequent combustion in a cogeneration unit. In addition, a reduction in emissions of another greenhouse gas, CO₂, will be achieved, since the generation of electricity and heat from renewable sources (biogas) will replace the equivalent amount of energy obtained from the combustion of fossil fuels in power plants that supply power to the grid.

Biogas production is economically justified and prevails in the processing of a constant stream of waste (effluent from livestock farms, slaughterhouse, vegetable waste). Cost-effectiveness lies in the fact that there is no need for advance waste collection, organization and management of their supply, while it is known how much and when the waste will be received.

The proliferation of biogas complexes in Ukraine, which has significant potential for the production of biological fuels, needs to be developed quickly and on a large scale. The production of biogas from agricultural waste, taking into account the successful world experience, would not only solve the problem of energy independence of the agro-industrial complex, but also make it possible to stabilize the economic situation in the industry and attract additional investment resources.

7. Conclusions

Effective waste-free production in the agricultural sector necessarily presupposes a balance between agricultural activities and the state of the biosphere. Environmental protection is an integral part of the process of introducing waste-free agricultural production into management practice, because the economic, environmental and social components of the existence of efficient production in the agricultural sector form a single

indivisible system. Understanding the scale and nature of environmental problems, their relationship with the conditions for the functioning of the agricultural sector allows us to determine the appropriate resources for their solution.

Based on the research, that the main task of introducing waste-free technologies at agricultural enterprises is the creation of closed production cycles with the recycling of raw materials, when each end link of one production serves as the initial link of the next, as a result of which no waste enters the external environment and negative consequences for the natural environment are minimized. Subject to the constant introduction of innovations, improvement of equipment and technologies, the development of low-waste and non-waste technologies allows the introduction of energy-saving and resource-saving technologies, is an achievement of modern economic development in the transition from a linear model of the economy to a circular model.

The use of innovative, environmentally friendly and economically sound technologies by enterprises contributes to a gradual increase in economic efficiency and production efficiency. An environmentally oriented highly efficient environmental management system at the enterprise will ensure the formation of a balanced development of both the enterprise and society as a whole.

Expansion of resource opportunities at the expense of waste should proceed from the determination of their resource value and the technological capabilities of their involvement in production, substantiation of directions and ways of the most efficient use of waste, creation of territorial production complexes with closed resource cycles based on resource and technological prerequisites, and the like. At the same time, great importance should be attached to the development and implementation of relevant state, regional, sectoral programs that are aimed at solving the most important environmental and resource problems, creating new approaches to solving waste problems and means of their implementation.

One of the most promising alternative energy sources is biogas – the only type of renewable energy that can be used in several ways. It can be burned in heating installations and received heat for heating. In its enriched form, it is used in automobile engines as a fuel. In cogeneration plants, you can get electricity, which is then sold or used in their own industries.

Ukraine has a large raw material potential for biogas production and significant opportunities for increasing the capacity of biogas plants. Recycling organic waste from production and consumption in a biogas plant is an economically and environmentally optimal solution. At the same time, the products formed as a result of waste disposal (biogas, biofertilizers) contribute to solving the problem of meeting the need for certain categories of material resources, namely energy resources and fertilizers, which will contribute to an increase in production volumes subject to a decrease in the use of natural resources. Substitution of energy carriers and fertilizers with biological analogs, which are achieved by recycling production waste into biogas, as well as a significant decrease in their imports, have a positive effect on both the internal equilibrium in the country and its GDP.

References:

1. Projekt Natsionalnogo kadastru antropohennykh vykydiv iz dzherel ta absorptsii pohlynachamy parnykovykh haziv v Ukraini za 1990–2018 roky [Draft National Cadastre of Anthropogenic Emissions from Sources and Absorption by Greenhouse Gas Absorbers in Ukraine for 1990–2018]. Retrieved from: https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/2020/Ukraine_NIR_2020%20draft.pdf
2. Honcharuk, I.V., Vovk, V.Yu. (2020). Poniatynyi aparat katehorii silskohospodarski vidkhody, yikh klasyfikatsiia ta perspektyvy podalshoho vykorystannia dlia vyrobnytstva bioenerhii [Conceptual apparatus of the category of agricultural waste, their classification and prospects for further use for bioenergy production]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, finance, management: topical issues of science and practice activity*, 3, 23–38. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2020-3-2/>
3. Honcharuk, I. (2020). Use of wastes of the livestock industry as a possibility for increasing the efficiency of AIC and replenishing the energy balance. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 9, 1, 9–14.
4. Kaletnik, G., Honcharuk, I., Okhota, Yu. (2020). The Waste-Free Production Development for the Energy Autonomy Formation of Ukrainian Agricultural Enterprises. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 11, 3, 513–522. DOI: [https://doi.org/10.14505//jemt.v11.3\(43\).02](https://doi.org/10.14505//jemt.v11.3(43).02)
5. Kaletnik, H.M., Honcharuk, T.V. (2013). Innovatsiine zabezpechennia rozvytku biopalyvnoi haluzi: svitovy ta vitchyzniani dosvid [Innovative support of biofuel industry development: world and domestic experience]. *Biznes Inform – Business Inform*, 9, 155–160.
6. Kyrylenko, I.H., Tokarchuk, D.M. (2020). Efektyvna orhanizatsiia vykorystannia vidkhodiv ahrarnykh pidpriemstv u formuvanni enerhetychnoi ta ekolohichnoi bezpeky [Effective organization of waste use of agricultural enterprises in the formation of energy and environmental security]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics,*

finance, management: topical issues of science and practice activity, 2, 66–84. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2020-2-9>

7. Andreichenko, A.V., Smirnova, O.V. (2020). Bezvidkhodni ta malovidkhodni tekhnolohii yak chynnyk ekolohizatsii vyrobnytstva v umovakh zabezpechennia staloho rozvytku [Waste-free and low-waste technologies as a factor in the greening of production in terms of sustainable development]. *Prychornomorski ekonomichni studii – Black Sea Economic Studies*, 50(1), 44–47.

8. Efektyvni tekhnologhiji utylizaciji vidkhodiv sils'jkogho ghospodarstva [Effective technologies of utilization of agricultural waste]. *uabio.org*. Retrieved from: <http://uabio.org/img/files/news/pdf/ifc-workshop-mnccgroup.pdf>

9. Ofitsiyni sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [Official site of the State Statistics Service of Ukraine]. *ukrstat.gov.ua*. Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

10. Boichuk, N.Ya., Misialo, O.V. (2019). Perspektyvy ratsionalnoho vykorystannia vidkhodiv v Ukraini: ekonomichni ta ekolohichni aspekty [Prospects for waste management in Ukraine: economic and environmental aspects]. *Infrastruktura rynku – Market infrastructure*, 29, 379–385.

11. Vovk, V.Yu. (2020). Ekonomichna efektyvnist' vykorystannja bezvidkhodnykh tekhnologhij v APK [Economic efficiency of waste-free technologies in agro-industrial complex]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, finance, management: topical issues of science and practice activity*, 4, 186–206. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2020-4-13>

12. Ofitsiyni sait Nacional'noji komisiji, shho zdiijsnjuje derzhavne reguljuvannja u sferakh energhetyky ta komunal'nykh poslugh [Official site of the National Commission for State Regulation of Energy and Utilities]. *nerc.gov.ua*. Retrieved from: <https://www.nerc.gov.ua/?id=11889>

13. Honcharuk, I.V. (2020). Vyrobnytstvo bioghazu v aghrarnomu sektori – shljakh do pidvyshhennja energhetychnoji nezalezhnosti ta rodjuchosti ghruntiv [Biogas production in the agricultural sector is a way to increase energy independence and soil fertility]. *Aghrosvit – Agroworld*, 15, 18–29. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306&6792.2020.15.18>

14. Ofitsiyni sait Bioenerhetychnoi asotsiatsii Ukrainy [Official site of the Bioenergy Association of Ukraine]. *uabio.org*. Retrieved from: <https://uabio.org/>

15. Ofitsiyni sait Derzhavnogo ahenstva z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia v Ukraini [Official site of the State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving in Ukraine]. *sae.gov.ua*. Retrieved from: <https://sae.gov.ua/uk>

16. Honcharuk, I. (2021). Energy needs of the agricultural sector and the potential for addressing them. *Humanities and Social Sciences*, 29(1), 95–113. DOI: <https://doi.org/10.22364/hssl.29.1.06>

17. Kaletnik, G.M. (2018). Diversification of production of biofuel – as the basis of maintenance of food, power, economic and environmental safety of Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science*, 11 (788), 169–176. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-21>

18. Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy [Bioenergy Association of Ukraine]. *uabio.org*. Retrieved from: <http://www.uabio.org>

19. Kaletnik, G., Honcharuk, I., Yemchyk, T., Okhota, Yu. (2020). The World Experience in the Regulation of the Land Circulation. *European Journal of Sustainable Development*, 9, 2, 557–568. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2020.v9n2p557>
20. Palamarchuk, V., Honcharuk, I., Honcharuk, T., Telekalo, N. (2018). Effect of the elements of corn cultivation technology on bioethanol production under conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8, 3, 42–50.
21. Honcharuk, T. (2017). Strategic potential of biomass in Ukraine – guarantee of the state’s economic development. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, finance, management: topical issues of science and practice activity*, 8, 36–44.
22. Honcharuk, I., Kovalchuk, S. (2020). Agricultural Production Greening Management in the Eastern Partnership countries with the EU. *The theoretical and practical aspects of the development of the European Research Area: monograph*. Riga, Latvia: Publishing House «Baltija Publishing», 42–68.
23. Pryshliak, N., Tokarchuk, D., Shevchuk, H. (2021). The socio-economic and environmental importance of developing biofuels: the Ukrainian case on the international arena. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 24, 1, 133–152.
24. Berezyuk, S., Tokarchuk, D., Pryshliak, N. (2019). Resource potential of waste usage as a component of environmental and energy safety of the state. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 5(37), 1157–1167. DOI: [https://doi.org/10.14505/jemt.v10.5\(37\).23](https://doi.org/10.14505/jemt.v10.5(37).23)
25. Tokarchuk, D.M. (2019). The main trends in the formation and management of waste from agricultural enterprises. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, finance, management: topical issues of science and practice activity*, 4(44), 170–180. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2019-4-18>
26. Tokarchuk D., Prishlyak N., Palamarenko Y. (2020). Methodology for calculating the economic efficiency of waste use for the production of biofuels in comparison with their traditional use. *Slovak International Scientific Journal*, 3, 47, 24–34.
27. Andreichenko, A.V. (2018). Praktyka zastosovania bezvidkhodnykh tekhnolohii v APK na shliakhu do vykonannia hlobalnoi prohramy staloho rozvytku [The practice of applying waste-free technologies in the agro-industrial complex on the way to the implementation of the global program of sustainable development]. *Aghrosvit – Agroworld*, 6, 40–45.
28. Kurbatova, T.O., Hyrchenko, Ye.V. (2019). Ekonomichni perspektyvy rozvytku sektoru biohazu na osnovi vykorystannia orhanichnykh vidkhodiv silskoho hospodarstva [Economic prospects for the development of the biogas sector based on the use of organic agricultural waste]. *Modern economics*, 14, 121–129.
29. Kaletnik, H.M., Honcharuk, I.V. (2020). Ekonomichni rozrakhunky potentsialu vyrobnytstva vidnovliuvalnoi bioenerhii u formuvanni enerhetychnoi nezalezhnosti ahropromysloвого kompleksu [Economic calculations of the potential of renewable bioenergy production in the formation of energy independence

of the agro-industrial complex]. *Ekonomika APK – Economics of agro-industrial complex*, 9, 6–16. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202009006>

30. Shpychak, O.M., Bodnar, O.V., Pashko, S.O. (2019). Vyrobnystvo biopalyva v Ukraini u konteksti optymalnoho vyrishennia enerhetychnoi problemy [Biofuel production in Ukraine in the context of optimal solution of the energy problem]. *Ekonomika APK – Economics of agro-industrial complex*, 3, 13–27. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201903013>

31. Yanovych, V., Honcharuk, T., Honcharuk, I., Kovalova, K. (2017). Design of the system to control a vibratory machine for mixing loose materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (3-90), 4–13.

32. Honcharuk, I.V., Branitsky, Yu.Yu., Tomashuk, I.V. (2017). The main aspects of effective formation and use of resource potential in agricultural enterprises (on the example of Vladovo-Lyulinetska DSS IBK and the Central Bank of NAAS of Ukraine). *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, finance, management: topical issues of science and practice activity*, 10(26), 54–68.

33. Skoruk, O.P., Tokarchuk, D.M., Vsemirnova, V.M. (2011). Perspektyvy vyrobnystva biopalyva tretjogho pokolinnja [Prospects for the production of third generation biofuels]. *Zbirnyk naukovykh pracj Vinnyckogho nacionaljnogho agh-rarnogho universytetu. Serija: Ekonomichni nauky – Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University. Series: Economic Sciences*, 1(48), 171–176.

34. Tokarchuk, D.M. (2018). Management of efficient use of agricultural waste for biogas production. *Oblik i finansy – Accounting and finance*, 3(81), 133–139.

35. Garmash, S. Mitina, N., Zubareva, I. (2016). Prospects for obtaining biogas in Ukraine from waste of organic origin. Retrieved from: http://www.zgia.zp.ua/gazeta/InternetKonf_2016_31.pdf

**SUBSTANTIATION OF THE CONSTRUCTIVE
AND MODE PARAMETERS OF VIBRATORY
DISC CRUSHER FOR THE FARM ANIMALS
COMPOUND FEEDS PRODUCTION**

Ihor Kupchuk¹

Natalia Telekalo²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-38>

Abstract. The research is based on the tasks of applied research on the topic: «Development of a complex of energy-efficient and resource-saving equipment and promising technologies for feeding farm animals of the AIC of Ukraine», state registration number 0121U108589. The authors' research is aimed at solving current problems of technological renewal and development of the agro-industrial complex of Ukraine. In the laboratory of the theory of mechanisms and machines of the department of general technical disciplines and labor protection of Vinnitsa National Agrarian University, a vibratory disk crusher was designed to increase the level of technical support for the livestock industry. The crusher uses a more efficient method of grinding feed grain – a combination of impact and cutting, in contrast to a hammer mill that grinds with a free impact of hammers. The research results of grinding soybeans grain into feed by a vibratory disk crusher are presented in the article. An experimental prototype of the developed machine was used as an object of research. To register the input and output parameters of grinding, we used the material and technical base of the department of technological processes and equipment of processing and food industries.

1. Introduction

Taking into consideration current realities and various factors, which create difficulties for the effective functioning of Ukraine's national economic system, the Agro-Industrial Complex of Ukraine acts as the most stable part of

¹ Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Vinnitsa National Agrarian University, Ukraine

² Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Vinnitsa National Agrarian University, Ukraine

it, that is characterized by conservatism and is one of the main and stable cross-sectoral formations due to revenues. However, despite the strategic priority of the AIC, the high level of energy consumption by domestic producers does not enable providing an appropriate level of competitiveness of Ukraine's AIC in domestic and foreign markets, at the same time the rationalisation of energy use necessitates the substantiation of the energy-saving variant of its development by implementing energy-efficient machines and technologies in the system of feed preparation and feeding animals.

Full-fledged animal feeding is the basis for the successful functioning and effective development of the livestock production industry and can be ensured only if a sufficient amount of feed is produced, the loss of their nutritional value during their harvesting, storage, and also the correct preparation of feed for feeding is reduced. Grain feeds used at concentrated feed. They contain a large amount of nutrients that are easily absorbed. Their use in the feeding system allows you to balance the rations of animals in terms of energy, protein, amino acids.

The compilation and selection of components of feed rations is carried out by technologists depending on the species, age group, morphological and biological indicators of animals and many other factors. At the same time, regardless of the technology and feeding scheme chosen by the specialist, concentrated feed based on wheat, barley, peas, corn, soybeans and other agricultural crops that have undergone preliminary technological processing remains an indispensable source of nutrients for animals. Moreover, a particularly important indicator that affects the productivity of animals is the quality of grinding concentrated feed. As a result of grinding feed, a significant number of parts are created from a larger surface area, which helps to speed up digestion and increase the absorption of nutrients.

The need for grinding grain feed is conditioned by the physiological characteristics of animals, as the rate of processing feed with gastric juice is directly proportional to its surface area [1]. At the same time, in the technological process of feed preparation, the share of energy consumption for grinding can reach 65% [2]. Therefore, the effective functioning of farms in modern conditions requires development and implementation of technologies that meet international standards and reduce excessive energy losses [3; 4]. Thus, profitability and competitiveness of the livestock industry largely depends on the energy efficiency of this technological operation, and reducing energy intensity of the process is an urgent task.

2. Analysis of recent research and publications

Nowadays, hammer crushers have become widely used on livestock farms and feed mills [5; 6]. In these technological machines, the destruction of the material occurs in the course of the successive stages: application of a distributed load on the flat face of the articulated-suspended hammer, emergence of various deformations and stresses in the body, reaching the limits of stresses and strains, breaking the bonds of atoms and molecules [5].

In the process of crushing mainly brittle and plastic destruction takes place. Brittle destruction is characterized by a slight deformation of the material, and after the fracture there observed no residual deformations. The applied energy is spent on overcoming the forces of mutual adhesion of the body particles, i.e. on formation of a new surface. During the destruction of plastic materials, energy is expended both on the breaking structural ties and on significant plastic deformations. Moreover, the energy expended on deformation is converted into heat.

The tensile strength of the material and its ultimate deformation is determined by the structural and mechanical characteristics of the grain and depends on the variety, size, density, moisture content, temperature, etc. Thus, with moisture content increase there is a decrease in brittleness and tensile strength with a simultaneous increase in plasticity and absolute deformation, which the grain can acquire before the destruction.

Grinding brittle materials consumes much less energy than plastic ones. As already been mentioned, the brittleness and plasticity of some materials are determined by their physical state, thus in terms of energy consumption the material should be grinded in a brittle state.

Experience shows that for the production of feed, mainly fodder grain with a moisture content exceeding the basic conditions is used. This is due to both material aspects (market price of raw grain is much lower) and production capacity of a particular enterprise.

From the point of cost reduction, introduction of machines for grinding grain, proposed by Sergeev N.S. [7], Abramov A.A. [8], Nanka O.V. [9; 10], the principle of which is based on a combination of cutting and spalling methods, is quite promising. The advantage of such a combination is the local overvoltage of surface microvolumes in places of load application. In the process of cutting the knife blade is wedged into the

product and near the contact surface a specific pressure sufficient to destroy the body is created.

On the basis of the Department of Technological Processes and Equipment for Food and Processing Industries of Vinnytsia National Agrarian University laboratory a vibratory disk crusher has been developed (Figure 1), in which, when the electric motor 5 is turned on, the torque through the clutch 6 is transmitted to the kinematic shaft 7 with counterweights 8, the rotation of which leads to the creation of a combined power and moment imbalance of the rotor 9, placed on it, with axes and disk-shaped beaters 10 [11].

The processed material is continuously being fed through the loading neck 2 and crushed due to the rotational and oscillating motion of the disc beaters 10. With particle size reduction, the crushed material under the influence of centrifugal forces and alternating loads, through the sieve surface, undergoes intensive classification: particles equal to or smaller than the diameter of the sieve 4 holes are unloaded through the neck 3, the rest goes for re-grinding [12].

This combination of grinding methods (impact and cutting) makes it possible to process substandard raw materials with a high moisture content while reducing energy consumption for this technological operation, which was confirmed by the results of the experimental research.

However, in order to achieve high energy efficiency, it is necessary to substantiate the rational modes of operation for the suggested equipment.

3. Purpose and objectives

The purpose of the researches is to substantiate energy-efficient and resource-saving modes of operation of the vibratory disk crusher based on the analysis of quality and energy performance of the process of grinding feed grain.

To achieve this goal it is necessary to perform the following tasks:

- to study the amplitude-frequency characteristics of the developed machine depending on the angular velocity of the drive shaft and with different mode of feeding the material into the working chamber;
- to determine power consumption of the electric motor of the machine depending on the angular velocity of the rotor, the mode of the material in-feed, the diameter of the separation surface perforation;

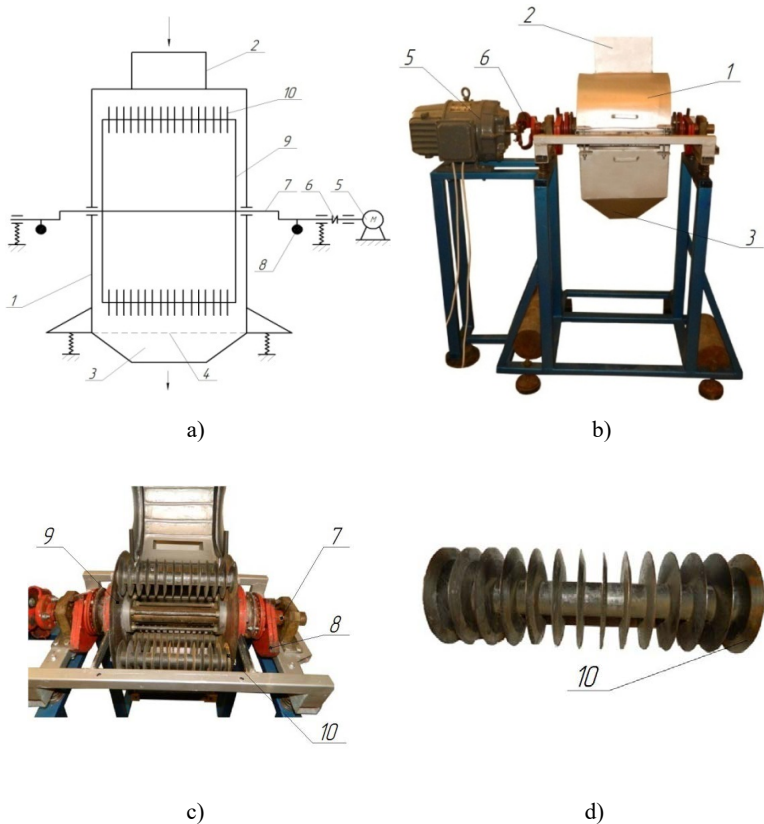


Figure 1. Vibratory disc crusher: a) schematic diagram; b) general view; c) actuator; d) disk beaters; 1 – housing; 2, 3 – loading and unloading neck; 4 – sieve; 5 – electric motor; 6 – elastic clutch; 7 – kinematic shaft; 8 – counterweights; 9 – rotor; 10 – disk-type beaters

– to establish the dependence of the productivity of the developed machine on the angular velocity of the drive shaft, the diameter of separation surface perforation and moisture content of the processed material;

– to evaluate the dispersion of the out-put material by specific passage through the control sieve depending on the angular velocity of the drive shaft and the diameter of the separation surface perforation;

– to establish rational parameters of the grinding process in the vibration field on the basis of regression analysis of the obtained experimental data.

4. Equipment and methods

Experimental part of the work was performed on the base of the Department of Technological Processes and Equipment for Food and Processing Industries of Vinnytsia National Agrarian University laboratories on the stand (Figure 2) and experimental sample of the vibratory disk crusher [11] (Figure 1).

To record the amplitude-frequency characteristics of the vibratory disk crusher, a sensor based on the ST Microelectronics LIS3DH accelerometer was developed (Figure 3), which has the following characteristics: ultra-low power consumption – 2 μ A; voltage consumption 1.71-3.6 V; adjustable acceleration measurement range: $\pm 4g$; $\pm 8g$; $\pm 16g$; SPI/I2C interface for reading data; built-in self-testing module [13; 14].

The principle of operation of the developed sensor is as follows: after connecting sensor 7 to the surface of the container (Figure 2), the drive mechanism is to be turned on, creating alternating oscillations of the vibratory disk crusher activator, which initiates the built-in accelerometer, which starts the registration of the amplitude-frequency characteristics and through the connected adaptive cord read the amplitude frequency response, which is interpreted as graphical dependencies and data digital matrix on a personal computer 2. The developed software allows to analyze vibration acceleration, vibration velocity, vibration displacement and frequency of oscillations.

In order to register the speed of the drive shaft a wireless tachometer UNI-T UT372 (Figure 4) was used, the principles and procedures of operation of which are described in the technological documents.

To control and change the rotation speed of the electric motor shaft autotransformer AOCН-20-220-75 (Figure 5) was used designed to work with alternating current.

To determine power characteristics of the studied machine the EMF-1 electronic wattmeter was used (Figure 6), intended to measure power consumption in the 220 V network, 16A (maximum), connected through a household outlet [13]. The device measured the following parameters: utility supply voltage, frequency and power of alternating

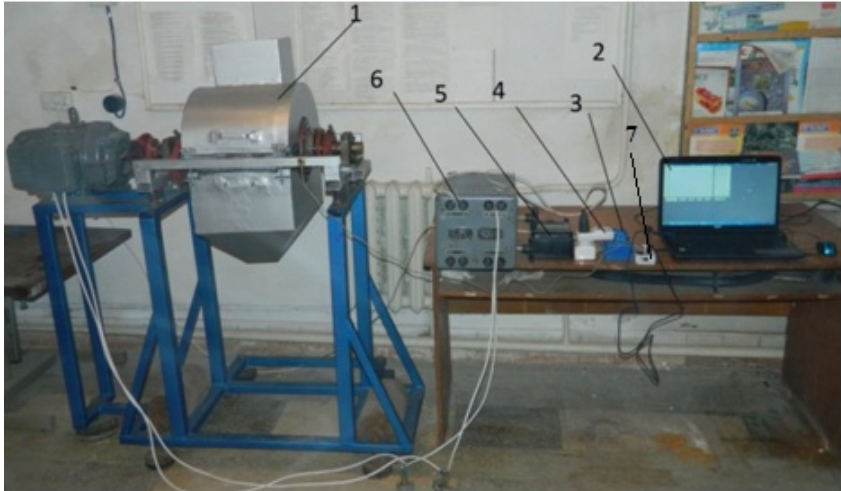


Figure 2. Experimental stand: 1 – experimental sample of the vibratory disk crusher; 2 – personal computer; 3 – switch; 4 – EMF-1 electronic wattmeter; 5 – secondary electromechanical wattmeter; 6 – AOCH-20-220-75 laboratory transformer; 7 – accelerometer

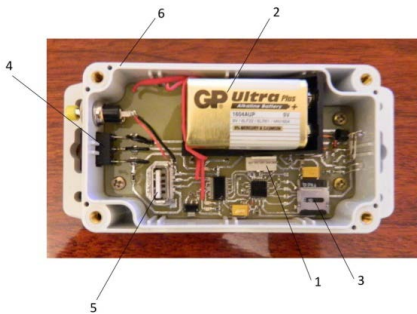


Figure 3. Accelerometer: 1 – microport for the accelerometer sensor connection; 2 – power supply battery; 3 – memory card; 4 – power button; 5 – adaptive microport for data reading; 6 – accelerometer housing



Figure 4. UNI-T UT372 frequency meter: 1 – laser reader; 2 – digital indicator; 3 – control panel

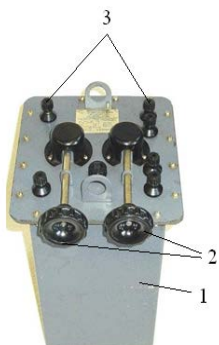


Figure 5. Aoch-20-220-75 laboratory autotransformer:
1 – outer casing; 2 – voltage regulators;
3 – input and output terminals



Figure 6. EMF-1 electronic wattmeter:
1 – wattmeter housing; 2 – control panel;
3 – indicator display

current, the consumed power, coefficient of performance (100% for active load), equipment operating time and total power consumption for the whole period of the machine operation (kW/h).

The crusher separation surface perforation diameter was changed by installing appropriate sieves with round holes of the following sizes: $d=1$ mm; 1.25 mm; 1.4 mm; 1.6 mm; 1.8 mm; 2 mm [14].

To change the mode of the feed-in of the material FV-2 mobile vibrating dispenser was used (Figure 7), in which the loaded into the hopper 1 material through the unloading hole, partially closed by the sliding shutter 2, falls on the tray 4 and under the forced oscillation action of the latter, caused by electromagnetic vibrator 3, moves along it and is unloaded through the neck 6.

To determine the moisture content of the material a Wile 55 moisture meter (Figure 8) was used, intended to measure the relative humidity of various types of grains and seeds, characteristics of which are stored in the device memory.

Productivity evaluation was done by weighing the crushed material that passed through the crusher over a time interval [14]. The BTA-60/30-5-T electronic laboratory technical scales were used to determine the mass (Figure 9).

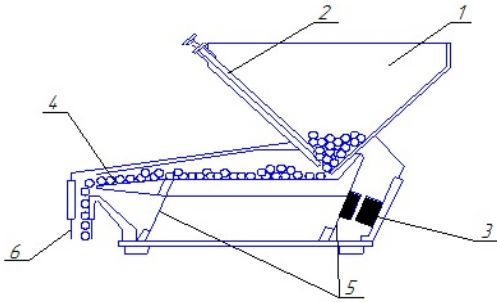


Figure 7. Model of the ПГ-2 vibrating feeder: 1 – loading hopper; 2 – sliding shutter; 3 – electromagnetic vibration excitor; 4 – conveying tray; 5 – springs; 6 – unloading neck



Figure 8. Wile-55 moisture meter: 1 – case cover; 2 – digital indicator; 3 – control panel; 4 – test sample container

Dispersivity of the material was determined by the method of mechanical separation of particles – sieve analysis. The material was loaded on a sieve with holes of certain size and by oscillating motion was separated into two parts: the separated material and the remaining residue. Sieves with a hole size of 1; 0.8; 0.6; 0.4; 0.2 mm were used. The experimental material was passed through the A-20 laboratory sieve analyzer (Figure 10) [15].

During sample acquisition by the spot sampling method, a laboratory sampler was used to analyze the quality of grinding (Figure 11).

For the quality assessment of the crushed material, the rate of extraction or the proportion of its passage through the control sieve was assumed. By extraction we mean the number of particles in the product after grinding, expressed as a percentage over weight of the sample taken for the analysis. The technology of feeding farm animals supposes the dispersion of the compound feed particles in the range of 0.5-3.5 mm, depending on the animal kind, age and method of keeping [12; 13]. Given the ability of a vibratory disc crusher to obtain particles of different sizes, as a control indicator of the quality of grinding we took the following conditions: the finished product particle size should not exceed 1 mm; the proportion of the

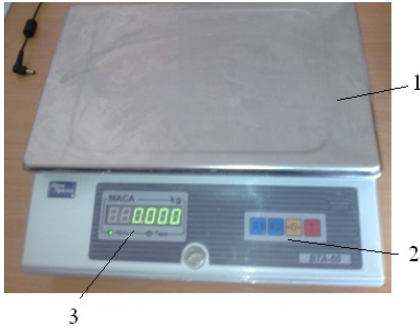


Figure 9. The BTA-60/30-5-T electronic laboratory technical scales:
 1 – weighing pan;
 2 – calibration panel;
 3 – indicator display

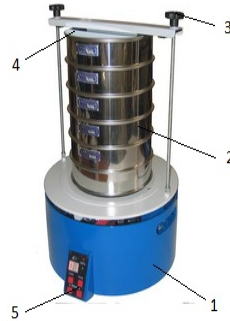


Figure 10. A-20 sieve analyzer:
 1 – vibrating platform;
 2 – sieve block; 3 – fixing screws;
 4 – dustproof surface;
 5 – control panel

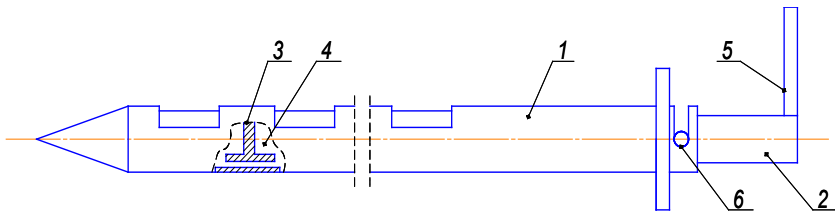


Figure 11. Model of a tubular sampler:
 1 – external branch pipe; 2 – internal branch pipe; 3 – valve;
 4 – camera; 5 – the lever; 6 – locking valve

material with particle size not more than 1 mm should be not less than 85% of the total weight of the crushed product [16].

Statistical analysis of the experimental data array, aimed at receiving functional dependence in the form of multiple regression of the second order was obtained using rotatable central-compositional planning (RCCP) of a multifactorial experiment [17].

The RCCP method makes it possible to obtain a more accurate mathematical description of the data distribution by increasing the number of experiments at the central points of the plan matrix and a special choice

of the “star value”. Processing of the experimental data was carried out in the statistical environment STATISTICA 10.0. and Mathcad 15.

5. Results of the research

In the study of the developed equipment grinding process technological characteristics, a number of experiments were performed to change the dispersed properties of the processed material (soybeans) under the action of impact-cutting action of the working bodies in the “vibratory field”.

The first part of the experimental research was based on the analysis of the amplitude-frequency characteristics of the actuator and the consumed energy for driving the machine. The second part was devoted to the determining the technological parameters of the studied process, in particular the assessment of the equipment performance and dispersion of the obtained material. Comprehensive statistical analysis of those parameters allows finding rational modes of the machine operation, which provide maximum efficiency of the process of grinding grain while ensuring the desired dispersion of the finished product.

5.1. Estimation of the amplitude-frequency and energy parameters

Figure 12a demonstrates experimental dependences of the amplitude of oscillations on the angular velocity of the rotor and the volume of the material feed-in, which shows that at idling (without material feed), together with angular velocity ω increase, graphical curves of the amplitude of oscillations of the container A become divided into three zones: subresonance, in which the amplitude $A=4$ mm gradually increases in the range of values of the angular velocity $\omega=0\dots 45$ rad/s; resonance, where the maximum value of the amplitude $A=4.6$ mm at $\omega 45\dots 100$ rad/s is observed; super-resonance, where stabilization of the amplitude of oscillations in the range of $A=3.35\dots 3.4$ mm occurs [11].

With the entry of the material into the working chamber of the crusher (at $\omega=100$ rad/s) due to the increase of oscillating masses, there is an increase in the amplitude of oscillations in the range of $3.2\dots 3.5$ mm (inversely proportional to the loaded mass), and the super-resonance zone shifts to the right on the abscissa axis and occurs at the $\omega=120\dots 125$ rad/s angular velocity. With the the increase of the material feed-in, the values of the amplitude of oscillations in the super-resonance period decrease due to

the growth of the dissipative forces of the technological environment and is $A=2.8... 3.3$ mm.

Analysis of the experimental dependence of the vibration velocity v of the crusher actuator on the angular speed of the rotor (Figure 12b) and the volume of the material detected 270 mm/s in the resonance zone at 65 rad/s, after which the dependence becomes linear with 340... 360 mm/s at the operating mode.

The experimental dependence of vibration acceleration a and vibration intensity I of the crusher actuator (Figure 13a; 13b) was also determined, which clearly shows that after passing the resonance zone (at $\omega=45... 100$ rad/s) the dependences acquire linear character of growth, and their value at the operating mode of 120..125 rad/s are $a=40-46$ m/s² and $I = 18-21$ m²/s³ respectively.

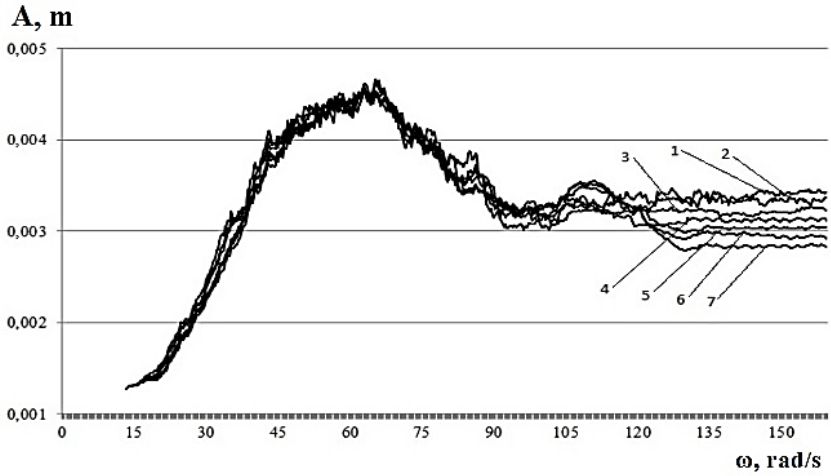
In the general case, the main energy parameters of vibration include the work of urging forces or moments and internal resistance forces of the oscillating system [17].

The work of external forces is created by unbalanced masses and is spent on overcoming the forces of resistance of the system and ensuring the oscillating motion of the working bodies of the vibratory technological machine with the specified parameters. The internal resistance forces of the oscillating system are the forces of reactive and dissipative resistance [18].

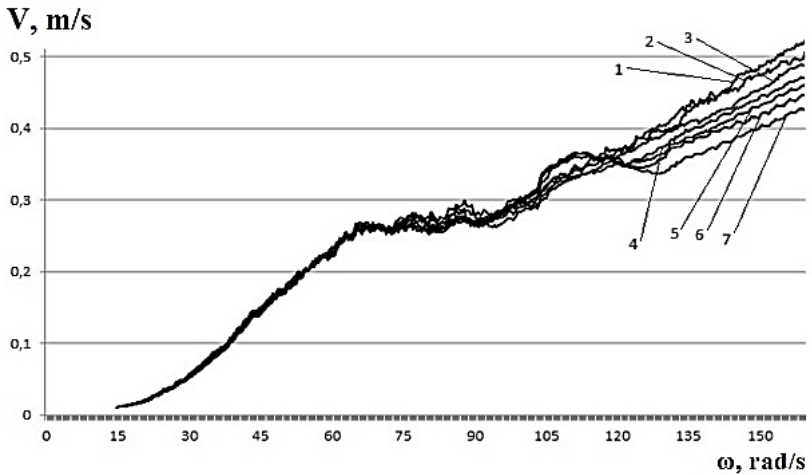
Figure 14 demonstrates the experimental dependence of the crusher drive consumed energy on the angular velocity of the drive shaft and the material feed-in at the separating surface holes diameter $d=2$ mm.

From the given dependence it is seen that when the machine is operated without material feed-in with the frequency ω growth, the consumed power N increases almost proportionally. When there is an increase in the degree of loading of the working chamber (material feed-in rises), the amplitude of oscillations of the container decreases, and power consumption increases.

However, when the frequency exceeds $\omega=128...130$ rad/s, almost quadratic increase in N is observed, indicating growth of reactive and dissipative resistance of the material due to its recirculation and untimely removal from the working area. At the operating frequency of the machine $\omega=120-125$ rad/s the consumed power of the electric motor, at material feed-in $Q = 100...600$ kg/h, makes: $N = 740... 1160$ W.

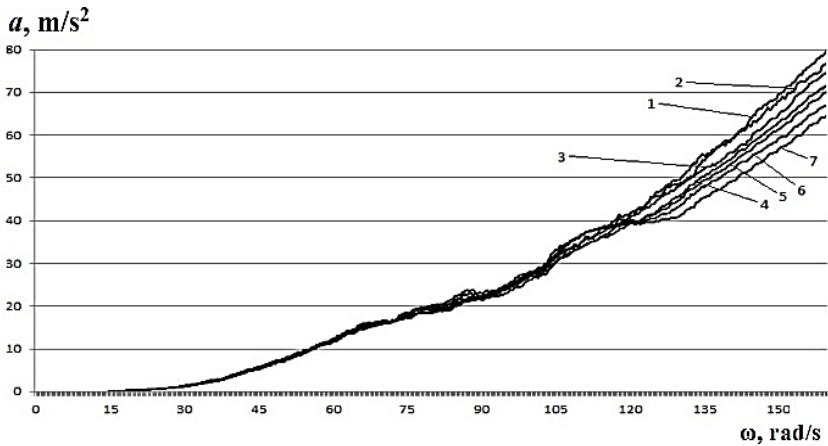


a

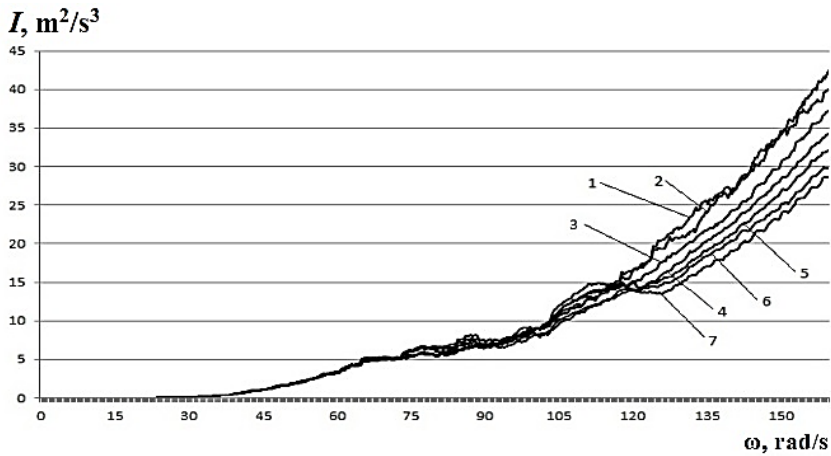


b

Figure 12. Dependence of the amplitude (a) and vibration velocity (b) on the angular velocity of the drive shaft: 1 – without material feed-in; 2 – at 100 kg/h feed-in; 3 – at 200 kg/h feed-in; 4 – at 300 kg/h feed-in; 5 – at 400 kg/h feed-in; 6 – at 500 kg/h feed-in; 7 – at 600 kg/h feed-in



a



b

Figure 13. Dependence of the vibration acceleration (a) and intensity of oscillations (b) on the angular velocity of the drive shaft:

- 1 – without material feed-in; 2 – at 100 kg/h feed-in;
- 3 – at 200 kg/h feed-in; 4 – at 300 kg/h feed-in; 5 – at 400 kg/h feed-in;
- 6 – at 500 kg/h feed-in; 7 – at 600 kg/h feed-in

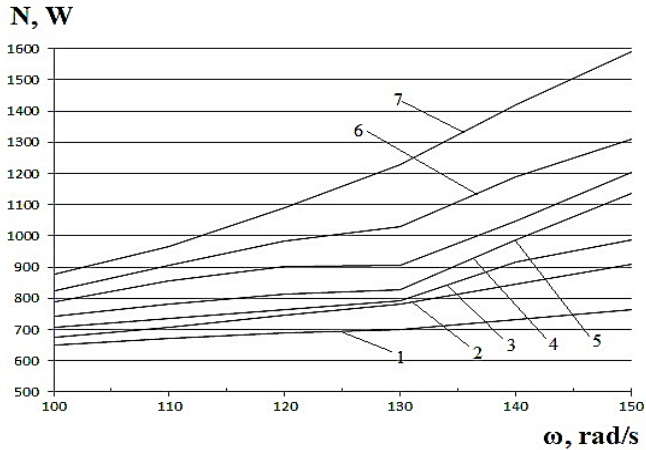


Figure 14. Dependence of the consumed power of the electric motor on the angular velocity of the drive shaft: 1 – in the absence of the material feed-in; 2 – at 100 kg/h; 3 – at 200 kg/h; 4 – at 300 kg/h; 5 – at 400 kg/h; 6 – at 500 kg/h; 7 – at 600 kg/h

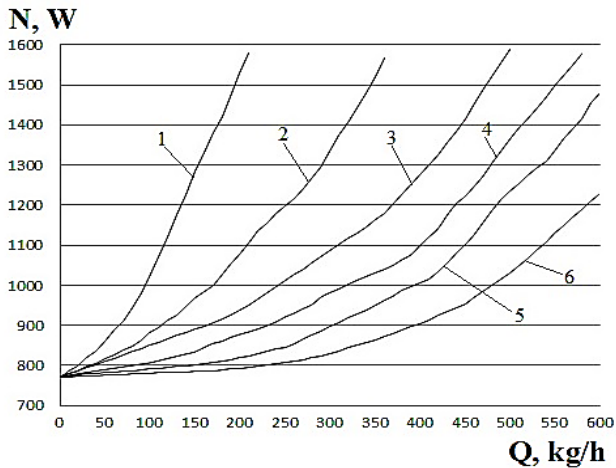


Figure 15. Dependence of the consumed power of the electric motor on the material feed-in: 1 – at $d=1 \text{ mm}$; 2 – at $d=1.25 \text{ mm}$; 3 – at $d=1.4 \text{ mm}$; 4 – at $d=1.6 \text{ mm}$; 5 – at $d=1.8 \text{ mm}$; 6 – at $d=2 \text{ mm}$

Herewith, as can be seen from Figure 15, the increase in the feed-in of the material at a constant angular frequency $\omega=130$ rad/s is accompanied by the almost quadratic increase in the power N consumed by the electric drive from the power network, which is caused by energy dissipation in the treated medium. However, there is a direct relationship between the separation surface holes diameter increase and the radius of curvature of the section of the parabola $N(Q)$, which indicates the increase in energy intensity intended to overcome the resistance of the material retained in the crushing chamber due to the decrease of the throughput capacity of the sieve at its holes diameter reduction.

5.2. Characterization of the studied process technological parameters

Figure 16 displays the change in productivity of the machine depending on the angular velocity of the drive shaft and the diameter of the holes of the separation surface.

Having analyzed the obtained dependence, we can conclude that productivity P grows with the the rotor angular velocity ω increase, however, when the angular velocity $\omega=125-135$ rad/s and more, there is a decrease in productivity, which indicates excessive recycling of the already crushed material.

The results of the experimental studies of the equipment P productivity on the angular velocity of the drive shaft ω and moisture content W , are shown on Figure 17, wherefrom it can be concluded that the productivity is significantly affected by the moisture content of the material, in particular at equal angular velocity of the rotor ($\omega=130$ rad/s) productivity decreased by more than 25%, namely from 450 kg/h to 325 kg/h at grinding material with moisture content of 13-14% and 25-26%, respectively.

To determine the influence of the angular velocity of the crusher drive shaft and the separation surface holes diameter on the specific passage through the control sieve, a number of experiments were performed, on the base of which graphical dependences were (Figure 18).

From the dependences it is can be seen that the curves that characterize the specific share of the material at different holes diameters of the installed sieves, change in two phases, depending on the angular velocity of the rotor. In the first phase, there is an increase in the “passage” through the control

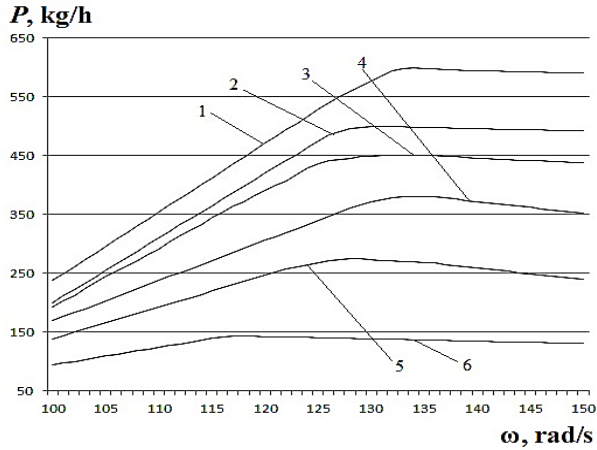


Figure 16. Dependence of the productivity on angular velocity of the drive shaft: 1 – at $d=2$ mm; 2 – at $d=1.8$ mm; 3 – at $d=1.6$ mm; 4 – at $d=1.4$ mm; 5 – at $d=1.25$ mm; 6 – at $d=1$ mm

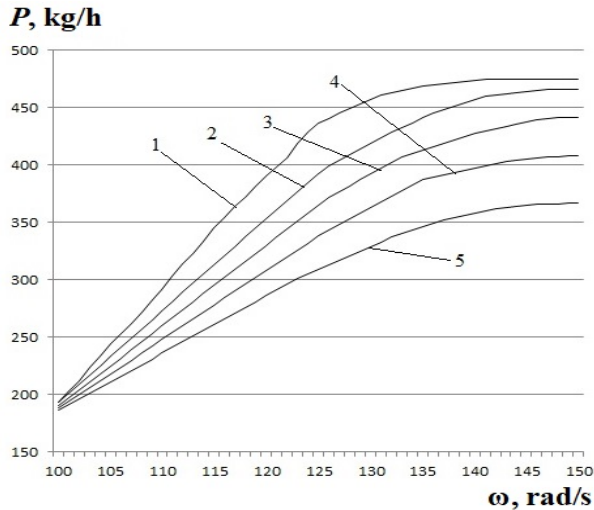


Figure 17. Dependence of the productivity on angular velocity of the drive shaft: 1 – at $W=13-14\%$; 2 – at $W=16-17\%$; 3 – at $W=19-20\%$; 4 – at $W=22-23\%$; 5 – at $W=25-26\%$

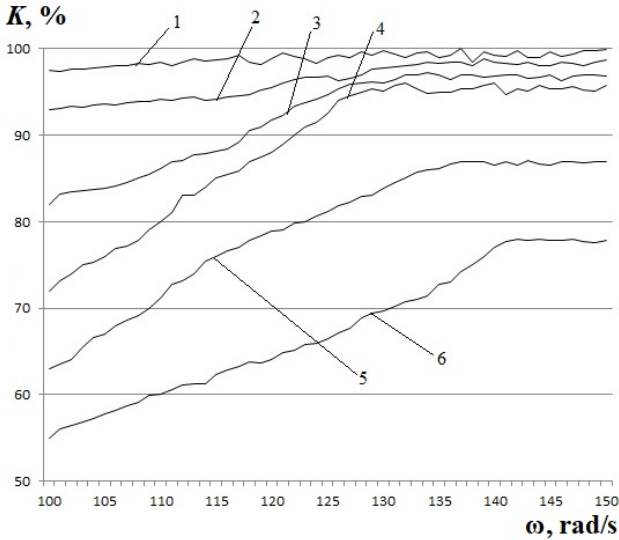


Figure 18. Specific share of the material depending on the angular velocity of the drive shaft: 1 – at $d=1$ mm; 2 – at $d=1.25$ mm; 3 – at $d=1.4$ mm; 4 – at $d=1.6$ mm; 5 – at $d=1.8$ mm; 6 – at $d=2$ mm

sieve proportionally to the angular velocity, in the second – the curve is aquilizing, and the increase tends to zero. In addition, as can be seen from the graphs, when the diameter of the holes of the separation surface $d=2$ mm, specific share of the material passed through the control sieve is 78-79% at the angular velocity of the rotor from $\omega=140$ rad/s, what does not meet conditions described above.

5.3. Regression analysis of the experimental data obtained

Qualitative and energy parameters of optimization of the studied process are determined as: productivity P , kg/h; specific passage through the control sieve K , %; N – consumed energy, W. Based on our own experience and having analyzed other scientists research results [1–4; 7; 8; 16], vibration acceleration a , m/s^2 ; the separation surface holes diameter d , mm; amount of the material feed-in Q , kg/h; moisture content of the material W , % are determined as the factors that have the greatest impact on the defined optimization parameters:

$$\Pi = f(a, Q, W, d); \tag{1}$$

$$K = f(a, Q, W, d); \tag{2}$$

$$N = f(a, Q, W, d). \tag{3}$$

The number of factors (RCCP) is:

$$k = k_n + 2n + k_0, \tag{4}$$

where k_n is the number of factors in the core of the plan; n – number of factors; $2n$ – the number of studies in star points; k_0 – the number of factors in the center of the plan with coordinates (0.0... 0). The rotatability of the compositional plan is acquired provided that the size of the star arm α is selected from the interval $\alpha = 2^{\frac{n}{4}}$ at $n \leq 5$, i.e. for a four-factor experiment $\alpha = 2$.

Analysis of the statistical characteristics of the obtained data showed that the coefficients of their asymmetry go to zero, i.e. the distribution of experimental data is symmetric and is approximated by the normal law.

All factors included in functions (1-3) are the parameters that have different dimensions and orders. Therefore, in order to obtain the response surface of these functions, a factor coding operation was performed, which is a linear transformation of the factor space. The following values of factor levels are set in a conditional scale: minimum “-1”, average “0”, maximum “+1” and star values “ $-\alpha$ ”, “ $+\alpha$ ”. The true values of the factors of the RCCP matrix are established on the basis of the results of experimental studies described above and are shown in table 1.

Table 1

Levels of factors and intervals of variation

Factors	Levels of factors					Interval of variation
	- α	-1	0	+1	+ α	
x_1 – vibration acceleration, m/c^2	30	35	40	45	50	5
x_2 – feed-in, $kg/год$	200	300	400	500	600	100
x_3 – material moisture content, %	14	17	20	23	26	3
x_4 – sieve hole diameter, mm	1,2	1,4	1,6	1,8	2	0,2

To carry out the RCPC of a four-factor experiment, a matrix of experiments planning was compiled, which is presented in table 2.

It is planned to obtain the 2nd order multiple regression equation:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_i^2 + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_{ij} x_{ij}, \quad (5)$$

where y is one of the qualitative functions P, K, N ; b_0, b_i, b_{ij} – regression coefficients obtained by the method of least squares.

After processing the experimental data in the statistical environment STATISTICA 10.0, the coefficients of complex multiple regression equations of the 2nd order were obtained:

– for productivity:

$$P = 380 - 11.5a - 0.4Q + 7M - 24.8d + 0.24a^2 - 0.5W^2 - 11.3d^2 + 0.02aQ - 0.06aM - 5.3ad - 0.05QW + 0.16Qd + 16.7Wd; \quad (6)$$

– for the specific passage:

$$K = 81.83 - 1.3a + 0.07Q + 1.48W + 12.62d + 0.03a^2 - 0.05W^2 - 3.2d^2 + 0.04aQ - 0.25ad - 1.7Wd; \quad (7)$$

– for the consumed energy:

$$N = 1042.7 - 19.7a - 1.5Q - 11.2W - 78d + 0.42a^2 - 1.05W^2 - 178d^2 + 0.096aQ + 0.74aW - 18.2ad - 0.2QW - 0.8Qd + 13.62Wd. \quad (8)$$

The adequacy of the obtained mathematical models was evaluated according to Fisher's criterion, which showed that the calculated values are much lower than the critical ones, thus, the obtained regression models adequately describe the response surfaces and can be used for the investigated process optimization [16].

The response surfaces were constructed as well (Figure 19, 20, 21, 22, 23, 24) and the rational parameters of the grain grinding process with a vibratory disk crusher were determined (Table 3), the compromise values of which were obtained by Cramer's method in the "Mathcad 15" mathematical environment.

It was also determined that at these parameters the qualitative and energy characteristics of the process of grinding grain raw material by the vibratory disk crusher acquire their optimal values: productivity is 320... 450 kg/h, specific passage through the control sieve – 85... 95% at the energy consumption 1.2... 1.5 kW for the crusher drive.

Table 2

**Four-factor matrix for the optimal parameters
of the grinding process characterization**

Serial no. of the experiment	Factors									Parameters		
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	F(x ₁ x ₂ x ₃ x ₄)	a, m/s ²	Q, kg/h	W, %	d, mm	Π, kg/h	K, %	N, W
1	+	+	+	+	+	45	500	20	1,8	387	80,9	1335
2	-	+	+	+	-	35	500	20	1,8	321	70,7	928
3	+	-	+	+	-	45	300	20	1,8	297	81,3	997
4	-	-	+	+	+	35	300	20	1,8	271	67	804
5	+	+	-	+	-	45	500	16	1,8	455	81,2	1276
6	-	+	-	+	+	35	500	16	1,8	311	71,2	917
7	+	-	-	+	+	45	300	16	1,8	299	81,8	935
8	-	-	-	+	-	35	300	16	1,8	283	67,5	793
9	+	+	+	-	-	45	500	20	1,4	343	93	1570
10	-	+	+	-	+	35	500	20	1,4	230	85,1	945
11	+	-	+	-	+	45	300	20	1,4	279	94	1186
12	-	-	+	-	-	35	300	20	1,4	236	85	854
13	+	+	-	-	+	45	500	16	1,4	376	91	1520
14	-	+	-	-	-	35	500	16	1,4	269	86	934
15	+	-	-	-	-	45	300	16	1,4	299	91,3	1102
16	-	-	-	-	+	35	300	16	1,4	281	86,3	867
17	+A	0	0	0	0	50	400	18	1,6	399	93	1101
18	-A	0	0	0	0	30	400	18	1,6	260	72	815
19	0	+A	0	0	0	40	600	18	1,6	392	93,2	1595
20	0	-A	0	0	0	40	200	18	1,6	330	93,6	877
21	0	0	+A	0	0	40	400	22	1,6	300	91	1320
22	0	0	-A	0	0	40	400	14	1,6	400	95,6	1070
23	0	0	0	+A	0	40	400	18	2	398	66,7	910
24	0	0	0	-A	0	40	400	18	1,2	282	94,2	1595
25	0	0	0	0	0	40	400	18	1,6	344	93,5	1200
26	0	0	0	0	0	40	400	18	1,6	340	93,6	1205

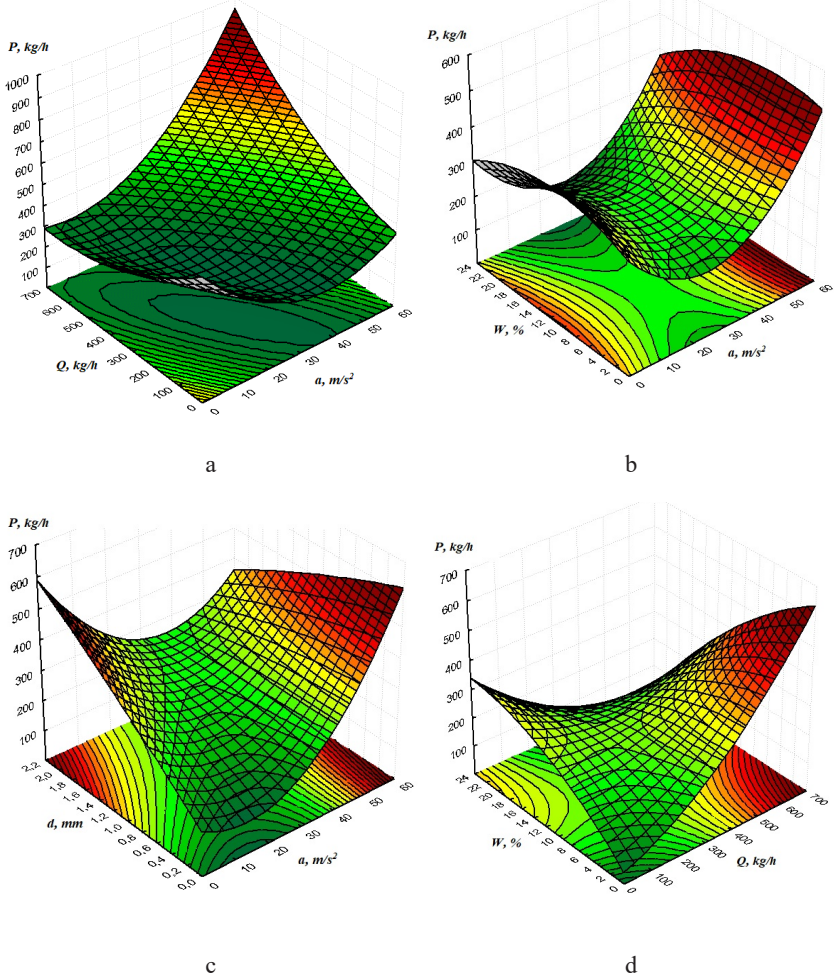


Figure 19. Response surfaces and their projections for productivity in pair interaction of the main factors: a) – vibration acceleration and material feed-in; b) – vibration acceleration and moisture content of the material; c) – vibration acceleration and the separation surface holes diameter; d) – material moisture content and feed-in

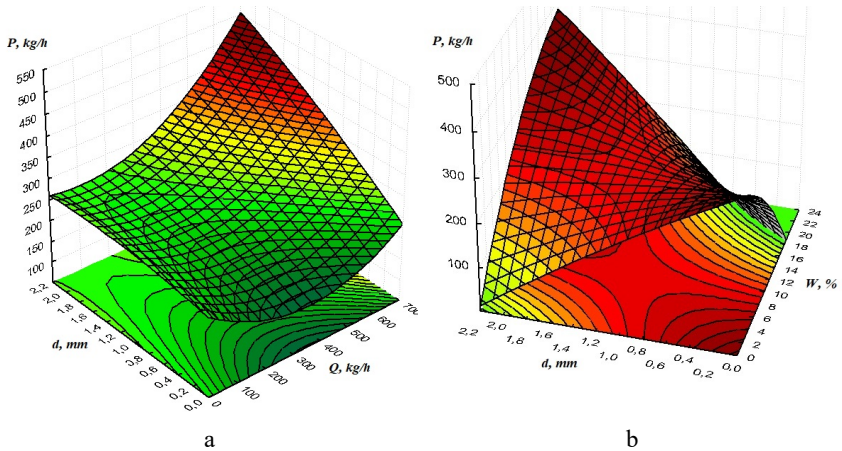


Figure 20. Response surfaces and their projections for productivity in pair interaction of the main factors: a) – material feed-in and the separation surface holes diameter; b) – moisture content of the material and the diameter of the holes of the separation surface

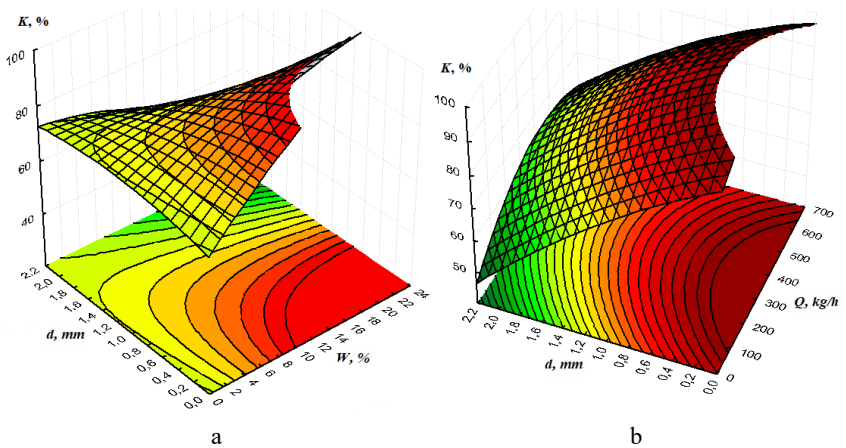


Figure 21. Response surfaces and their projections for the specific passage through the control sieve in pair interaction of the main factors: a) – moisture content of the material and the separation surface holes diameter; b) – material feed-in and the separation surface holes diameter

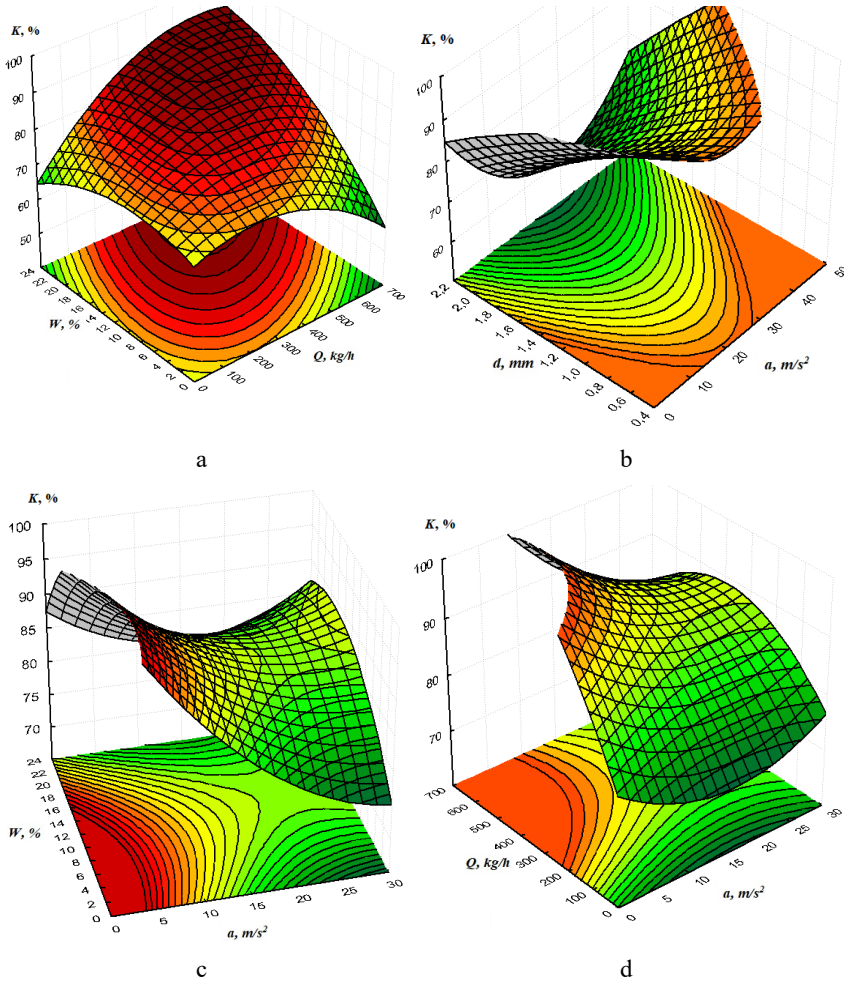


Figure 22. Response surfaces and their projections for the specific passage through the control sieve in pair interaction of the main factors: a) – moisture content and material feed-in; b) – vibration acceleration and the separation surface holes diameter; c) – material moisture content and vibration acceleration; d) – vibration acceleration and material feed-in

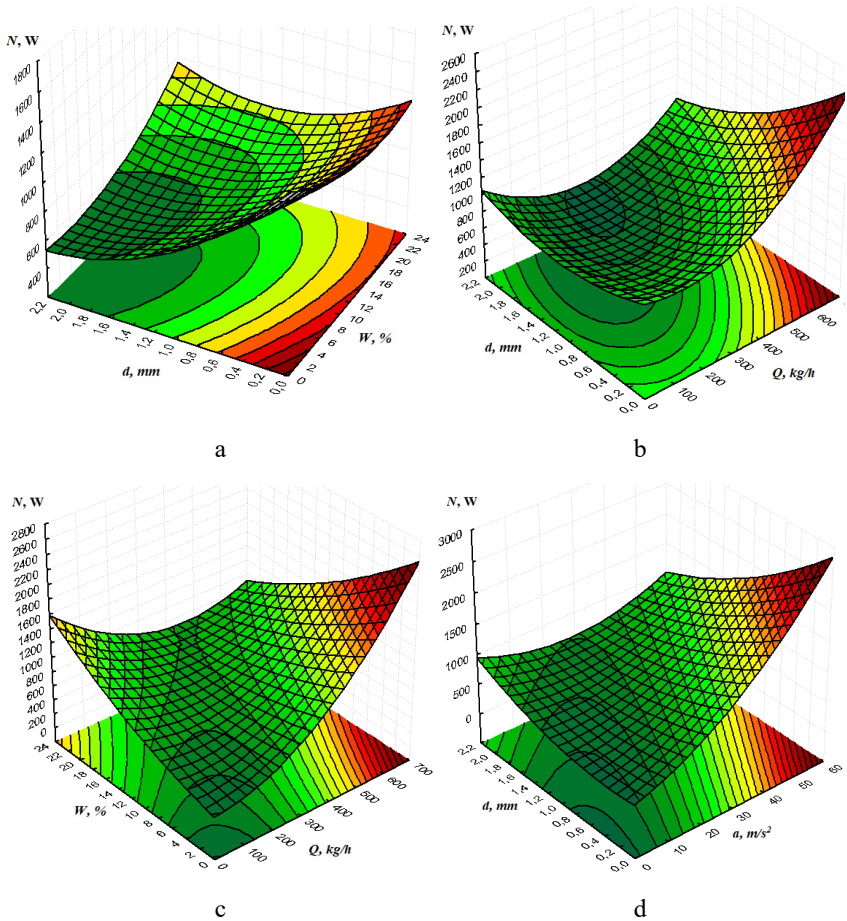


Figure 23. Surface responses and their projections for the consumed energy in the pair interaction of the main factors:
a) – moisture content of the material and the separation surface holes diameter; b) – material feed-in and the separation surface holes diameter; c) – material moisture content and feed-in; d) – vibration acceleration and the separation surface holes diameter

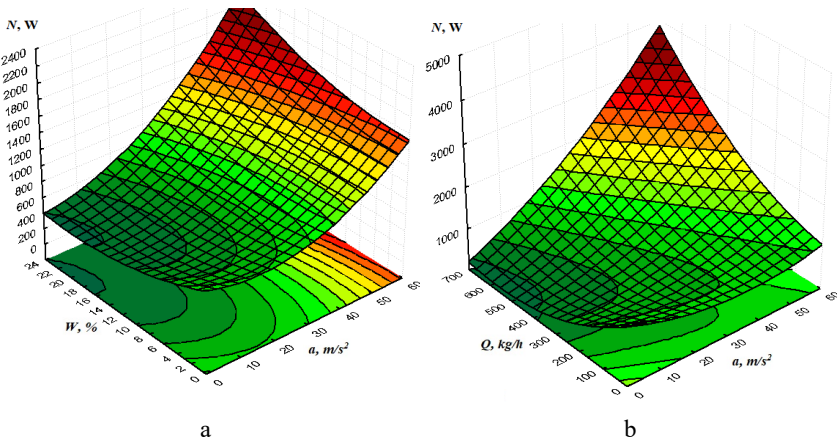


Figure 24. Surface responses and their projections for the consumed energy in the pair interaction of the main factors:
a) – material moisture content and vibration acceleration;
b) – material feed-in and vibration acceleration

Table 3

Rational parameters of the developed equipment and process

Parameters	Rational value
Vibration acceleration, m/s^2	32-38
Material feed-in, kg/h	342-480
Material moisture content, %	16-18
Separation surface holes diameter, mm	1,6-1,8

6. Conclusions

1. Based on the analysis of literature sources, it has been established that the existing methods of grinding grain in the production of feed for farm animals do not fully correspond to modern trends towards reducing energy consumption and increasing the efficiency of the working process. Grinding of high moisture material (feed grain) is energy-intensive. This is caused by an increase in grain ductility and adhesive forces, which causes the material to stick to the sieve.

2. Grinding with the use of combined vibro-centrifugal and impact-cutting impact of hammers on the material is one of the ways to solve the problem of intensification of forage production.

3. Rotary vibratory crusher is developed. The crusher implements the idea of a combined interaction of vibration and rotary motion of the rotor. Disc hammers are also installed on the rotor. All this increases the impact-cutting action and neutralizes the circulation effect of the crushed material in the crushing chamber. The leveling of excessive circulation of the air-product layer contributes to the timely removal of material from the grinding zone. Thus, it can improve the productivity and energy efficiency of the process.

4. As a result of the experimental studies, the amplitude-frequency and energy characteristics for the crusher were obtained. In the operating mode of the rotor frequency $\omega = 100 \dots 125$ rad/s and material feed-in $Q = 100 \dots 600$ kg/h: amplitude – $A = 2.8 \dots 3.3$ mm; vibration acceleration – $a = 40 \dots 46$ m/s², energy consumption by the drive – $N = 740 \dots 1160$ W.

5. According to the results of a multifactor experiment, mathematical models in the form of second-order multiple regression, which adequately describe the studied process, were obtained. The analysis of the obtained models allowed to receive rational mode parameters of the studied process: operating mode of vibration acceleration – $a = 32 \dots 38$ m/s²; geometric parameters of the separation surface – $d = 1.6 \dots 1.8$ mm; material feed-in – $Q = 342 \dots 480$ kg/h; moisture content of the material – $W = 17-18\%$. Herewith, the angular velocity of the crusher rotor is $\omega = 110 \dots 113$ rad/s, the amplitude – $A = 3.15 \dots 3.2$ mm. In compliance with the specified limits of design and mode parameters, quality and energy characteristics of the process acquire the following values: productivity is $320 \dots 450$ kg/h, specific passage through the control sieve – $85 \dots 95\%$ at energy consumption of $1.2 \dots 1.5$ kW for the crusher drive.

References:

1. Yanovych V., Honcharuk T., Honcharuk I., Kovalova K. Engineering management of vibrating machines for targeted mechanical activation of premix components, *Inmateh–Agricultural Engineering*, 54 (2018), nr. 1, 25–32.

2. Kaletnik H.M., Kulik M.F., Glushko J.T. (Ed.). *Energy-saving feed technologies – the basis of animal husbandry competitiveness: monograph*, Vinnytsia: Thesis, (2006), p. 340.

3. Mushtruk M., Gudzenko M., Palamarchuk I., Vasylyv V., Slobodyanyuk N., Kuts A., Nychyk O., Salavor O., Bober A., Mathematical modeling of the oil extrusion process with pre-grinding of raw materials in a twin-screw extruder, *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14 (2020), 937–944. DOI: <https://doi.org/10.5219/1436>
4. Solona O., Kupchuk I., Dynamic synchronization of vibration exciters of the three-mass vibration mill, *Przegląd Elektrotechniczny*, 1 (2020), nr. 3, 163–167. DOI: <https://doi.org/10.15199/48.2020.03.35>
5. Yanovych V., Honcharuk T., Honcharuk I., Kovalova K., Design of the system to control a vibratory machine for mixing loose materials, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2017), 4–13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.117635>
6. Bulgakov V., Pascuzzi S., Ivanovs S., Kaletnik G., Yanovych V., Angular oscillation model top predict the performance of a vibratory ball mill for the fine grinding of grain, *Biosystems engineering*, 171 (2018), 155–164. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.04.021>
7. Sergeev S.N. *Tsentrobezžno-rotornye yzmelchytely furazhnoho zerna* [Centrifugal rotary grinders for feed grain] (*Extended abstract of Doctor's technical thesis*), Chelyabinsk, (2008), p. 42.
8. Abramov A.A. *Obosnovanye parametrov y rezhymov raboty yzmelchytelia zerna skalyvaiushcheho typu* [Substantiation of parameters and modes of operation of a chopping type grain grinder], (*Extended abstract of Candidate's technical thesis*), Rostov-on-Don, (2006), p. 20.
9. Nanka O.V., Boiko I.G. Shliakhy znyzhennia enerhoiemnosti podribnennia zernovykh kormiv ta pidvyshchennia yakosti podribnennia [Ways to reduce the energy intensity of grinding grain feed and improve the quality of grinding], *Technology of production and recycling of products, Collection of Science Works of BNAU*, Bila Tserkva: BNAU, 7 (2012), 55–58.
10. Nanka O.V. Napriamky pidvyshchennia efektyvnosti protsesu podribnennia zernovykh kormiv [Directions for increasing the efficiency of the process of grinding grain feed]. *Design, production, operation of agricultural machinery*, 45 (2015), part II, 152–157.
11. Palamarchuk I.P., Yanovych V.P., Kupchuk I.M., Solomko I.V. Development of constructive-technological scheme of the vibrating rotor crusher, *Vibrations in engineering and technologies*, 69 (2013), nr. 1, 125–129.
12. Yanovych V., Kupchuk I., Determination of rational operating parameters for a vibrating disk-type grinder used in ethanol industry, *Inmateh – Agricultural Engineering*, 52 (2017), nr. 2, 143–148.
13. Honcharuk I., Kupchuk I., Solona O., Tokarchuk O., Telekalo N., Experimental research of oscillation parameters of vibrating-rotor crusher, *Przegląd Elektrotechniczny*, 97 (2021), 3. 97–100. DOI: <https://doi.org/10.15199/48.2021.03.19>
14. Kupchuk I.M., Solona O.V., Derevenko I.A., Tverdokhlib I.V., Verification of the mathematical model of the energy consumption drive for vibrating disc crusher, *Inmateh – Agricultural Engineering*, 55 (2018), nr. 2, 111–118.

15. Yanovych V., Tsurkan O., Polevoda Yu. Development of the vibrocentric machine for the production of a basic mixture of homeopathic preparations, *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, 81 (2019), nr. 2, 13–26.
16. Tishchenko L., Kharchenko S., Kharchenko F., Bredykhin V., Tsurkan O., Identification of a mixture of grain particle velocity through the holes of the vibrating sieves grain separators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 80 (2016), 2(7), 63–69. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65920>
17. Hrushetskyi S., Yaropud V., Kupchuk I., Semenyshena R., The heap parts movement on the shareboard surface of the potato harvesting machine, *Bulletin of the Transilvania University of Braşov. Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*, 14 (2021), nr 1. 127–140. DOI: <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2021.14.63.1.12>
18. Lanets O., Derevenko I., Borovets V., Kovtonyuk M., Komada P., Mussabekov K., Yeraliyeva B. Substantiation of consolidated inertial parameters of vibrating bunker feeder, *Przegląd Elektrotechniczny*, 95 (2019), nr. 4, 47–52.
19. Borysiuk D., Spirin A., Kupchuk I., Tverdokhlib I., Zelinskyi V., Smyrnov Ye., Ognevyy V. The methodology of determining the place of installation of accelerometers during vibrodiagnostic of controlled axes of wheeled tractors, *Przegląd Elektrotechniczny*, 97 (2021), nr. 10, 44–48. DOI: <https://doi.org/10.15199/48.2021.10.09>
20. Adamchuk V., Bulgakov V., Ivanovs S., Holovach I., Ihnatiev Ye. Theoretical study of pneumatic separation of grain mixtures in vortex flow, *Engineering for Rural Development*, Jelgava, May 2021, 657–664. DOI: <https://doi.org/10.22616/ERDev.2021.20.TF139>

**SCIENTIFIC ASPECTS OF TECHNOLOGIES OF GROWING,
STORAGE AND PROCESSING OF LEGUMINS**

Victor Mazur¹

Hanna Pantsyрева²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-39>

Abstract. The monograph presents scientific and experimental research that reveals the theoretical and practical issues of production of legumes that can solve the problem of protein deficiency and replenish the world's food and feed resources. The research is based on the tasks of applied research on the topic: «Development of methods for improving the technology of growing legumes using biofertilizers, bacterial preparations, foliar fertilizers and physiologically active substances», state registration number 0120U102034. The authors' research is aimed at solving current problems of technological renewal and development of the agro-industrial complex of Ukraine. Scientific substantiation of innovative aspects of cultivation, storage and processing of legumes allows to modernize the system of training of future specialists in the field of agrotechnologies and to increase the production and practical orientation of such professional training. The scientific work theoretically substantiates and practically develops a competitive bioorganic varietal technology for growing legumes, which provides for the development of regulations for the use of a set of alternative types of biofertilizers for their cultivation in terms of short-term and long-term action. enterprises, the ecological state of the region. The developed effective regulations for the use of different types of biofertilizers for their vegetation and bio soil preparations by classical types in the system of agrotechnologies for growing legumes are presented. A comprehensive strategy for the transition to bioorganically adapted varietal technologies for growing legumes, taking into account the resource supply of the enterprise and hydrothermal supply of the territory. The research of the

¹ Candidate of Agricultural Sciences, Professor,
Rector of Vinnytsia National Agrarian University, Ukraine

² Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Vinnytsia National Agrarian University, Ukraine

authors is aimed at solving current problems of technological renewal and development of the agro-industrial complex on the basis of substantiation of energy-efficient and resource-saving modes of operation of the vibrating disc crusher during grinding of feed grain by experimental evaluation of the process. The scientific work is performed in line with a new direction of research focused on the integration of paradigms of scientific knowledge in the field of crop production and agriculture, mechanization, technology, as well as the synthesis of different concepts of domestic and world practice.

1. Introduction

The task of modern agricultural production in Ukraine is to ensure the growth of grain production, which will contribute to the formation of stocks of plant resources, improve the provision of the livestock industry with high quality feed, and the population – food. The most important component of this task is to overcome the deficiency of feed and food protein. Modern technologies for growing fodder legumes do not provide a real yield of fodder protein, which would be close to the genetic potential of plants. The main source of vegetable protein is legumes, which in terms of crude protein content are 2.2–2.5 times predominant in cereals [1; 77].

In modern conditions, to solve the protein problem, legumes are attracting attention as a source of balanced amino acid composition, the cheapest and most environmentally friendly protein. Compared to cereals, legumes contain 1.5–2.0 and some 3 times more protein in seeds and provide the highest yield of digestible protein and essential amino acids per hectare of crop. Due to this, annual legumes – peas, beans, lupines, vetch and others – can be used as protein supplements for livestock needs [71–76].

Creation of modern technology of growing legumes and development of their separate technological methods for varieties introduced into production in order to increase grain production is an important area of modern crop production in solving the problem of vegetable protein and improving soil fertility [2; 7–10].

Modern field crop rotations of Ukraine, involved in commercial cultivation of crops, cover an area of about 19991900 hectares. Of these, about 70% of this area of arable land is occupied by intensive farming technologies used in agricultural enterprises that cultivate leased land [11; 35–37].

In Ukraine, such technologies are characterized by the cultivation of a limited number of crops in crop rotation, among which winter wheat predominates, occupying 31% in the structure of sown areas, sunflower – 30%, corn – 23% in the structure [26]; intensive use of mineral fertilizers, the volume of which for the cultivation of these crops reaches 200-300 kg/ha in the active substance of the main nutrients of nitrogen, phosphorus and potassium, which in the physical mass of mineral fertilizers reaches 1000 kg/ha [40–41; 70]; repeated use of synthetic pesticides, the amount of application of which during one growing season can be up to 10 times when growing one crop [3–5]; frequent return to the same field of cultivated crop, which can be in one or two years, and for corn – growing in a row for two or three years; suboptimal crop rotation, when sunflower is the main precursor for winter corn and wheat, and corn is the main precursor for sunflower [27–28; 55–56].

Given the lack of organic fertilizers in the modern crop rotation of Ukrainian agriculture, when in 2019 the fertilized area of manure was only 503,600 ha, which is only 2.7% of arable land with an estimated application of organic fertilizers for the entire arable land of Ukraine 0.5 t/ha at scientifically based norm of 18.3 t/ha, which could partially stabilize the resilience of such agroecosystems, there is an important problem of finding alternative ways to replenish the stock of organic matter in the soil, which will not only improve the agro-ecological condition of soils, but also increase the resilience of such homogeneous agroecosystems. exposure to pests – pests, diseases and weeds, the number of which has increased sharply [20; 22; 65].

In modern conditions of intensive agriculture in Ukraine, an alternative way to replenish the supply of nutrients and organic matter in the soil is plowing by-products of the most common crops grown in crop rotation: straw, stalks and stubble of winter wheat, winter rape, corn and sunflower [12–13; 47]. In Ukraine, such an agri-environmental measure has not been used for a long time, because during the Soviet era, cereal straw, corn stalks and sunflowers were used for livestock as feed and bedding [6; 14; 19; 38; 68–69]. Since the 2000s, the sharp decline in the livestock sector of Ukrainian agriculture has led to the abandonment of crop by-products in the field with its subsequent burning. It was only in the 2010s that agricultural enterprises began to grind crop residues and plow them as organic

fertilizers. And in such conditions, part of the by-products of winter wheat, corn, sunflower, winter oilseed rape is removed from the fields for biofuel production [29–30].

Along with these properties of by-products of cereals, legumes have a number of advantages that can significantly increase their positive agri-environmental effect at lower economic costs [15–16; 69]. The growth of agroecological importance of legumes in crop rotation is determined not only by their accumulation of organic matter with by-products at a more favorable ratio between nitrogen and carbon, but also by symbiotic nitrogen fixation, taproot, which loosens the soil, variety of crops and crop rotation. short vegetation period of legumes – additional accumulation of moisture in the soil, cleaning the agroecosystem from pests, diseases and weeds. At the same time, the unreasonably small sown area of legumes in Ukraine does not allow to fully realize their agri-environmental potential [66–68].

At the same time, the main agroecological emphasis today is on traditional in recent years legumes – peas and soybeans, but farms are beginning to grow sown areas of other legumes, including chickpeas, lentils, beans, beans [17; 21; 49–50]. Very little is known about their agroecological significance in crop rotation.

2. Analysis of recent research and publications

An urgent problem for Ukraine is the development of alternative farming systems in the direction of developing new organic technologies for growing basic agricultural products. crops, in accordance with the directions of the European strategy for the development of biological systems of crop and livestock. Unlike other methods of agriculture, organic production is based on the use of resource-saving technologies, minimization of mechanical tillage and eliminates the use of synthetic substances [18; 23–5].

Issues of optimization of the structure of sown areas of legumes and their role in regulating soil fertility and increasing the productivity of farm animals are given in studies Cherenkov A. Models of crop rotations with elements of biologization at saturation by their legumes are developed, and also offers concerning complex development of branch of grain production Petrichenko V. (2017), Chynchik O. are brought. (2019), Kalenska S. (2015), Cherenkov A. (2016), Bakhmat O. (2018), Pantsyрева H. (2020) [1–3; 7–8; 10–11; 24–40; 42; 47; 56; 57; 61].

Studies of the effectiveness of biofertilizers and biostimulants have been actively conducted in Ukraine since the 1990s. These issues have been fruitfully discussed in the last five years in the studies of Beloved A. (2016), Vinyukova O. (2015), Volkogon V. (2015), Breginets O. (2015), Polishchuk I. (2015), Naidenova O. (2015), Kovalenko O. (2015), Dubovika D. (2016), Sokol S. (2016), Koltunova V. (2018) and others. Petrychenko V. devoted his works to the introduction of bioorganic cultivation methods (2018), Mazur V. (2017), Patika V. (2015), Babich O. (2017), Kolisnyk S. (2015); Shevnikov M. (2019), Kot S. (2016), Kaminsky V. (2017), Bakhmat O. (2018), Sherstoboeva O. (2016), Elsheikh E. (2016), Tagore G. (2016), Mishra A. (2016) and others [1–3; 7–8; 10–11; 24–40; 42; 47; 56; 57; 61]. However, the question of the peculiarities of water consumption of legumes remains insufficiently studied and requires appropriate scientific justification.

Unresolved issues of these studies, taking into account the positive effect found mainly during the application of biological fertilizer systems are the complexity of biofertilizers in seed treatment, soil application, application in several stages during the growing season using biofertilizers of different nature from symbionts, humates to complex biocomponents. foliar feeding format.

An important aspect of research remained the study of the interaction of biopotential of legumes in the soil-plant system from the standpoint of the potential for accumulation of biological nitrogen, the impact on nutrient and microbiological regime of soils and its biota, the impact of legumes as precursors. Thus, it is important to determine the technological modernization of agriculture, the involvement of artificial means of regulating plant productivity, significant climate change, through innovative guidelines in land use, structure of sown areas, application of fertilizers and organic residues, selection of varieties and hybrids, legislative consolidation of scientifically sound positions [43–44].

Legumes are the most important source of vegetable protein, which is the basis of human nutrition and animal nutrition. In the conditions of the right-bank Forest-Steppe, legumes are of the greatest importance for agricultural production. Important scientific developments in the technology of growing peas, soybeans, chickpeas, white and narrow-leaved lupine were made by well-known domestic and foreign scientists Babych A., Petrichenko V.,

Cherenkov A., Kalenskaya S., Mikhailov V., Bakhmat M., Pantsyreva H., Shevnikov M., Bakhmat O., Likhochvor V., Ovcharuk O., Novák K., B., Furseth and others [1–3; 7–8; 10–11; 24–40; 43–46; 56; 57; 61].

3. Literature review

Among crops, legumes have the highest protein content [48; 52]. Grain and green mass of legumes contain 1.5-3 times more protein than cereals, which makes it possible to obtain the highest yield of digestible protein and essential amino acids per hectare of crop. It is also important that their proteins are complete in amino acid composition and are much better absorbed by the body than proteins of cereals. Due to the valuable chemical composition of grain, legumes are of great industrial and raw material value [51; 59–60]. Legumes can be used to prevent deficiencies in both protein and amino acids, especially lysine [58]. Also, legumes, along with the provision of valuable food and feed should be crucial in phytomelioration, phytosanitary cleaning of the soil, as well as in reducing costs in crop production. An important source of growth in the production of competitive crop products in the system of sustainable agriculture is the increase in the share of legumes in the structure of sown areas, due to their ability to symbiotic fixation. The introduction of legally sound crop rotations of legumes can be an important factor in the intensification of agriculture, which ensures the rational use of biological and mineral nitrogen, reducing energy consumption and improving the environmental condition [53–54].

Legumes play an important role in improving soil fertility. They are characterized by an extremely valuable ability to bind free air nitrogen with the help of nodule bacteria and to enrich the soil with nitrogen compounds. After harvesting legumes per 1 ha, 20-70 c/ha of root and crop residues remain in the soil, which contain 45-130 kg of nitrogen, 10-20 kg of phosphorus and 20-70 kg of potassium. Nitrogen of root and crop residues of legumes is practically not washed away, as it is mineralized gradually. Growing legumes in crop rotation provides an increase in the yield of other crops and significantly improves its quality. At the same time, they improve biological processes in the soil due to the favorable chemical composition of root and post-harvest residues. This creates optimal biological processes in the soil, which increase the

enzymatic activity and the ability of subsequent crops to use insoluble nutrients. The active activity of nodule bacteria in combination with biological processes improves the nitrogen balance of the soil, which significantly increases its fertility. Increasing the area under legumes is part of the greening of agriculture.

An important role in solving the problem of protein is assigned to legumes, a prominent place among which is soybeans. It is used to feed all species of animals and birds. Soybeans contain 36-48% protein, 17-26% fat and more than 20% carbohydrates. 100 kg of grain contains 131 units. and 29.2 kg of digestible protein. Soy protein is completely balanced in amino acid composition, it is easily digested and its biological value is close to the protein of animal origin – meat, milk and eggs. In addition, soybeans contain enzymes, vitamins, minerals, which allows it to be used for food production, industrial goods and medicine. The study of models of adaptive varietal technologies of soybean cultivation is of particular importance both for the general trends of crop production and for obtaining the maximum possible level of grain yield in a specific soil-climatic zone of Ukraine.

In the food market, the consumer value of soybean seeds is determined by the high content in the seeds of protein (30-55%), fat (13-26%), carbohydrates (20-32%). Ash contains a lot of potassium, phosphorus, and vitamins (A, B1, C, B2, E, K, D1, D3, PP). In terms of amino acid composition, soy protein is closest to animal protein consumed by humans. Soybeans contain almost all the necessary nutrients for humans and animals. The high content of protein and its extremely favorable balance in amino acid composition, make legumes good substitutes for products of animal origin in human nutrition. Sauces, milk, cheese, cutlets, egg powder substitutes, confectionery, sausages, canned food, etc. are made from legumes.

Today the population of our planet is 6.82 billion people. According to scientists, in 2050 their number will increase to 9.2 billion. By then, the area of productive land per capita will be reduced by almost a third. Mankind will find itself on the brink of a global food crisis. One of the ways to solve this problem is to intensify the cultivation of legumes. Since 2000, there has been a structural restructuring of legume crops in the direction of reducing the share of peas, fodder beans, lupine, but an increase in soybean crops.

To eliminate the deficit of feed protein, an important lever is the cultivation of legumes, the grain of which contains up to 50% protein and up to 25% oil. Legume protein is completely balanced in amino acid composition and is easily digested by humans and animals. In terms of biological value, it is equal to the proteins of meat, milk, eggs and is much cheaper than the proteins of other products. The introduction of legumes into the diets of farm animals significantly improves the use of roughage and succulent feed. Growing legumes allows to provide certain sectors of the economy not only with vegetable protein, but also to reduce the cost of crop production by including atmospheric nitrogen in the production process, improve the phytosanitary condition of crops and significantly increase crop rotation productivity. Most legumes are the leading and widespread, profitable protein-oil crops of world land use and occupy a prominent place after such crops as wheat, rice and corn.

Modern agricultural science has accumulated some information material on the impact of technological measures on the protein composition of legumes. However, the question of the influence of technological methods on the content of crude protein in seeds on most types of soils is insufficiently studied. This is especially true for areas of Ukraine, where in recent years there has been an increase in the area under these plants.

The main final indicator of the effectiveness of development and improvement of elements of any technology of growing crops, including legumes is to obtain their maximum yield with high quality. This issue requires appropriate scientific justification.

The scientific work theoretically substantiates and practically develops a competitive bioorganic varietal technology for growing legumes, which provides for the development of regulations for the use of a set of alternative types of biofertilizers for their cultivation in terms of short-term and long-term action. enterprises, the ecological state of the region. Effective regulations for the use of different types of biofertilizers for their vegetation and biosoil preparations by classical types in the system of agrotechnologies for growing legumes are presented. A comprehensive strategy for the transition to bioorganically adapted varietal technologies for growing legumes, taking into account the resource supply of the enterprise and hydrothermal supply of the territory.

The unique properties of legumes open an extremely wide range in the solution of vegetable protein and can be used in many areas of the processing industry: a variety of products for daily, dietary and functional nutrition, feed production, drug production, cosmetics.

Today, in the period of globalization of the world economy, the production of legumes requires a flexible approach to international competition, ensuring the solution of food and environmental security. Legumes play an important role in the grain and fodder balance of agricultural formations in Ukraine. Strategically, Ukraine should take a course to reduce the export of raw materials and create conditions for the organization of in-depth processing, which will contribute to: meeting the needs of intensive livestock with high-protein feed; creation of additional jobs; increase in tax revenues; ensuring food and environmental security of Ukraine.

Intensification of grain production, including fodder, should become one of the strategic directions of accelerated development of all agro-industrial production of Ukraine by 2030. To do this, focus on creating high-yielding varieties with clarification of the stable production zone, introduction of science-intensive, innovative technologies for their cultivation, which will be based on the effective use of life factors (light, heat, moisture, nutrients), which will promote maximum synthesis of organic matter and protein. In addition, in the context of climate change, it will be necessary to form a unified agricultural policy for the production of legumes.

Among the resources of society, food is the most important. Ukraine is the world's leading food producer, even in terms of technological backwardness. However, the further development of the agricultural sector requires the state to develop and implement a well-thought-out strategy for the modernization of agricultural production. The agro-industrial complex, which produces agricultural raw materials and food, is the guarantor of the country's food security.

One of the urgent needs of the agricultural sector is to ensure the growth of crop production, including legumes, and increase the competitiveness of domestic agricultural enterprises, which is impossible without government regulation and economic support for agriculture.

The strategic development of agrotechnologies with a focus on global trends in approaches to growing and fertilizing crops necessitates the development of adapted varietal technologies, which will ultimately ensure

the formation of a modern technological strategy for the development of Ukraine's agro-industrial complex and ensure its long-term food security. To date, many types of legumes have not lost their importance as important food crops and occupy a prominent place in the formation of food and protein resources in many countries.

The problem of ensuring and improving the quality of protein plant products is relevant for all countries and enterprises. The success and efficiency of the national economy largely depend on its solution. This is an urgent and important task, the solution of which will be a significant contribution to solving the problem of vegetable protein, the formation of its own protein and grain resources, increasing soil fertility and strengthening the economy of Ukraine.

4. Conditions, objective and methods of research

Field experiments were conducted during 2018–2020 on the basis of the Research Farm «Agronomichesky» of Vinnytsia National Agrarian University in the village of Agronomichne of Vinnytsia district of Vinnytsia region. Research by Vinnytsia NAU is based on the tasks of applied research on the topic: «Development of methods for improving the technology of growing legumes using biofertilizers, bacterial preparations, foliar fertilizers and physiologically active substances».

Studies to study the impact of technological methods of cultivation on grain productivity of legumes were conducted during 2016–2019, with a comparative description of their yield and the main indicators of seed quality. Gray forest soils, medium loamy are characterized by the following indicators: humus content – average (2.4%), supply of P₂O₅ (271.2 mg/kg) and K₂O (220.0 mg/kg) is very high. Soil acidity is close to neutral. Field experiments were performed with randomized blocks.

Growing technology is generally accepted for the Forest-Steppe zone of Ukraine, except for the envisaged technological methods of cultivation. During the research, the scheme of the experiment was developed according to the methodology of the research case, as well as observations, accounting, calculations were performed. Field, statistical and laboratory research methods were used in the experimental work. The indicators obtained in the experiments from legumes were processed by the method of analysis of variance.

5. Grain yield of legumes depending on technological methods of cultivation

Agriculture is a branch of the national economy, the results of which largely depend on natural factors, and in particular weather and climatic conditions. They in different proportions are the natural basis of agricultural production. All components of the «soil-plant-air» system, and in particular hydrometeorological factors, take an active part in the accumulation of biomass and the formation of crop yields.

In addressing these issues, it is necessary to have an objective assessment of the impact of various factors on the level of grain production, including weather and climate. This will allow to reasonably determine the contribution of various indicators of agrometeorological conditions in the assessment of crop yield levels. Increasing the production of legumes and improving its quality remains the main problem of agricultural production in Ukraine, which can be solved only on the basis of rational use of land resources, introducing a scientifically sound system of agriculture in each farm, increasing soil fertility and using intensive technologies for growing legumes.

The efficiency of production of any crop products can be analyzed by comparing the yield of the main crop products. The main task of breeders when creating a variety is to obtain a new genotype with high yields. However, the actual yield of the variety is usually twice lower than the potential. Therefore, the main task of the technologist is the selection of the necessary elements of the technology of growing crops, due to which the new variety maximized its productive potential.

The productivity of agrophytocenosis is determined by quantitative and qualitative indicators of yield and is the final stage of assessing the effectiveness of the elements of cultivation technology. The factors that were put to the study, in turn, influenced the growth and development of legumes, the dynamics of dry matter accumulation, the formation of structural elements of plants and ultimately – to increase grain productivity.

The potential level of yield of legumes can be achieved only under ideal soil-climatic and agronomic conditions. However, each farm harvests a real economic harvest, which depends on weather conditions, soil fertility and the technology used. Therefore, it was very important to identify in our research the impact of technological methods of cultivation on the

activation of growth and development, improvement of structural elements and the formation of higher yields of legumes.

A characteristic feature of the grain production process in Ukraine is a sharp increase in yield variance in recent years. This trend can be explained by the influence of meteorological factors that undergo similar changes. It is climate change in recent years that has led to legumes being severely depressed by drought. Therefore, farmers need varieties for different weather conditions. One of the ways to increase the production of legumes is to create and introduce into production more productive varieties adapted for growing in a specific climate zone. The diversity and variability of natural and climatic, soil, economic and technological factors cause inter-year fluctuations in the production of legumes, which reach 10% of the total gross domestic product.

A common measure for both intensive and adaptive technologies for growing crops, including legumes, is to improve the technological aspects of cultivation, which help to improve all growth processes and increase yields and improve product quality. In the conditions of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine in recent years legumes are gradually displacing traditional oilseeds and cereals and are beginning to occupy an important place in the structure of sown areas of crops.

However, the level of their yield remains low and unstable over the years of cultivation, which encourages the study and improvement of elements of cultivation technology. Among the measures aimed at realizing the genetic potential of high-yielding varieties of legumes of intensive type, first of all are the following: efficient use of bioclimatic potential of the growing region, optimal, taking into account hydrothermal resources, varietal location of production, competitive technologies.

According to agricultural scientists, the determining factor in the formation of a high yield of legume seeds is the system of improving the model of cultivation technology through the use of high-yielding varieties and biological products.

It is established that in general the right-bank Forest-Steppe of Ukraine in terms of soil-climatic and hydrothermal conditions is favorable for growing legumes and the formation of their high grain productivity. The results of research indicate a significant impact of the studied technological methods of cultivation on the yield of legumes (Table 1).

Table 1

Grain yield and yield of crude protein of legume varieties depending on technological methods of cultivation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, t/ha (average for 2016–2019)

№	Culture	Variety	Pre-sowing seed treatment	Retardant concentration, %	Yield, t/ha	Yield of crude protein, t/ha
1	Sowing peas	Tsarevych	without p.s.t.	without processing (κ)	2,08	0,98
				0,5	2,15	1,00
			Rhyzogumin	0,75	2,55	1,04
				1	2,48	1,02
		Prystan	without p.s.t.	without processing	2,12	1,00
				0,5	2,22	1,02
			Rhyzogumin	0,75	2,62	1,09
				1	2,52	1,06
2	White lupine	Veresnevyi	without p.s.t.	without processing (κ)	2,74	1,12
				0,5	2,97	1,20
			Rhyzogumin	0,75	3,37	1,27
				1	3,07	1,22
		Chabanskyi	without p.s.t.	without processing	2,86	1,22
				0,5	3,06	1,25
			Rhyzogumin	0,75	3,47	1,33
				1	3,25	1,29
3	Lupine narrow-leaved	Olimp	without p.s.t.	without processing (κ)	2,06	0,87
				0,5	2,21	0,90
			Rhyzogumin	0,75	2,54	0,98
				1	2,45	0,92
		Peremojets	without p.s.t.	without processing	2,12	1,00
				0,5	2,33	1,04
			Rhyzogumin	0,75	2,67	1,10
				1	2,55	1,07

(End of Table 1)

№	Culture	Variety	Pre-sowing seed treatment	Retardant concentration, %	Yield, t/ha	Yield of crude protein, t/ha
4	Soybean	Pegas	without p.s.t.	without processing (κ)	2,08	1,24
				0,5	2,27	1,26
			Rhyzogumin	0,75	2,48	1,31
				1	2,37	1,28
		Skarb	without p.s.t.	without processing	2,16	1,28
				0,5	2,45	1,30
			Rhyzogumin	0,75	2,68	1,35
				1	2,55	1,32
<p>HIP_{0,05} t/ha (Sowing peas): A-0,07; B-0,10; C-0,08; AB-0,14; AC-0,12; BC-0,17; ABC-0,24 2016 HIP_{0,05} t/ha: A-0,04; B-0,05; C-0,04; AB-0,07; AC-0,06; BC-0,08; ABC-0,12 2017 HIP_{0,05} t/ha: A-0,05; B-0,06; C-0,06; AB-0,04; AC-0,08; BC-0,11; ABC-0,16 2018 HIP_{0,05} t/ha: A-0,04; B-0,06; C-0,05; AB-0,04; AC-0,07; BC-0,10; ABC-0,14. 2019 HIP_{0,05} t/ha: A-0,05; B-0,04; C-0,03; AB-0,05; AC-0,04; BC-0,07; ABC-0,09 HIP_{0,5} t/ha (White lupine): A-0,05; B-0,08; C-0,06; AB-0,12; AC-0,10; BC-0,15; ABC-0,04 2016 HIP_{0,05} t/ha: A-0,03; B-0,04; C-0,03; AB-0,06; AC-0,05; BC-0,07; ABC-0,10 2017 HIP_{0,05} t/ha: A-0,04; B-0,07; C-0,07; AB-0,10; AC-0,07; BC-0,12; ABC-0,15 2018 HIP_{0,05} t/ha: A-0,05; B-0,05; C-0,04; AB-0,07; AC-0,06; BC-0,11; ABC-0,13. 2019 HIP_{0,05} t/ha: A-0,04; B-0,0; C-0,03; AB-0,05; AC-0,04; BC-0,07; ABC-0,09 HIP_{0,05} t/ha (Lupine narrow-leaved): A-0,05; B-0,08; C-0,06; AB-0,12; AC-0,10; BC-0,14; ABC-0,09 2016 HIP_{0,05} t/ha: A-0,03; B-0,04; C-0,03; AB-0,05; AC-0,04; BC-0,08; ABC-0,10 2017 HIP_{0,05} t/ha: A-0,04; B-0,05; C-0,05; AB-0,06; AC-0,06; BC-0,09; ABC-0,12 2018 HIP_{0,05} t/ha: A-0,04; B-0,06; C-0,05; AB-0,07; AC-0,07; BC-0,08; ABC-0,13 2019 HIP_{0,05} t/ha: A-0,06; B-0,05; C-0,05; AB-0,06; AC-0,08; BC-0,08; ABC-0,10. HIP_{0,05} t/ha (Soybean): A-0,02; B-0,03; C-0,03; AB-0,02; AC-0,04; BC-0,14; ABC-0,05 2016 HIP_{0,05} t/ha: A-0,02; B-0,03; C-0,03; AB-0,02; AC-0,02; BC-0,02; ABC-0,05 2017 HIP_{0,05} t/ha: A-0,02; B-0,01; C-0,02; AB-0,03; AC-0,03; BC-0,03; ABC-0,06 2018 HIP_{0,05} t/ha: A-0,03; B-0,02; C-0,03; AB-0,03; AC-0,02; BC-0,02; ABC-0,03 2019 HIP_{0,05} t/ha: A-0,07; B-0,04; C-0,02; AB-0,08; AC-0,03; BC-0,04; ABC-0,13.</p>						

Over the years of experimental research, the maximum indicators of grain and fodder productivity in the varieties of the proposed legumes have been determined. Therefore, in sowing peas the most productive variety was Prystan (yield – 2.62 t/ha, crude protein yield – 1.09 t/ha), white lupine – Chabansky (yield – 3.47 t/ha, crude protein yield – 1.33 t/ha), lupine –

(yield – 2.67 t/ha, crude protein yield – 1.10 t/ha), and soybeans – Azimuth (yield – 2.68 t/ha, yield) crude protein – 1.35 t/ha). The largest increases in grain and fodder productivity were obtained by seed treatment with the bacterial preparation Rhizohumin and spraying of crops with chlormequat chloride retardant in the budding phase.

In addition to the studied factors, the value of crude protein content in legumes was influenced by agrometeorological factors, in particular the air temperature and moisture level. Therefore, the most favorable conditions for the accumulation of the maximum content of crude protein were formed in 2018, which was characterized by low average daily temperatures and a large amount of precipitation.

6. Technological methods of storage and processing of legumin crops depending on quality indicators

The most difficult task of post-harvest processing of grain is its storage before processing. It can be solved only through in-depth study of the processes occurring in the grain, purposeful use of its physiological properties during processing and storage. At present, the technological methods of storage and processing of legumes, depending on quality indicators, remain insufficiently studied and defined.

Legumes are part of the most promising crops in Ukraine, the chemical composition of which, in comparison with traditionally cultivated and grown cereals, includes a large number of energy and biologically valuable substances, the ratio and composition of which forms unique features and high consumer properties of products of their processing. Despite the large number of publications devoted to the study of chemical properties, positive effects on humans and animals, as well as agrotechnology of cultivation and use of legumes in the food and pharmaceutical industries and green mass in feeding farm animals, today are insufficiently studied physico-mechanical, aerodynamic and hygroscopic properties, dimensional and thermophysical characteristics, grain respiration intensity, their dependence on grain moisture and temperature has not been established. Therefore, the development of recommendations with scientifically sound regimes for cleaning, drying and storage of legumes, which will help reduce the energy consumption of post-harvest processing and guaranteed storage of grain of this crop.

All the above confirms the relevance of the work, determines the purpose and objectives of research.

The study of the properties of grain masses and the influence of environmental conditions on them showed that the intensity of all physiological processes depends on the same factors, the most important of which are: moisture of the grain mass and the environment; temperature of grain mass and surrounding objects; air access to the grain mass.

Three modes of storage of grain masses are based on regulation of parameters of these factors: in a dry condition, ie with humidity close to critical; in the cooled state, ie under such conditions, when their temperature is reduced to such limits that significantly inhibit the vital functions of the components of the grain mass; without air access.

There is also a prospect of chemical preservation of grain masses by treating them with some organic acids, which kill all living components of the grain mass and thus protect it from biological spoilage.

The choice of storage regime is determined by a number of conditions, including the climatic conditions of the area where the farm is located, types of granaries and their capacity, technical capabilities of the farm to bring batches of grain to a stable condition, purpose of grain batches, quality of grain batches, economic feasibility of applying a particular regime.

The best results are obtained with the integrated use of modes, such as storage of dry grain mass at low temperatures with the use of cold dry air for cooling during natural temperature changes.

It was found that the grain quality of most legumes, even at a humidity of 11-12%, for several years of storage at temperatures above 20 °C deteriorates, it darkens and acquires a bitter taste. In storage, the height of the mound of legumes of medium dryness (14-16%) is allowed up to 3 m, and wet (16-18%) – not more than 2 m. In the warm period of the year the height of the mound is reduced. Raw grain cannot be stored.

The most favorable conditions for legumes are at a temperature of 10 °C, grain humidity up to 14% and relative humidity up to 70%. At a grain moisture content of 16%, free moisture is formed, which causes the development of mold. Storage for three years and 10 months at a temperature of 4-7 °C and humidity of 13-15% did not lead to a decrease in food and feed qualities, contributed to the slowing down of biochemical processes.

At a humidity of 16% and a temperature of 24-25 °C, after 3 months of storage, the taste qualities change noticeably and molds develop, primarily in the cracks of the seeds. Legumes are easily cracked on impact (wet and raw less, dry – more). Therefore, when carrying out health-improving measures, it is not possible to use impact machines (grain remotes, etc.), but to create conditions for shock mitigation when cleaning and moving grain legumes.

Sowing qualities of seeds with high humidity during storage deteriorate or are lost due to low temperatures. The higher the content of free moisture in the seeds, the more noticeable the effect of temperature below 0 °C. If the seeds of all crops with a humidity below the critical temperature can withstand a temperature of minus 20-25 °C for a long time, then with increasing humidity, its stability decreases sharply. Many seeds, having a humidity of 20-22%, lose germination at a temperature of minus 5-10 °C for a short time of storage. As the shelf life extends, grain germination gradually decreases. Therefore, during long-term storage, the germination of legume seeds is maintained for up to 1.5-2.5 years.

Thus, ensuring the required quality of grain without deterioration of consumer and seed properties is a rather difficult task faced by legume producers, as recently there has been a tendency to organize the storage of grain directly on farms. The efficiency of the organization of the grain storage process is based on the knowledge of the physiological and biochemical properties of the grain mass, as well as on the development of recommendations for post-harvest processing.

The fight against losses and reduction of consumer properties of grain and grain products can be carried out only on the basis of deep knowledge of their chemical composition and complex biological and chemical processes occurring in products, the intensity of which depends on the characteristics of the object and storage conditions.

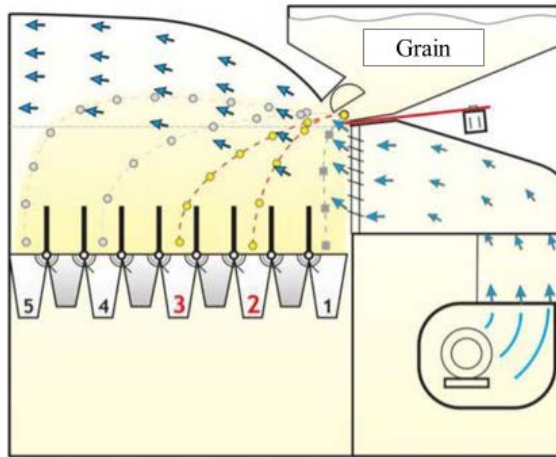
7. Development of technological schemes and recommendations for post-harvest processing of legumes

Post-harvest processing of most legumes is the most difficult in the production of these crops. Due to the high content of protein, fat and the vulnerability of the shell to damage, legumes under adverse conditions (the presence of organic impurities, high humidity) spoil quickly. It is very

important that the grain is stored thoroughly cleaned of broken and crushed parts, from beans damaged by pests, garbage that provides additional moisture, as well as castor seeds.

Wet and raw legumes must be cleaned of impurities and dried before storage in order to prevent deterioration. For reliable storage of legumes must meet the following requirements: humidity – no more than 14-16%; clogging – no more than 4%.

It is expedient to clean the grain of legumes on lattice-free (aerodynamic) separators. Aeroseparators allow you to clean the grain from impurities and divide it into several fractions according to aerodynamic properties. Productivity of separators like GARDEN makes from 4 to 150 t/ha. The technological scheme of the aeroseparator is shown in Figure 1.



**Figure 1. Technological scheme of the aerodynamic separator:
1 – large impurities; 2, 3 – cleaned grain; 4, 5 – light impurities,
thin and broken grain**

In the separation chamber, the grain is separated and separated by specific gravity due to the action of air currents generated by a high-pressure fan prepared by a jet generator. After separation, the grain is diluted into fractions and sent to receiving hoppers or packed in bags. A cyclone built into the separator is designed to trap dust, light impurities and fine particles

that enter the separation together with the grain mass. Purification of grain of legumes can also be carried out on existing in the industry sieve-air separators and grain-cleaning stationary complexes ZAV.

When legumes arrive at elevators and storage points, it is necessary to ensure timely acceptance, batch formation and necessary processing – cleaning, drying and active ventilation, ie bringing grain to the established industrial quality standards and sowing, export or special conditions.

All operations performed with grain are associated with the need for transport (internal movement) of grain, which uses continuous machines (conveyors, conveyors) and self-flowing pipes. The grain is processed on continuously operating equipment (grain cleaning machines, grain dryers). The relationship of technological equipment, as well as tanks (bunkers, silos), connected by transport equipment, is a technological process of grain processing in grain harvesting enterprises.

Thus, each operation is characterized by a certain sequence of grain movement through silos, hoppers and equipment, which largely depends on the schematic diagram of the elevator.

8. Practical value

The introduction of research results will increase the attractiveness of the market for high-protein products due to cheaper production costs due to the recommendation of domestic varieties of legumes by at least 20-25% while reducing the cost of production in the pre-calculated range by 20-33%. The proposed system of using domestic varietal resources will stimulate revenues to local budgets by further expanding the production of recommended biological products by regional enterprises by at least 8-10%. This, in turn, will stimulate the reduction of exports of raw materials and create conditions for the organization of in-depth processing, which will contribute to: meeting the needs of intensive animal husbandry with high-protein feed; providing the population with food, creating additional jobs; increase in tax revenues; ensuring food and environmental security of Ukraine. Scientific development will contribute to the effective European integration of Ukraine and the overall improvement of agricultural products that meet international standards, will increase the effectiveness of Ukraine's state policy in organic and organic farming, contribute to the stabilizing slowdown in natural soil fertility, increase humus and chemical state for

subsequent generations. To do this, we focus on optimizing the structure of sown areas of leading crops, development and implementation of science-intensive, innovative technologies for their cultivation, which will be based on the effective use of life factors (light, heat, moisture, nutrients), which will promote maximum synthesis of organic matter and protein.

9. Conclusions

The scientific work theoretically substantiates and practically develops a competitive bioorganic varietal technology for growing legumes, which provides for the development of regulations for the use of a set of alternative types of biofertilizers for their cultivation in terms of short-term and long-term action. enterprises, the ecological state of the region.

Effective regulations for the use of different types of biofertilizers for their vegetation and bio soil preparations by classical types in the system of agrotechnologies for growing legumes are presented. A comprehensive strategy for the transition to bioorganically adapted varietal technologies for growing legumes, taking into account the resource supply of the enterprise and hydrothermal supply of the territory.

The research of the authors is aimed at solving current problems of technological renewal and development of the agro-industrial complex on the basis of substantiation of energy-efficient and resource-saving modes of operation of the vibrating disc crusher during grinding of feed grain by experimental evaluation of the process.

As a result of research, environmental, economic and social effects have been achieved. The long-term economic effect is achieved due to the general growth of both the culture of agricultural technologies and the growth of the sales share of varietal potential of legumes with a simultaneous increase in market attractiveness and liquidity of products and processing grown by new technologies and improving the investment climate. Short-term ecological effect is achieved due to stabilization of agrochemical degradation of arable land soil, significant reduction of agrochemical load on technologies while minimizing the impact of tillage equipment. The social effect is to stimulate domestic organic production, create additional jobs, improve the quality of life, form and implement sustainable development goals, form and promote healthy nutrition and health of the nation, and so on. Economic, environmental and social

effect obtained from research that exceeds the planned costs. The result of research is a convenient system of technological methods of cultivation, which leads to an increase in the level of realization of the varietal potential of the main legumes, increasing the profitability of their production in combination with environmental and social effects.

References:

1. Babych A.O. (1993). Problemy bilka i vyroshchuvannya zernobobovykh na korm. Problems of protein and growth of legumes for feed. 3-ye vyd., pererobl. i dopov. Kyiv, 429 p.
2. Bakhmat O.M. (2012). Modeliuvannya adaptyvnoi tekhnolohii vyroshchuvannya soi. Modeling adaptive technology of soybean cultivation: monohrafiia. Kamianets-Podilskyi: Vydavets PP Zvolenko D. H.
3. Bandura V., Mazur V., Yaroshenko L., Rubanenko O. (2019). Research on sunflower seeds drying process in a monolayer tray vibration dryer based on infrared radiation. INMATEN – Agricultural Engineering, vol. 57, no. 1, pp. 233–242.
4. Begey S. V., Shuvar I. A. (2007). Ecological Agriculture: Textbook. Lviv: Novyi Svit-2000, 429 p.
5. Bransby D. I. Compatibility of switchgrass as an energy crop in farming systems of the southeastern USA. D. I. Bransby, R. Rodriguez-Kabana.
6. Bulgakov V., Adamchuk V., Kaletnik G., Arak M., Olt J. (2014). Mathematical model of vibration digging up of root crops from soil. Agronomy Research, no. 12(1), pp. 41–58.
7. Cholovskyi Yu. M. (2010). Osoblyvosti vodospozhyvannya posivamy liupynu vuzkolystoho zalezno vid zastosuvannya mineralnykh dobryv. Kormy i kormovyrobnytstvo – Forage and feed production, vol. 66, pp. 146–147.
8. Cultural Pasture: Patent No 40618 / V. L. Puyu, M. I. Bakhmat, S. A. Tsvigun; Podillya State Agrarian Engineering University, UA. Application dated 01.07.2008; published 27.04.2009. Industrial Property. Kyiv, 2009. Bulletin No 8.
9. Didur I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pantsyрева H., Telekalo N., Tkachuk O. (2020). Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank ForestSteppe in Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology, no. 10(5), pp. 54–61.
10. Didur I., Pantsyрева H., Telekalo N. (2020). Agroecological rationale of technological methods of growing legumes. The scientific heritage, 52, pp. 3–14.
11. Dospekhov B. A. (1985). Metodyka polevooho oryta (s osnovamy statystrycheskoi obrabotky rezultatov yssledovanyi). Yzd. 5-e dop. y pererab. Moscow: Ahropromyzzdat, 351 p.
12. Environmental Issues of Agriculture (2010) / I. D. Prymak, Y. P. Manko, N. M. Ridey et al.; Ed. I. D. Primak. Kyiv: Center of Educational Literature, 456 p.
13. Environmental Problems of Agriculture: Tutorial: V. P. Gudz, M. F. Rybak, S. P. Tanchyket al.; Ed. V. Gudz. Zhytomyr National Agroecological University Press, 2010. 708 p.

14. Ermakov, A., Arasymovych, V., Yarosh, N. et al. (1987). *Methods Studies biochemically plants*. L.: Agropromizdat, p. 430.
15. G. A. Esbroeck, M. A. Hussey, M. A. Sanderson. *Crop Sci* (1997). No. 37. P. 864–870.
16. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/13901/12328>
17. URL: <https://www.ujecology.com/archive.html>
18. Ishchenko, V. Belyakov, A. (2009). Efficiency of micronutrients, growth regulator and ryzohuminu in increasing productivity varieties of peas without leaves type. *Steppe Bulletin*, 6:37–41.
19. Kaletnik G.M., Zabolotnyi, G.M. Kozlovskiy S.V (2011). “Innovative models of strategic management economic potential within contemporary economic systems”. *Actual Problems of Economics*, vol. 4(118), p. 11.
20. Kaletnik, G., & Lutkovska, S. (2020). Innovative Environmental Strategy for Sustainable Development. *European Journal of Sustainable Development*, 9(2), 89. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2020.v9n2p89>
21. Kolesnik, S. (2012). Bacterial fertilizer to optimize nitrogen and phosphorus nutrition soybeans, chickpeas, peas, lentils and commit. *Feed and fodder*, 73:145–151.
22. Ma Z. (2001). Impact of row spacing, nitrogen rate, and time on carbon partitioning of switchgrass Z. Ma, C. W. Wood, D. I. Bransby. *Biomass Bioenergy*, no. 20, pp. 413–419.
23. Malchevskaya, E., Mylenkaya, G. (1981). *The comments and Animal Husbandry quality forage analysis*. Minsk: Harvest, p. 143.
24. Mazur O.V., Kolisnyk O.M., Telekalo N.V. (2017). Genotypic differences in varieties of common beans by manufacturability. *Collection of scientific works of VNAU «Agriculture and forestry»*, 7, t. 2, pp. 33–39.
25. Mazur V., Didur I., Myalkovsky R., Pantsyreva H., Telekalo N., Tkach O. (2020). The productivity of intensive pea varieties depending on the seeds treatment and foliar fertilizing under conditions of right-bank forest-steppe Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 10(1), pp. 101–105.
26. Mazur V.A., Didur I.M., Pantsyreva H.V., Telekalo N.V. (2018). Energy-economic efficiency of growth of grain-crop cultures in conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 8(4), pp. 26–33.
27. Mazur V.A., Mazur K.V., Pantsyreva H.V. (2019). Influence of the technological aspects growing on quality composition of seed white lupine (*Lupinus albus* L.) in the Forest Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 9, pp. 50–55. URL: <https://www.ujecology.com/archive.html>
28. Mazur V.A., Mazur K.V., Pantsyreva H.V., Alekseev O.O. (2018). Ecological and economic evaluation of varietal resources *Lupinus albus* L. in Ukraine *Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 8, pp. 148–153.
29. Mazur, V. A., Prokopchuk, V. M., & Pantsyreva, G. V. (2018). Primary introduction assessment of decorative species of the lupinus generation in Podillya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(7), 40–43. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280708>
30. Mazur V.A., Pantsyreva H.V. (2020). «Rid *Lupinus* L. v Ukraini: henofond, introduktsiia, napriamy doslidzhen ta perspektyvy vykorystannia». VNAU, p. 235.

31. Mazur V.A., Pantsyreva H.V., Didur I.M., Prokopchuk V.M. (2018). Liupyn bilyi. Henetychnyi potentsial ta yoho realizatsiia u silskohospodarske vyrobnytstvo. VNAU, p. 231.
32. Mazur V.A., Pantsyreva H.V., Mazur K.V., Didur I.M. (2019). Influence of the assimilation apparatus and productivity of white lupine plants. *Agronomy Research*, 17(X), 206–209. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.19.024>
33. Mazur V.A., Pantsyreva H.V., Mazur K.V., Didur I.M. (2019). Influence of the assimilation apparatus and productivity of white lupine plants. *Agronomy Research*, 17(X), 206–209. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.19.024>
34. Mazur V.A., Pantsyreva H.V., Mazur K.V., Myalkovsky R.O., Alekseev O.O. (2020). Agroecological prospects of using corn hybrids for biogas production. *Agronomy Research*, 18(1), 177–182.
35. Mazur, V. A., & Pantsyreva, H. V. (2017). Vplyv tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannya na urozhainist i yakist zerna liupynu biloho v umovakh Pravoberezhnogo Lisostepu. *Silске hospodarstvo i lisivnytstvo*, 7, 27–36.
36. Mazur, V. A., Myalkovsky, R.O., Mazur, K. V., Pantsyreva, H. V., Alekseev, O.O. (2019). Influence of the Photosynthetic Productivity and Seed Productivity of White Lupine Plants. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 665–670.
37. Mazur, V. A., Myalkovsky, R.O., Mazur, K. V., Pantsyreva, H. V., Alekseev, O.O. (2019). Influence of the Photosynthetic Productivity and Seed Productivity of White Lupine Plants. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 665–670.
38. Mazur, V.A., Branitskyi, Y.Y., Pantsyreva, H.V. (2020). Bioenergy and economic efficiency technological methods growing of switchgrass. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2), 8–15.
39. Mazur, V.A., Didur, I.M., Pantsyreva, H.V., & Telekalo, N.V. (2018). Energy-economic efficiency of grain-crop cultures in the conditions of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian J Ecol*, 8(4), 26–33.
40. Mazur, V.A., Mazur, K.V., Pantsyreva, H.V., Alekseev, O.O. (2018). Ecological and economic evaluation of varietal resources *Lupinus albus* L. in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4), 148–153.
41. Mazur, V.A., Pantsyreva, H.V., Mazur, K.V. & Didur, I.M., (2019). Influence of the assimilation apparatus and productivity of white lupine plants. *Agronomy research*, 17(1), 206–219.
42. Melnychuk, T., Patyka, V. (2011). Microbial preparations bioorganic farming system. Collected articles «Third All-Ukrainian Congress of Ecologists with international participation». Vinnytsya, tom. 2: 423–426.
43. Metodologiya i praktyka vykorystannya mikrobnyx preparativ u texnologiyax vyroshhuvannya silskogospodarskyx kultur (2011). [Methodology and practice of microbial drugs use in crop growing technologies] / V. V. Volkogon, A. S. Zaryshnyak, I. V. Grynyk ta in. Kyiv: Agrarna nauka, 153.
44. Monarkh Veronika Valentynivna, Pantsyreva Hanna Vitaliivna (2019). Stages of the Environmental Risk Assessment. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 484–492. DOI: https://doi.org/10.15421/2019_779

45. Muir J. P. (2001). Biomass production of Alamo switchgrass in response to nitrogen, phosphorus, and row spacing. *J. P. Muir, M. A. Sanderson, W. R. Ocumpaugh at all. Agron J.*, no. 93, pp. 896–901.
46. Naum Raichesberg (2000). *Adolphe Quetelet, His Life and Research Activities*. Moscow: Elibron Classics, 98 p.
47. Ovcharuk V.I., Mulyarchuk O.I., Myalkovsky R.O., Bezvikonnyi P.V., Kravchenko V.S., Klymoych N.M. (2019). Parameters of beet plants. *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, no. 1, pp. 70–75.
48. Palamarchuk V., Honcharuk I., Honcharuk T., Telekalo N. (2018). Effect of the elements of corn cultivation the technology on bioethanol production under conditions of the rightbank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 8(3), pp. 47–53.
49. Palamarchuk, V. & Telekalo, N. (2018). The effect of seed size and seeding depth on the components of maize yield structure. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(5), 785–792.
50. Palamarchuk, V., Telekalo, N. (2018). The effect of seed size and seeding depth on the components of maize yield structure. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(5), 785–792.
51. Pancyreva G. V. (2016). *Doslidzhennya sortovykh resursiv lyupynu bilogo (Lupinus albus L.) v Ukraini*. Vinnytsya, 4, 88–93.
52. Pantsyryeva H.V. (2018). Research on varietal resources of herbaceous species of *Paonia L.* in Ukraine. *Scientific Bulletin of the NLTU of Ukraine*, 28(8), 74–78. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280815>
53. Pantsyryeva, H. V. (2016). *Doslidzhennia sortovykh resursiv lyupynu biloho (Lupinus albus L.) v Ukraini*. Silske hospodarstvo i lisivnytstvo, 4, 88–93.
54. Pantsyryeva, H.V. (2019). Morphological and ecological-biological evaluation of the decorative species of the genus *Lupinus L.* *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 74–77.
55. Pantsyryeva, H.V. (2019). Technological aspects of biogas production from organic raw materials. *Bulletin of KhNTUSG them. P. Vasilenko*. Kharkiv, pp. 276–290.
56. Puyu V. L. (2014). Modern Design of Cultivated Pastures in the Western Forest Steppe. Seminar Program of Uman NUS «Varietal Technologies as a Factor in the Implementation of Agrocenoses Biopotentials in the Programming System of Field and Forage Crops Yield». Uman, 15-16 May 2014.
57. Puyu V. L., Bakhmat M. I., Rykhliyvskiy I. P., Shcherbatiuk N. V. (2019). Optimization of Conveyor Production of Green Fodder. *World Science*, no. 7(47), vol. 1. DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31072019/6587
58. Rai R. K., Tripathi N., Gautam D., & Singh P. (2017). Exogenous application of ethrel and gibberellic acid stimulates physiological growth of late planted sugarcane with short growth period in subtropical India. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(2), 472–486.
59. S. E. Sladden (1993). *Biomass Conf. of the Americas*. Burlington, pp. 229–234.
60. Shatilov I. S., Chudnovskiy A. F. (1980). *Agrophysical, Agrometeorological and Agrotechnical Crop Programming Fundamentals: ACS of TP Principles in Land Cultivation*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 320 p.

61. Telekalo N., Mordvaniuk M., Shafar H., Matsera O. (2019). Agroecological methods of improving the productivity of niche leguminous crops. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 9(1), pp. 169–175.

62. Telekalo N.V. (2016). Economic evaluation of the efficiency of pea growing technology. *Collection of scientific works of VNAU «Agriculture and forestry»*, 4, pp. 63–71.

63. Tymchuk, O. Shkvirko, H. Sakalova, M. Malovanyy, T. Dabizhuk, O. Shevchuk, O. Matviichuk, T. Vasylynych (2020). Wastewater a Source of Nutrients for Crops Growth and Development. *Journal of Ecological Engineering*, vol. 21, issue 5, pp. 88–96.

64. Vdovenko S.A., Prokopchuk V.M., Palamarchuk I.I., Pantsyрева H.V. (2018). Effectiveness of the application of soil milling in the growing of the squash (*Cucurbita pepo* var. *giraumontia*) in the right-bank forest stepp of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4), 1–8.

65. Vdovenko S.A., Prokopchuk V.M., Palamarchuk I.I., Pantsyрева H.V. (2018). Effectiveness of the application of soil milling in the growing of the squash (*Cucurbita pepo* var. *giraumontia*) in the right-bank forest stepp of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4), pp. 1–5.

66. Vdovenko, S.A., Pantsyрева, G.V., Palamarchuk, I.I., & Lytvyniuk, H.V. (2018). Symbiotic potential of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) depending on biological products in agrocoenosis of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian J Ecol*, 8(3), 270–274.

67. Vdovenko, S.A., Prokopchuk, V.M., Palamarchuk, I.I., & Pantsyрева, H.V. (2018). Effectiveness of the application of soil milling in the growing of the squash (*Cucurbita pepo* var. *giraumontia*) in the right-bank forest stepp of Ukraine. *Ukrainian J Ecol*, 8(4), 1–5.

68. Vitalii Palamarchuk, Inna Honcharuk, Tetiana Honcharuk, Natalia Telekalo (2018). Effect of the elements of corn cultivation technology on bioethanol production under conditions of the right- bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 8(3), pp. 47–53.

69. Vitalii Palamarchuk, Inna Honcharuk, Tetiana Honcharuk, Natalia Telekalo (2018). Effect of the elements of corn cultivation technology on bioethanol production under conditions of the right- bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 8(3), pp. 47–53.

70. Wolters D., Beste A. (2020). Biomasse – umweltfreundlicher Energieträger? *Ökologie und Landbau*, 116, 4, pp. 12–14.

71. Xing, X., Jiang, H., Zhou, Q., Xing, H., Jiang, H., & Wang, S. (2016). Improved drought tolerance by early IAA – and ABA-dependent H₂O₂ accumulation induced by α -naphthaleneacetic acid in soybean plants. *Plant Growth Regulation*, 80(3), 303–314.

72. Yanovych, V., Honcharuk, T., Honcharuk, I. & Kovalova, K. (2017). Design of the system to control a vibratory machine for mixing loose materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(3-90), 4–13.

73. Yanovych, V., Honcharuk, T., Honcharuk, I. & Kovalova, K. (2018). Engineering management of vibrating machines for targeted mechanical activation of premix components. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 54(1), 25–32.

74. Yhurber J.A. (1958). Inhibitory effect of gibberellins on nodulation in dwarf beans, *Phaseolus vulgaris*. *Nature*, vol. 181, pp. 1082–1083.

75. Yowling W.A., Buirchell B.J., Tarta M.E. Lupin. *Lupinus L.* (1998). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 23. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Jena. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, pp. 112–114.

76. Zhao, H., Cao, H., Ming-Zhen, P., Sun, Y., & Liu, T. (2017). The role of plant growth regulators in a plant aphid parasitoid tritrophic system. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(4), 868–876.

77. Cowling W.A. (1994). Plant breeding for stable agriculture: Presidential Address. Western Australia, 183–184.

**RESEARCH OF TECHNOLOGICAL INDICATORS
OF GRAIN QUALITY OF LEGUMES AS OBJECTS
OF STORAGE AND PROCESSING**

Olexander Tkachuk¹
Myroslava Mordvaniuk²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-40>

Abstract. One of the urgent needs of the agricultural sector is to ensure the growth of crop production, including legumes, and increase the competitiveness of domestic agricultural enterprises, which is impossible without government regulation and economic support for agriculture. Strategic development of agrotechnologies with a focus on global trends in approaches to growing and fertilizing crops necessitates the development of adapted varietal cultivation technologies, which will ultimately ensure the formation of a modern technological strategy for the development of Ukraine's agro-industrial complex and ensure its long-term food security. To date, many types of legumes have not lost their importance as important food crops and occupy a prominent place in the formation of food and protein resources in many countries. The unique properties of legumes open an extremely wide range in the solution of vegetable protein and can be used in many areas of the processing industry: a variety of products for daily, dietary and functional nutrition, feed production, drug production, cosmetics. Today, in the period of globalization of the world economy, the production of legumes requires a flexible approach to international competition, ensuring the solution of food and environmental security. Legumes play an important role in the grain and fodder balance of agricultural formations in Ukraine. Strategically, Ukraine should take a course to reduce the export of raw materials and create conditions for the organization of in-depth processing, which will contribute to: meeting the needs of intensive livestock with high-protein feed; creation of additional jobs; increase in tax revenues; ensuring food and environmental security of Ukraine.

¹ Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Vinnytsia National Agrarian University, Ukraine

² Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer,
Vinnytsia National Agrarian University, Ukraine

1. Introduction

Among the resources of society, food is the most important. Ukraine is the world's leading food producer, even in terms of technological backwardness. However, the further development of the agricultural sector requires the state to develop and implement a well-thought-out strategy for the modernization of agricultural production. The agro-industrial complex, which produces agricultural raw materials and food, is the guarantor of the country's food security [7–8; 90–99].

One of the urgent needs of the agricultural sector is to ensure the growth of crop production, including legumes, and increase the competitiveness of domestic agricultural enterprises, which is impossible without government regulation and economic support for agriculture [1–3, 86–88].

The strategic development of agrotechnologies with a focus on global trends in approaches to growing and fertilizing crops necessitates the development of adapted varietal technologies, which will ultimately ensure the formation of a modern technological strategy for the development of Ukraine's agro-industrial complex and ensure its long-term food security. To date, many types of legumes have not lost their importance as important food crops and occupy a prominent place in the formation of food and protein resources in many countries [15–16; 20–22; 47–48].

The monograph is characterized by scientific novelty, which testifies to the authors' deep knowledge of theoretical and practical aspects of technological methods of growing legumes and is useful for agricultural professionals, as well as professionals who at the scientific and practical levels solve the problem of organic farming. The scientific and methodological value of the monograph lies in the presentation of the results of research conducted on the basis of the Research Farm «Agronomichne» of Vinnytsia National Agrarian University in the village of Agronomichne, Vinnytsia district, Vinnytsia region.

2. Analysis of recent research and publications

Intensification of grain production, including fodder, should become one of the strategic directions of accelerated development of all agro-industrial production of Ukraine by 2030 [4–5; 56–57]. For this purpose it is necessary to focus on creation of high-yielding varieties, innovative technologies for their cultivation, which will be based on the effective use of life factors

(light, heat, moisture, nutrients), which will promote maximum synthesis of organic matter and protein. In addition, in the context of climate change, it will be necessary to form a unified agricultural policy for the production of legumes [6–7; 23–25; 81–85].

It should be noted that one of the main tasks of an agricultural producer is not only growing, but also bringing products to certain conditions and organizing its timely delivery to the points of the procurement system, as well as ensuring the quality of the part left by the producer [9–10; 17–19; 77–80]. First of all, the implementation of the global task of the agro-industrial complex to improve the quality of agricultural products, reduce its losses during post-harvest processing and storage depends on this. Industries involved in the storage and processing of agricultural products play a leading role in providing the population with food, as well as in the organization of grain exports of legumes, the traditional producer of which is Ukraine.

In Ukraine, the solution of theoretical, practical aspects of the formation and use of vegetable protein in crop production deals with a number of well-known domestic agricultural scientists, especially those representing the scientific school, in particular, Petrichenko V.F., Babych A.O., Mazur V.A., Bakhmat M.I., Kaminsky V.F., Pantsyreva H.V. and other [11–14; 26–30; 42–46; 57–61; 63–68].

Given the lack of organic fertilizers in the modern crop rotation of Ukrainian agriculture, when in 2019 the fertilized area of manure was only 503,600 ha, which is only 2.7% of arable land with an estimated application of organic fertilizers for the entire arable land of Ukraine 0.5 t/ha at scientifically based norm of 18.3 t/ha, which could partially stabilize the resilience of such agroecosystems, there is an important problem of finding alternative ways to replenish the stock of organic matter in the soil, which will not only improve the agro-ecological condition of soils, but also increase the resilience of such homogeneous agroecosystems. exposure to pests – pests, diseases and weeds, the number of which has increased sharply 61 [30–42].

The traditional legume crop of agricultural lands of Ukraine during the second half of the twentieth century was sown peas, which occupied in the structure of sown areas of each farm at least 10%. In those days, its straw was used for animal feed, so it was not scattered in the fields.

The removal of nutrients from the soil by cultivated crops was compensated by significant amounts of organic fertilizers. The agroecological significance of peas at that time was determined by its symbiotic nitrogen fixation and optimal characteristics of this crop as a steam precursor of winter wheat [49–50; 69–70].

However, it is not uncommon for straw in the fields to be simply burned after harvest. At the same time, about 1.5-2 tons of organic matter is irretrievably lost from one hectare, and the soil microflora is disturbed. This leads to a decrease in soil fertility, which affects the yield of crops. And although in Ukraine at the legislative level there is a ban on such incineration of crop residues, still from year to year it is neglected by many companies [71–76].

In the 21st century, the sown area of peas in Ukraine has sharply decreased, and its agri-environmental significance has increased significantly. The decrease in the sown area of peas is due to economic and business factors and not very high intensification of the technology of its cultivation. At the same time, the sown areas of other, often uncommon legumes, including soybeans, began to grow [52–54].

Legume straw contains more organic matter than other organic fertilizers, and very valuable components to increase soil fertility: cellulose, pentose, hemicellulose and lignin, which are carbohydrate energy substrates for soil microorganisms. This is the main building material for soil humus.

3. Conditions, objective and methods of research

The scientific and methodological value of the monograph lies in the presentation of the results of research conducted on the basis of the Research Farm «Agronomichne» of Vinnytsia National Agrarian University in the village of Agronomichne, Vinnytsia district, Vinnytsia region. Scientific research was performed by conducting field and laboratory experiments. The research was conducted following generally accepted methods. The soil of the experimental field is leached black soil, low humus, on carbonate loam. The humus content in the soil layer is 0-30 cm (according to Tyurin is 3.86-4.11%; easily hydrolyzing nitrogen (according to Cornfield) – 111-121 mg/kg, mobile phosphorus and metabolic potassium (according to Chirikov) – 90 and 179 mg/kg of soil, respectively. The absorption capacity and the number of absorbed bases vary, respectively, between 33-36 and

30-33 mg-eq/100 g of soil. Hydrolytic acidity is 0.76-0.87 mg-eq/100 g soil, the degree of saturation of the basics – 94.7-99.0%.

The solid phase density is 2.58 g/cm³, the density of the soil structure is 1.14-1.25 g/cm³, the total porosity is 52-59%. The maximum soil hygroscopicity is 5.2%; the lowest moisture content is 23.4%, the total field capacity is 41.2%. The climate of the southwestern part of the Forest-Steppe of Ukraine is warm, with sufficient moisture. The average radiation balance in the region for the year is 43.3 kcal/cm², and for the growing season of sugar sorghum – 137.73 kJ/cm². Most of PAR come in June and July. From May to September, 3/4 of the annual amount of heat comes to the soil surface. Annual precipitation ranges from 550-700 mm, 3/4 of which falls during the warm season. The hydrothermal coefficient in the region is 1.4. The weather conditions of the sugar sorghum vegetation period in 2017–2019 years had the following features: with the average long-term rainfall and the sum of temperatures respectively 345 mm and 2903 °C, during the years these indicators fluctuated within such limits. During the research period, two experiments were conducted.

4. Research results

The revival of agro-industrial production, stabilization of economic conditions for the functioning of the food industry is the main goal of state agricultural policy in Ukraine. The agricultural sector, which grows crops, most of which are cereals, is a seasonal production.

In most farms, the main products stored are grains and seeds of various crops. Preservation and rational use of the harvest is an important task of every producer, every farm, regardless of its structure, production volume and other indicators.

A significant role in solving the problem of providing the population with wholesome food belongs to the agricultural processing industry. Along with powerful enterprises of the food industry, the number of agro-industrial enterprises of various forms of ownership, medium and small capacity for processing agricultural products has recently increased. In such enterprises, instead of «large» technologies, technologies with a reduced production cycle using a variety of equipment are used.

That is, depending on the characteristics of production, the quality of raw materials used in a particular technology, some technological parameters

may change, but the principled approach to the processing of agricultural products.

Some attention is paid to the storage of agricultural raw materials, as well as products of its processing, because, as we know, the lack of a scientific approach to the problem of product preservation, violation of storage techniques leads not only to quantitative but also qualitative losses. Unwanted changes in the natural properties of raw materials require regulation of technological parameters of individual technological stages, as a result of which the stability of its initial parameters may decrease.

The value of legumes is very high, so they are grown in all countries. Legume seeds are rich in proteins, the content of which varies between 20-40% and on average twice the protein content of cereal grains.

The average chemical composition of the seeds of some legumes is given in table 1.

Table 1

**Average chemical composition of grain
(per 100 g of edible part of the product)**

Culture	Water	Proteins	Fats	Mono- and disaccharides	Starch	Fiber	Ash	Energy value	
								kcal	kJ
Peas	14,0	20,5	2,0	4,6	44,0	5,7	2,8	298	1247
Bean	14,0	21,0	2,0	3,2	43,4	3,9	3,6	292	1222
Lentil	14,0	24,0	1,5	2,9	39,8	3,7	2,7	284	1188
Soybean	12,0	34,9	17,3	5,7	3,5	4,3	5,0	332	1389

* inedible part (in%) of peas, beans, lentils – 0.5; soybeans – 2.0.

Legume seeds are used for food, fodder and technical purposes. They give highly nutritious, protein-rich hay, good green fodder, silage, haylage.

When assessing the quality of legumes, special attention is paid to the appearance and color of seeds (Table 2).

The color determines the freshness, maturity of the seeds and belonging to a particular variety.

Table 2

Restrictive quality standards for leguminous crops

Indicator	Peas (classes)			Bean	Lentil		Chickpea	China	Soybean
	1-st	2-st	3-st		small-seeded	plate			
Humidity, %, no more	20	20	20	23	20	20	20	20	18
Garbage impurities, %, not more including damaged seeds, %	3	6	8	8	8	8	8	8	5
Mineral impurities, %, not more	0,4	2,5	*	-	-	-	-	-	-
Grain impurities, %	1,0	1,0	*	-	-	1,0	-	-	-
Including sprouted, %	7	15	15	15	15	15	15	15	10
Infection with pests	1	3	5	5	5	3	5	5	-

not allowed except for tick infestation not higher than II degree

* within the total content of garbage

The best light-colored seeds, which usually have a thinner shell, grow well. The color of the seeds is the basis for the division of many legumes into types (beans, lentils, rank) or subtypes (peas, beans, chickpeas, beans). Seeds of food beans and lentils, depending on the color are divided into three types.

Of great importance in the evaluation of batches of legumes is the size of the seeds. The most valuable large seeds, which contain fewer shells and more nutrients than small ones. Seed quality is characterized by its uniformity. Aligned seeds are boiled at the same time in contrast to the heterogeneous size of the seeds, which increases the digestibility and taste of the finished product. When processing well-aligned seeds, a higher quality product is obtained.

Humidity for legumes is slightly higher than for cereals. This is due to the fact that very dry legume seeds are difficult to boil, when stored they crack and break down into cotyledons (such as beans), which dramatically reduces its safety and consumer properties. Soybean seeds have low humidity levels and are high in fat.

Peas are the most common legume, it is grown everywhere. In

terms of chemical composition, it differs favorably from other cereals. Peas contain on average about 28% protein, 59 – carbohydrates, 1.7 – fat, 3.3 – ash and 8% fiber.

In the process of vegetation, the grains of the lower pods ripen earlier than the others, and last of all the grains of the upper ones. Thus, along with the ripe grains, the plant has a significant part of the grains in which the ripening process has not yet ended or is just beginning. Peas crack easily. To prevent losses, peas are harvested without waiting for full ripening, when the lower beans in most plants turn yellow. Naturally, the grains in different phases of ripening are characterized by different chemical composition and moisture. Biological processes in them also occur with varying intensity. In immature grains, the transformation of simpler chemicals into complex ones continues, which causes the respiratory process to intensify.

The presence of organic and mineral impurities in pea mounds reduces its stability during storage. Hygroscopic impurities, which are plant particles, as well as minerals contribute to the emergence and development of unwanted processes and also prevent aeration.

Characteristic of pea grain, especially dry, is the ability to easily split and break during threshing and other operations. The halves, as well as small particles of grain in places left without shells, are quickly affected by microorganisms, mold and spoilage. They are also more accessible to pests. Therefore, the presence of a significant number of halves and very fragmented particles is considered a serious drawback.

Features of the chemical composition of pea grains significantly affect its storage conditions. Due to the high protein content, peas quickly absorb moisture from the air and hold it with great force. Moisture of the grain and the presence of a large number of nutrients create conditions for enhancing the viability of peas and microorganisms that inhabit its surface, as well as pests.

Cleaning – one of the main measures that can improve the quality of peas. Cleaning of peas from plant residues, halves, very crushed grain particles, mineral impurities is carried out urgently, immediately after receipt of grain. Given the high flowability of pea grain, it is necessary, depending on the variety and size, to select sieves with holes of appropriate size and reduce their slope, placing under one side of the separator wooden bars.

Pea grain is well preserved with a humidity close to 14%. Methods and modes of drying are significantly different from grain grains. Peas are dried by air-solar method. In addition, it is good to pass the grain through the cleaning machines. Active ventilation with dry warm air also gives excellent results.

Thermal drying of peas is carried out very carefully. In the process of drying, the skin often bursts and the core breaks into halves, wrinkles are formed on the surface of the skin, which are clogged with dust. The presence of exposed particles and dust contribute to the development of fungal diseases and the appearance of grain pests. Heat drying modes are set depending on the humidity of the peas. When its humidity is above 18%, the maximum allowable grain heating temperature is 30 °C, and the allowable coolant temperature is 70 °C; at grain moisture not exceeding 18% – 40 and 80 °C, respectively. At high initial humidity peas are passed through the dryer twice or thrice.

When storing peas, keep in mind that it has high hygroscopicity. Conditions are created that prevent the penetration of groundwater, and appropriate ventilation modes are established. It is inadmissible to store peas in storages with clay and cement floors. It is necessary to control the humidity in the mounds, and to ventilate, ventilate and move the peas only if the humidity as a result of these operations will decrease or at least will not change, but the grain temperature will decrease.

As the grain of dry peas easily splits on impact, precautions are taken when shoveling, aerating, sorting and moving on conveyors. Impact machines should not be used. You can not throw peas very high, jerks when shoveling. In cleaning machines provide a uniform mode of their operation and continuous passage of grain layer of the same thickness. When moving on conveyors it is necessary to soften blows at falling of grain. To do this, in the middle of his path create obstacles in the form of inclined sieves of pieces of tarpaulin and sacking. The machines are moved on a clean swept floor. Ladders are placed on the surface of the grain embankment, on which workers are obliged to walk. The height of pea loading is up to 3 m, in the warm season it is reduced. grows strongly. That is why from time to time consignments of peas are sold. During storage, the most harmful pest is pea (bruchus).

It is important to note that weevils are not damaged by peas. This is of great importance for peas in storage. One of the main measures to

control the grain at the embankment temperature exceeding 12 °C is aeration. Disinfection of peas is carried out only after 1.5-2 months from the date of harvest, because by this time aeration leads to a decrease in grain germination. The peas must have a moisture content of not more than 15.5%. Determination of germination is performed 15 days before and 15 days after disinfection. For seed peas, storage conditions and control of grain masses are stricter. Seed moisture should not exceed 14%, and in areas with high average annual temperature – 12-13%. The height of the stack in the cold season – eight bags, the embankment is not more than 2.5 m, and in the warm season, respectively, six bags and 2 m. The technique of cleaning and drying of pea seeds is the same as food.

Soybean grain has the following chemical composition: 36.5% protein, 26 carbohydrates, 17.5 fat, 5.5 ash and 4.5% fiber. In terms of protein and fat content, soybeans are significantly superior to grains of other legumes. It is used for making milk, cheese, confectionery, oil, flour, various fillers, to obtain protein concentrates.

Soybean harvest is carried out in September, when the weather becomes unstable and it often rains. This explains its high humidity. Biological properties and chemical composition of soybeans cause its instability during storage. The level of temperature and humidity of grain, as well as the degree of aeration of the grain mass has a decisive influence on storage conditions. With increasing humidity, the intensity of grain respiration increases sharply. The presence of decomposed grains and crushed grains has a significant effect on soybean storage. The respiration of decomposed wet grains increases six fold compared to whole grains. This is due to the development of mold fungi on the surface of grain particles that have been released from the shells.

The flow ability of soybeans is due to humidity. In wet grain, the duty cycle decreases. During storage, the grain volume decreases due to compaction. All batches of grain, regardless of moisture, should be thoroughly cleaned of impurities immediately upon receipt. This measure is of great importance for increasing the stability of soybean mounds, and is a consequence of the elimination of breeding grounds for mold fungi.

Soybean storage is possible at a humidity of 10-12%. When drying soybeans use air-solar method and active ventilation with dry warm air. Typical drying is carried out very carefully. During accelerated drying,

moisture evaporates from the surface of the grains and their inner layers at different rates. The husks dry so quickly that the moisture present in the inner layers does not have time to redistribute and moves to the grain surface. While the former retain almost the same volume, the size of the drying shells decreases rapidly. This leads to their rupture and disintegration of the grains into halves. At the accelerated modes of drying steaming and considerable decrease in germination is also observed. Therefore, drying of soybeans is carried out in 2-3 steps. The temperature of the drying agent should be 25 °C; 30... 35; 50 ... 60 °C. The increase in temperature during each process should be less, the greater the initial humidity of soybeans.

Under such drying modes, the grain dries fairly evenly. During drying, the temperature and condition of the grain are closely monitored. If there is an increase in the number of grains with cracked shells and a change in their color, the temperature is reduced and at the same time increase ventilation. It is not necessary to raise temperature of drying agent above 50 ... 60 °C. It is better to store soybeans in well-ventilated dry storages with wooden or asphalt floors. The height of the dry grain embankment should not exceed 2 m, with short-term storage of wet grain – 0.5 m.

In the process of storage of soybean seeds should be careful care to ensure the preservation of its sowing properties. The height of the embankment of seeds in the winter is 1.5 m or a stack of eight bags, and in the warm season it is reduced by a third, respectively, 0.5 m and two bags. A 0.5-0.75 m wide passage is left between the stacks. Seed germination decreases rapidly during storage under adverse conditions. After 3-4 years, as a rule, the seeds lose viability and germinate poorly. Therefore, seed grain must be stored in dry ventilated storage. The seeds should be immediately cleaned of impurities, thin and broken grains and dried at the mildest temperatures to a humidity of 10%.

5. Conclusions

The obtained research results give grounds to believe that the use of high-yielding varieties in intensive cultivation technology is recommended for obtaining highly productive yields of legumes with appropriate grain quality indicators by agro-formation of the Right-Bank Forest-Steppe in intensive cultivation technology. The introduction of high-yielding varieties into production practice with the improvement of technological methods of

cultivation will reduce the deficit of vegetable protein, as well as improve the physicochemical and phytosanitary conditions of the soil.

Some attention is paid to the storage of agricultural raw materials, as well as products of its processing, because, as we know, the lack of a scientific approach to the problem of product preservation, violation of storage techniques leads not only to quantitative but also qualitative losses. Unwanted changes in the natural properties of raw materials require regulation of the technological parameters of individual technological stages, as a result of which the stability of its initial parameters may decrease.

In Ukraine and the world promising competitive adaptive technologies for growing legumes based on determining the characteristics of growth, development and yield formation with a comprehensive study and differentiated combination in the technological process of basic elements: varieties, fertilizers, tillage, crop protection from weeds, pests and diseases, as well as studies their biologized models, involving the introduction of low doses of mineral fertilizers in combination with by-products (non-commercial) products of predecessors. These technologies make it possible to obtain a yield of peas – 3.5-4.0, white lupine – 3.2-3.5, yellow lupine – 2.0-2.2, narrow-leaved lupine – 3.0-3.2, beans – 2.5-2.8 t/ha. However, the weak point of such technologies is the binding to specific types of soils, unidirectional application of classical mineral fertilizers, focus on the standard format of microfertilizers, lack of tactics of concomitant control over changes in soil fertility, conflicting data on the effectiveness of such technologies for tillage and the impact of stressors. As a result, the efficiency of the real realization of the yield potential of the outlined range of legumes by 30-55%, and for a number of promising valuable legumes chickpeas, lentils – up to 60-68%. Such aspects confirm the relevance, innovation and production significance of research and its national research and production relevance for the agro-industrial complex of Ukraine and world agricultural practice.

References:

1. Albinus M. (2008) Effects of land use practices on livelihoods in the transboundary sub-catchments of the Lake Victoria Basin. *African Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 2, no. 10, pp. 309–317.
2. Albinus M. (2008) Effects of land use practices on livelihoods in the transboundary sub-catchments of the Lake Victoria Basin. *African Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 2, no. 10, pp. 309–317.

3. Bakhmat O.M. (2010) Influence of agrotechnical measures on soybean productivity in the conditions of the western region of Ukraine. Feed and feed production: interdepartmental. topic. science. zb. / [editor: V.F. Petrichenko (ed.) and others]. Vinnytsia: Marushchak A.I., issue 66, pp. 103–108.
4. Bakhmat O.M. (2010) Influence of agrotechnical measures on soybean productivity in the conditions of the western region of Ukraine. Feed and feed production: interdepartmental. topic. science. zb. / [editor: V.F. Petrichenko (ed.) And others]. Vinnytsia: Marushchak A.I., issue 66, pp. 103–108.
5. Bandura V., Mazur V., Yaroshenko L., Rubanenko O. (2019) Research on sunflower seeds drying process in a monolayer tray vibration dryer based on infrared radiation. INMATEN – Agricultural Engineering, vol. 57, no. 1, pp. 233–242.
6. Begey S. V., Shuvar I. A. (2007). Ecological Agriculture: Textbook. Lviv: Novyi Svit-2000, 429 p.
7. Bransby D. I. Compatibility of switchgrass as an energy crop in farming systems of the southeastern USA. D. I. Bransby, R. Rodriguez-Kabana.
8. Bulgakov V., Adamchuk V., Kaletnik G., Arak M., Olt J. (2014) Mathematical model of vibration digging up of root crops from soil. *Agronomy Research*, no. 12(1), pp. 41–58.
9. Bulgakov V., Adamchuk V., Kaletnik G., Arak M., Olt J. (2014) Mathematical model of vibration digging up of root crops from soil. *Agronomy Research*, no. 12(1), pp. 41–58.
10. Bulgakov V., Kaletnik H., Goncharuk I., Ivanovs S., Usenko M. (2019) Results of experimental investigations of a flexible active harrow with loosening teeth. *Agronomy Research*, no. 17(5), pp. 1839–1845.
11. Chinchyk O.S. (2012) Influence of fertilizer on yield of legumes in the conditions of the Western Forest-Steppe. Feed and feed production: interdepartmental. topic. Science. zb. NAAS; [editor: V.F. Petrichenko (ed.) And others]. Vinnytsia, vol. 72, pp. 64–67.
12. Cholovskyi Yu.M. (2010) Osoblyvosti vodospozhyvannia posivamy liupynu vuzkolystoho zalezhno vid zastosuvannia mineralnykh dobryv. Kormy i kormovyrobnytstvo – Forage and feed production, vol. 66, pp. 146–147.
13. Cholovskyi Yu.M. (2010) Osoblyvosti vodospozhyvannia posivamy liupynu vuzkolystoho zalezhno vid zastosuvannia mineralnykh dobryv [Features of water consumption of crops of lupine branched depending on the application of mineral fertilizers]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Forage and feed production*, vol. 66, pp. 146–147.
14. Cultural Pasture: Patent No 40618 / V. L. Puyu, M. I. Bakhmat, S. A. Tsvigun; Podillya State Agrarian Engineering University, UA. Application dated 01.07.2008; published 27.04.2009. *Industrial Property*. Kyiv, 2009. Bulletin No 8.
15. Datta, A., Hossain, A., Roy, S. (2019) An Overview on Biofuels and Their Advantages and Disadvantages. *Asian Journal of Chemistry*, 31(8), 1851–1858. DOI: <https://doi.org/10.14233/ajchem.2019.22098>
16. Didur I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pantsyreva H., Telekalo N., Tkachuk O. (2020) Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank ForestSteppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 10(5), pp. 54–61.

17. Didur I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pantsyryva H., Telekalo N., Tkachuk O. (2020) Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 10(5), pp. 54–61.
18. Didur I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pantsyryva H., Telekalo N., Tkachuk O. (2020) Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 10(5), pp. 54–61.
19. Didur I., Chynchyk O., Pantsyryva H., Olifirovych S., Olifirovych V., Tkachuk O. (2021) Effect of fertilizers for *Phaseolus vulgaris* L. productivity in Western Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 11(1), pp. 419–424.
20. Didur I., Pantsyryva H., Telekalo N. (2020) Agroecological rationale of technological methods of growing legumes. *The scientific heritage*, 52, pp. 3–14.
21. Didur I., Pantsyryva H., Telekalo N. (2020) Agroecological rationale of technological methods of growing legumes. *The scientific heritage*, 52, pp. 3–14.
22. Didur I.M., Prokopchuk V.M., Pantsyryva H.V. (2019) Investigation of biomorphological and decorative characteristics of ornamental species of the genus *Lupinus* L. *Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 9(3), pp. 287–290.
23. Didur I.M., Prokopchuk V.M., Pantsyryva H.V. (2019) Investigation of biomorphological and decorative characteristics of ornamental species of the genus *Lupinus* L. *Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 9(3), pp. 287–290.
24. Dospiekhov B.A. (1985) *Metodyka polevoho opyta (s osnovamy staty-stycheskoi obrabotky rezultatov yssledovanyi)*. Yzd. 5-e dop. y pererab. Moscow: Ahropromyzdat, p. 351.
25. Egli D. B. (1999) Variation in leaf starch and sink limitations during seed filling in soybean. *Crop Science*, 39, pp. 1361–1368.
26. *Environmental Issues of Agriculture (2010)* / I. D. Prymak, Y. P. Manko, N. M. Ridey et al.; Ed. I. D. Primak. Kyiv: Center of Educational Literature, 456 p.
27. Honcharuk I., Kovalchuk S. (2020) *Agricultural Production Greening Management in the Eastern Partnership countries with the EU. Theoretical and practical aspects of the development of the European Research Area*. Publishing House «Baltija Publishing», Riga, Latvia, pp. 42–68.
28. Honcharuk I., Kovalchuk S. (2020) *Agricultural Production Greening Management in the Eastern Partnership countries with the EU. Theoretical and practical aspects of the development of the European Research Area*. Publishing House «Baltija Publishing», Riga, Latvia, pp. 42–68.
29. Honcharuk I., Pantsyryva H., Mazur V., Didur I., Tkachuk O., Telekalo N. (2020) Integration of traditional and innovation processes of development of modern science; Tkachuk O., Telekalo N. *Agroecological potential of legumes in conditions of intensive agriculture of Ukraine*, pp. 91–104. Collective monograph. Publishing House «Baltija publishing». Riga. Latvia, pp. 42–108.
30. Honcharuk I.V., Branitsky Yu.Yu., Tomashuk I.V. (2017) The main aspects of effective formation and use of resource potential in agricultural enterprises (on the example of Vladovo-Lyulynetska DSS IBK and the Central Bank of NAAS of

Ukraine). Economy. Finances. Management: current issues of science and practice, no. 10(26), pp. 54–68.

31. Honcharuk I.V., Branitsky Yu.Yu., Tomashuk I.V. (2017) The main aspects of effective formation and use of resource potential in agricultural enterprises (on the example of Vladovo-Lyulinetzka DSS IBK and the Central Bank of NAAS of Ukraine). Economy. Finances. Management: current issues of science and practice, no. 10(26), pp. 54–68.

32. Kaletnik G. (2018) Diversification of production of biofuel – as the basis of maintenance of food, power, economic and environmental safety of Ukraine. [Diversification of production of biofuel – as the basis of maintenance of food, power, economic and environmental safety of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of agrarian science*, 11, 169–176. Retrieved from: http://agrovisnyk.com/pdf/en_2018_11_21.pdf

33. Kaletnik G., Honcharuk, I. (2013) Innovatsiine zabezpechennia rozvytku biopalyvnoi haluzi: svitovyi ta vitchyznianyi dosvid [Innovative support for the development of the biofuel industry: world and national experience]. In *Biznes Inform – Business Inform*, no. 9, pp. 155–160.

34. Kaletnik G. (2018) Production and use of biofuels: Second edition, supplemented: textbook. Vinnytsia: LLC «Nilan-Ltd», 336 p.

35. Kaletnik G., Honcharuk I., Okhota Yu. (2020) The Waste-Free Production Development for the Energy Autonomy Formation of Ukrainian Agricultural Enterprises. *Journal of Environmental Management and Tourism*, vol. XI, Summer, 3(43): 513–522. DOI: [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.3\(43\).02](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.3(43).02)

36. Kaletnik G., Honcharuk I., Yemchuk T., Okhota Yu. (2020) The World Experience in the Regulation of the Land Circulation. *European Journal of Sustainable Development*, no. 9(2), pp. 557–568.

37. Kaletnik G.M., Yanovych V.P. (2017) Substantiation of operating and design parameters of a gyration mill for the production of highly active premixes, *Vibrations in engineering and technology*, 84, no. 1, pp. 15–21.

38. Kaletnik G.M., Zabolotnyi, G.M. Kozlovskiy S.V. (2011) «Innovative models of strategic management economic potential within contemporary economic systems». *Actual Problems of Economics*, vol. 4(118), pp. 11.

39. Kaletnik, G., & Lutkovska, S. (2020) Innovative Environmental Strategy for Sustainable Development. *European Journal of Sustainable Development*, 9(2), 89. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2020.v9n2p89>

40. Kaletnik, G., Shubravska, O., Ibatullin, M., Krysanov, D., Starychenko, Y., Tkachenko, K., Varchenko, O. (2019) Features of Food Security of the Country in Conditions of Economic Instability. *Int. J. Manag. Bus. Res*, 9(4): 176–186.

41. Kantolic A. G. (2007) Development and seed number in indeterminate soybean as affected by timing and duration of exposure to long photoperiods after flowering. *Annals of Botany*, 99, pp. 925–933.

42. Kolesnik, S. (2012) Bacterial fertilizer to optimize nitrogen and phosphorus nutrition soybeans, chickpeas, peas, lentils and commit. *Feed and fodder*. 73:145–151.

43. Kosse, V. Mathew, J. (2017) Design of hammer mills for optimum performance. *Proceeding of the Institution of Mechanical Engineers*, no. 215, pp. 87–94.

44. Kukharchuk V.V., Kazyv S.S., Bykovsky S.A. (2017) Discrete wavelet transformation in spectral analysis of vibration processes at hydropower units, *Przeglad Elektrotechniczny*, 93, no. 5, 65–68.
45. Kukharchuk V.V., Kazyv S.S., Bykovsky S.A. (2017) Discrete wavelet transformation in spectral analysis of vibration processes at hydropower units, *Przeglad Elektrotechniczny*, 93, no. 5, 65–68.
46. Kupchuk I.M., Solona O.V., Derevenko I.A., Tverdokhlib I.V. (2018) Verification of the mathematical model of the energy consumption drive for vibrating disc crusher, *Inmateh – Agricultural Engineering*, 55, no. 2, 111–118.
47. Kupchuk I.M., Solona O.V., Derevenko I.A., Tverdokhlib I.V. (2018) Verification of the mathematical model of the energy consumption drive for vibrating disc crusher, *Inmateh – Agricultural Engineering*, 55, no. 2, 111–118.
48. Li J., Wang E., Chen W., Chen X. (2008) “Genetic diversity and potential for promotion of plant growth detected in nodule endophytic bacteria of soybean grown in Heilongjiang province of China. *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 40, pp. 238–246.
49. Li J., Wang E., Chen W., Chen X. (2008) “Genetic diversity and potential for promotion of plant growth detected in nodule endophytic bacteria of soybean grown in Heilongjiang province of China. *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 40, pp. 238–246.
50. Ma Z. (2001) Impact of row spacing, nitrogen rate, and time on carbon partitioning of switchgrass Z. Ma, C. W. Wood, D. I. Bransby. *Biomass Bioenergy*, no. 20, pp. 413–419.
51. Malchevskaya, E., Mylenkaya, G. (1981) The comments and Animal Husbandry quality forage analysis. Minsk: Harvest, p. 143.
52. Mazur O.V. (2019) Otsinka sortozrazkivsoi za kompleksom tsinnykh hospodarskykh oznak [Estimation of varieties for a set of valuable economic characteristics]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Collection of scientific works of VNAU. Agriculture and Forestry*, 12, 98–115.
53. Mazur V., Didur I., Myalkovsky R., Pantsyрева H., Telekalo N., Tkach O. (2020) The productivity of intensive pea varieties depending on the seeds treatment and foliar fertilizing under conditions of right-bank forest-steppe Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 10(1), pp. 101–105.
54. Mazur V.A., Didur I.M., Pantsyрева H.V., Telekalo N.V. (2018) Energy-economic efficiency of growth of grain-crop cultures in conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 8(4), pp. 26–33.
55. Mazur V.A., Mazur K.V., Pantsyрева H.V. (2019) Influence of the technological aspects growing on quality composition of seed white lupine (*Lupinus albus L.*) in the Forest Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 9, pp. 50–55. URL: <https://www.ujecology.com/archive.html>
56. Mazur V.A., Mazur K.V., Pantsyрева H.V., Alekseev O.O. (2018) Ecological and economic evaluation of varietal resources *Lupinus albus L.* in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 8, pp. 148–153.
57. Mazur V.A., Pantsyрева H.V., Mazur K.V., Didur I.M. (2019) Influence of the assimilation apparatus and productivity of white lupine plants. *Agronomy Research*, 17(X), 206–209. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.19.024>

58. Mazur V.A., Pantsyreva H.V., Mazur K.V., Myalkovsky R.O., Alekseev O.O. (2020) Agroecological prospects of using corn hybrids for biogas production. *Agronomy Research*, 18(1), 177–182.

59. Mazur V.A., Prokopchuk V.M., Pantsyreva H.V. (2018) Pervynne introduktsiine otsiniuvannia dekorativnykh vydiv rodu *Lupinus* v umovakh Podillia. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, t. 28, no. 7, pp. 40–43.

60. Mazur, V. A., & Pantsyreva, H. V. (2017) Vplyv tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia na urozhainist i yakist zerna liupynu biloho v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu. *Sil'ske hospodarstvo i lisivnytstvo*, 7, 27–36.

61. Mazur, V. A., Myalkovsky, R.O., Mazur, K. V., Pantsyreva, H. V., Alekseev, O.O. (2019). Influence of the Photosynthetic Productivity and Seed Productivity of White Lupine Plants. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 665–670.

62. Mazur, V. A., Myalkovsky, R.O., Mazur, K. V., Pantsyreva, H. V., Alekseev, O.O. (2019) Influence of the Photosynthetic Productivity and Seed Productivity of White Lupine Plants. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 665–670.

63. Mazur, V. A., Myalkovsky, R.O., Mazur, K. V., Pantsyreva, H. V., Alekseev, O.O. (2019) Influence of the Photosynthetic Productivity and Seed Productivity of White Lupine Plants. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 665–670.

64. Mazur, V.A., Branitskyi, Y.Y., Pantsyreva, H.V. (2020) Bioenergy and economic efficiency technological methods growing of switchgrass. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2), 8–15.

65. Mazur, V.A., Didur, I.M., Pantsyreva, H.V., & Telekalo, N.V. (2018) Energy-economic efficiency of grain-crop cultures in the conditions of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian J Ecol*, 8(4), 26–33.

66. Mazur, V.A., Didur, I.M., Pantsyreva, H.V., Telekalo, N.V. (2018) Energy-economic efficiency of growth of grain-crop cultures in the conditions of right-bank Forest-Steppe zone of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 8, no. 4, pp. 26–33.

67. Mazur, V.A., Mazur, K.V., Pantsyreva, H.V., Alekseev, O.O. (2018) Ecological and economic evaluation of varietal resources *Lupinus albus* L. in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4), 148–153.

68. Melnychuk, T., Patyka, V. (2011) Microbial preparations bioorganic farming system. Collected articles “Third All-Ukrainian Congress of Ecologists with international participation”. Vinnytsya, tom 2: 423–426.

69. Metodologiya i praktyka vykorystannya mikrobnyx preparativ u tekhnologiyax vyroshhuvannya silskogospodarskyx kultur (2011) [Methodology and practice of microbial drugs use in crop growing technologies] / V. V. Volkogon, A. S. Zaryshnyak, I. V. Grynyk ta in. Kyiv: Agrarna nauka, 153 p.

70. Mohamed Z., El-Sayed S., Radwan T., El-Wahab G. (2009) “Potency evaluation of *Serratiamarcescens* and *Pseudomonas fluorescens* as biocontrol agents for root-knot nematodes in Egypt”. *Journal of Applied Sciences Research*, vol. 4, no. 1, pp. 93–102.

71. Monarkh Veronika Valentynivna, Pantsyreva Hanna Vitaliivna (2019) Stages of the Environmental Risk Assessment. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 484–492. DOI: https://doi.org/10.15421/2019_779

72. Muir J. P. (2001) Biomass production of Alamo switchgrass in response to nitrogen, phosphorus, and row spacing. *J. P. Muir, M. A. Sanderson, W. R. Ocumpaugh at all. Agron J.*, no. 93, pp. 896–901.
73. Naum Raichesberg (2000) Adolphe Quetelet, His Life and Research Activities. Moscow: Elibron Classics, 98 p.
74. Osoro N., Kawaka F., Naluyange V. (2014) “Effects of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [mart.] solms) compost on growth and yield of common beans (*Phaseolus vulgaris*) in Lake Victoria Basin”. *European International Journal of Science and Technology*, vol. 3, no. 7, pp. 173–186.
75. Ovcharuk V.I., Mulyarchuk O.I., Myalkovsky R.O., Bezvikonnyi P.V., Kravchenko V.S., Klymoych N.M. (2019) Parameters of beet plants. *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, no. 1, pp. 70–75.
76. Palamarchuk V., Honcharuk I., Honcharuk T., Telekalo N. (2018) Effect of the elements of corn cultivation the technology on bioethanol production under conditions of the rightbank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 8(3), pp. 47–53.
77. Pantsyryeva H. V. (2019) Perspektyvnist vykorystannia Asteracea L. v ozelenenni zony Podillia. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 29(8), 55–59. DOI: <https://doi.org/10.36930/40290808>
78. Pantsyryeva H.V. (2018) Doslidzhennia sortovykh resursiv travianykh vydiv *Paonia* L. v Ukraini. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 28(8), 74–78. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280815>
79. Pantsyryeva H.V., Myalkovsky R.O., Yasinetska I.A., Prokopchuk V.M. (2020) Productivity and economical appraisal of growing raspberry according to substrate for mulching under the conditions of podilia area in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 10(1), pp. 210–214.
80. Pantsyryeva, H. V., Mykoliuk, O. O., & Semchuk, V. V. (2019) Suchasnyi stan kolektsii pivonii na bazi botanichnoho sadu «Podillia» Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 29(8), 46–50. DOI: <https://doi.org/10.36930/40290806>
81. Pantsyryeva, H. V., Mykoliuk, O. O., & Semchuk, V. V. (2019) Suchasnyi stan kolektsii pivonii na bazi botanichnoho sadu “Podillia” Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(8), 46–50. DOI: <https://doi.org/10.36930/40290806>
82. Pantsyryeva, H. V., Mykoliuk, O. O., & Semchuk, V. V. (2019) Suchasnyi stan kolektsii pivonii na bazi botanichnoho sadu «Podillia» Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 29(8), 46–50. DOI: <https://doi.org/10.36930/40290806>
83. Pantsyryeva, H.V. (2019) Morphological and ecological-biological evaluation of the decorative species of the genus *Lupinus* L. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 74–77.
84. Pantsyryeva, H.V. (2019) Technological aspects of biogas production from organic raw materials. *Bulletin of KhNTUSG them. P. Vasilenko*. Kharkiv, pp. 276–290.
85. Prokopchuk V. M. (2017) Pervynna introduktsiina otsinka sortiv *Antirrhinum Majus* v umovakh biostatsionaru Vinnytskoho natsionalnoho ahrar-

noho universytetu. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, vol. 7, tom 1, pp. 113–120.

86. Rai R. K., Tripathi N., Gautam D., & Singh P. (2017) Exogenous application of etrel and gibberellic acid stimulates physiological growth of late planted sugarcane with short growth period in subtropical India. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(2), 472–486.

87. Razanov S.F., Tkachuk O.P., Mazur V.A., Didur I.M. (2018) Effect of bean perennial plants growing on soil heavy metal concentrations. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(2), 294–300. DOI: https://doi.org/10.15421/2018_341

88. Razanov S.F., Tkachuk O.P., Bakhmat O.M., Razanova A.M. (2020) Reducing danger of heavy metals accumulation in winter wheat grain which is grown after leguminous perennial precursor. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 10(1), pp. 254–260. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_40

89. Razanov S.F., Tkachuk O.P., Mazur V.A., Didur I.M. (2018) Effect of bean perennial plants growing on soil heavy metal concentrations. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 8(2), pp. 294–300. DOI: https://doi.org/10.15421/2018_341

90. Razanov S.F., Tkachuk O.P., Razanova A.M., Bakhmat M.I., Bakhmat O.M. (2020) Intensity of heavy metal accumulation in plants of *Silybum marianum* L. in conditions of field rotation. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 10(2), pp. 131–136. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_75

91. Rohach V.V., Rohach T.I., Kylyvnyk A.M., Polyvanyi S.V., Bayurko N.V., Nikitchenko L.O., Tkachuk O.O., Shevchuk O.A., Hudzevych L.S., Levchuk N.V. (2020) The influence of synthetic growth promoters on morphophysiological characteristics and biological productivity of potato culture. *Modern Phytomorphology*, 14, 111–114.

92. Varchenko O., Krysanov D., Shubravska O., Khakhula L., Gavryk O., Byba V., Honcharuk I. (2020) Supply Chain Strategy in Modernization of State Support Instruments for Small Farms in Ukraine. *International Journal of Supply Chain Management*, vol. 9, no. 1, pp. 536–543.

93. Vdovenko S.A., Prokopchuk V.M., Palamarchuk I.I., Pantsyreva H.V. (2018) Effectiveness of the application of soil milling in the growing of the squash (*Cucurbita pepo* var. *giraumontia*) in the right-bank forest steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4), 1–8.

94. Vdovenko, S.A., Pantsyreva, G.V., Palamarchuk, I.I., & Lytvyniuk, H.V. (2018) Symbiotic potential of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) depending on biological products in agrocoenosis of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian J Ecol*, 8(3), 270–274.

95. Vdovenko, S.A., Prokopchuk, V.M., Palamarchuk, I.I., & Pantsyreva, H.V. (2018) Effectiveness of the application of soil milling in the growing of the squash (*Cucurbita pepo* var. *giraumontia*) in the right-bank forest steppe of Ukraine. *Ukrainian J Ecol*, 8(4), 1–5.

96. Wolters D., Beste A. (2000) Biomasse – umweltfreundlicher Energieträger? *Ökologie und Landbau*, 116, 4, pp. 12–14.

97. Yanovych, V., Honcharuk, T., Honcharuk, I. & Kovalova, K. (2018) Engineering management of vibrating machines for targeted mechanical activation of premix components. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 54(1), 25–32.

98. Yhurber J.A. (1958) Inhibitory effect of gibberellins on nodulation in dwarf beans, *Phaseolus vulgaris*. *Nature*, vol. 181, pp. 1082–1083.

99. Yowling W.A., Buirchell B.J., Tarta M.E. Lupin. *Lupinus L.* (1998) Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 23. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, pp. 112–114.

100. Zhao, H., Cao, H., Ming-Zhen, P., Sun, Y., & Liu, T. (2017) The role of plant growth regulators in a plant aphid parasitoid tritrophic system. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(4), 868–876.

CHAPTER «GEOGRAPHICAL SCIENCES»

LANDSCAPE REPRESENTATIVENESS OF THE NATURE RESERVE FUND OF UKRAINE

ЛАНДШАФТНА РЕПРЕЗЕНТАТИВНІСТЬ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

Volodymyr Hetman¹

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-41>

Abstract. The article provides the functional analysis of the regional distribution of the territory of the Nature Reserve Fund of Ukraine for the optimal conservation and protection of protected landscape diversity. Assessment of the representation of landscapes in the modern network of Nature Reserve Fund is based on natural and biosphere reserves, national nature parks, which has the status of the highest category in accordance with regional physical and geographical areas – natural areas (subzones), provinces (country), landscape divisions. The constant monitoring analysis of the state of representativeness of the nature reserve fund on the basis of geographical criteria is considered relevant and at the same time difficult. The aim of the research was to assess the degree of representativeness of the modern network of biosphere and nature reserves, national nature parks in accordance with the system of physical and geographical zoning of Ukraine. The main method used was the identification and accounting of nature reserves at the levels of physical-geographical regions, provinces, zones and mountainous countries. These physical and geographical ranks are not equally provided by the studied objects. Most biosphere and nature reserves, national nature parks are located in the steppe zone (24) and the Ukrainian Carpathians (15). The highest reserve index (10,4%), which is formed by biosphere and nature reserves, national nature parks, was found for the zone of deciduous forests. Slightly more than a third

¹ Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,
State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Ukraine

(36%) of the physical-geographical provinces are provided with biosphere reserves and reserves. A much higher (80%) degree of representativeness of branches of biosphere and nature reserves, national nature parks has developed at the level of physical and geographical areas. Categorically the most developed and territorially dense regional networks of objects are observed in the Ukrainian Carpathians and Polissya province. Accordingly, most of the biosphere and nature reserves, national nature parks have the following physical and geographical areas of these two natural regions: the Outer Carpathians (8 sites), Polonynsko-Chornohirska (7 sites) and Volyn Polissya (7 sites). In the steppe zone of Ukraine, the highest levels of representativeness of protected landscapes are observed in Starobilsk slope-upland (5 objects) and Lower Dnieper terrace-delta (5 objects) regions. Five regions of the Dniester-Dnieper forest-steppe province do not have biosphere and nature reserves, national nature parks, which indicates the lowest level of representativeness of protected landscapes in the forest-steppe zone of Ukraine.

1. Вступ

Згідно з Законом України “Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України” площа природно-заповідного фонду (ПЗФ) має бути збільшена до 15% до 2020 р. [6, с. 4]. Це завдання мало вирішуватися як розширенням площ уже існуючих територій та об’єктів ПЗФ, так і створенням нових. Ясна річ, що воно у запланований термін не буде виконане. Адже відсоток заповідності в Україні нині складає всього 6,61.

За умови недостатності площі для виконання такого “надзавдання” на перше місце виходить питання репрезентативності мережі природно-заповідних територій та об’єктів. Тобто наскільки вони у своїй сукупності можуть представляти природу збережених і віртуальних (тих, які могли б бути на місці сучасних антропогенних) ландшафтів території їх охоплення (мережі). Оцінка, наперед зазначимо, такої репрезентативності ландшафтів на територіях ПЗФ може здійснюватися перш за все за критерієм еталонності.

Існуюча мережа ПЗФ створювалась переважно для охорони рідкісних рослин і тварин. Однак, якщо виходити з ідеї про те, що в сучасних умовах природно-заповідний фонд має стати ядром екологічного кар-

касу території, то першочерговим завданням стає необхідність збереження ландшафтного різноманіття ПЗФ України.

Метою дослідження було показати актуальність пошуку нових (креативних) шляхів і форм здійснення функціонального аналізу регіонального розподілу територій ПЗФ України задля оптимального збереження та охорони заповідного ландшафтного різноманіття.

Для доведення власних положень було використано аналітичний методологічний прийом (метод аналізу). Також застосовано низку інших методів, зокрема загальнонаукові (логічні); конкретно-наукові.

2. Тракткування поняття ландшафту і ландшафтного різноманіття

Термін “ландшафт” походить від німецького “die Landschaft” і дослівно означає “пейзаж”, чи “краєвид”. Як науковий термін, близький за семантикою до слів “край”, “країна”, його використав ще у 1805 р. вчений Г. Гоммейер. На сьогодні склалася ціла низка синонімів цьому терміну: природно-територіальний комплекс, геокомплекс, геосистема, ландшафтний комплекс тощо. З усіх ознак, властивих ландшафтним комплексам (ЛК), найважливіші: 1) наявність природних компонентів; 2) взаємодія між природними компонентами (яка є земною сутністю ЛК); 3) територіальність (як найважливіша географічна ознака).

Що таке ландшафтне різноманіття? – Дефініція ландшафтного різноманіття має принаймні два аспекти: теоретичний і прагматичний. Визначення сутності ландшафтного різноманіття як історично створеного поєднання інваріантного та варіантного різноманіття достатньо повно й обґрунтовано висвітлено у працях вітчизняних ландшафтознавців (Василенко, 1992; Коржик, 1992, 2001; Гродзинський, Шищенко, 1998; Гродзинський, 1999, 2000; Денисик, 1998; Пашенко, 2000; Гриневецький, 2000).

Водночас справедливо зауважено (Гродзинський, 1999), що поняття “ландшафтне різноманіття” має щонайменше чотири різних тлумачення: традиційно-ландшафтне (геокомплексне), антропічне, біоцентричне та гуманістичне. На основі останнього ґрунтується Європейська ландшафтна конвенція, розроблена Радою Європи. На сьогодні єдина, чітко визначена концепція ландшафтного різноманіття поки що відсутня.

Зважаючи на стоси списаного паперу з цього питання і обмежуючі рамки статті, висловимо максимально коротко власне бачення розглядуваного поняття. Ландшафтне різноманіття – система геокомплексів різної таксономії та генезису і сукупність системних (функціональних) зв'язків між ними, виражених (візуально) природними процесами і явищами.

За розмірністю ландшафтні комплекси бувають трьох масштабних рівнів: планетарні (ландшафтна оболонка, материк); регіональні (пояс, зона, підзона, країна, провінція, або край, область, район) і топологічні, або місцеві – місцевість, урочище, підурочище, фація.

3. Фізико-географічне районування і репрезентативність ландшафтів природно-заповідних територій України

Пізнавальний процес виявлення регіональних ЛК, їх вивчення, наукова систематика та картографування (нанесення на карту меж) називають природно-географічним районуванням. За ступенем систематизації матеріалу виділяють індивідуальне і типологічне природне районування.

Індивідуальні (регіональні) ЛК (райони, місцевості) групуються і виділяються на карті за принципом відносної природно-географічної однорідності в типологічні одиниці районування (вид, рід тощо).

Питанням природно-географічного районування України присвячені наукові роботи В.П. Попова, О.І. Ланька, О.М. Маринича, П.Г. Шищенко, В.М. Пашенка, К.І. Геренчука та інших вчених.

В основу репрезентативності ландшафтного різноманіття на територіях ПЗФ, як було сказано вище, мусимо класти еталонність. Тобто перш за все брати корінні структури ландшафтів. Якщо до уваги приймати корінні зональні рослинні угруповання (фітоценози), то у ПЗФ України їх залишилось близько 16,7%, що дуже мало [18, с. 7].

4. Регіональні ландшафти України та розміщені в їх межах природно-заповідні території

Відповідно до фізико-географічного районування України на її території у зоні змішаних лісів виділяють одну фізико-географічну провінцію (край) і шість фізико-географічних областей; у лісостеповій зоні – чотири провінції і 18 областей; у степовій зоні – сім провінцій і

21 область; в Українських Карпатах – одна провінція і сім областей; в Гірському Криму – одна провінція і три області.

Всього на території України виділяють 14 фізико-географічних провінцій і 57 фізико-географічних областей, 275 фізико-географічних районів, як територіальних (індивідуальних) ландшафтних одиниць, і понад 200 (220) видів ландшафтів, як типологічних ландшафтних одиниць [10, с. 29].

Відповідно до такого нерівнозначного ландшафтного різноманіття нерівномірним є розподіл на території України і її природно-заповідного фонду [7, с. 64].

Найповніше ландшафти представлені у межах природних і біосферних заповідників, національних природних парків як найбільших за площею природно-заповідних категорій високого ступеня заповідання [9, с. 75].

Найбільш представленими у природно-заповідному фонді України є природні ландшафти фізико-географічних гірських країн Українських Карпат (Вододільно-Верховинська ландшафтна область) і Гірського Криму (12,2% і 11,1% відповідно). Далі йде мішано-лісова зона (широколистяні і хвойно-широколистяні ліси – 9% і 7,4%), а також ландшафтні комплекси Західного Поділля. Найменші показники заповідності характерні для лісостепової і степової зон (2,9 % і 3,5 %) [9, с. 76].

Відтак, існуюча територіальна природно-заповідна система, як “зелений” каркас державної екологічної мережі, далеко не відображає оптимальний ступінь репрезентативності ландшафтної організації природного довкілля.

Ландшафтна зона мішаних лісів України (поліських ландшафтів). На Поліссі маємо Черемський, Рівненський, Поліський і Древянський природні заповідники, національні природні парки – Шацький, Ківерцівський “Цуманська Пуща”, “Прип’ять-Стохід”, Нобельський, Дермансько-Мостівський, “Мале Полісся”, Мезинський і “Деснянсько-Старогутський”. У них найбільш представлені такі види ландшафтів як, наприклад, зандрові, моренно-зандрові та алювіальні рівнини з дерново-підзолистими та дерновими глейовими ґрунтами, грабовими суборами і борами.

У лісостеповій зоні, яка займає 34 % території України, природна рослинність зберглася на 16 %, з них 13 % – ліси, 2 % – луки на схи-

лах ярів і балок, 1 % – болота і степи [9, с. 76]. У природних заповідниках: Канівському, “Медобори”, “Розточчя” – представлено 7 видів ландшафтів. Лісостепові території ПЗФ, особливо на Лівобережжі, репрезентують у переважній більшості долинні і заплавні природні азональні комплекси.

У степовій зоні 85% становлять орні землі. Степові природні заповідники: Дніпровсько-Орільський, “Сланецький степ”, відділення Українського степового (“Кам’яні могили”, “Хомутівський степ”, “Крейдяна флора”, “Кальміуське”), Луганського (“Стрільцівський степ”, “Провальський степ”, “Трьохізбенський степ”, “Станично-Луганське”, або “Придінцівська заплава”) – на 10 ізольованих ділянках представляють зональний степовий ландшафт з півночі (заходу) на південний схід.

Загалом, на рівні ландшафтних зон і країв (провінцій) жоден з регіонів не досягає рівня заповідності у 15 %. Однак для фізико-географічних областей ряд регіонів Українських Карпат і Поділля, Присивасько-Приазовська ландшафтна область характеризуються показниками, що перевищують 15%, а то й 25%.

Відповідно до принципу “кожному природно-ландшафтному регіону – один біосферний резерват” нині в Україні біосферними заповідниками забезпечені біогеографічні регіони, як Українські Карпати – Карпатським, Лівобережний рівнинний – “Асканія Нова”, район гирл річок і морського узбережжя – Дунайський і Чорноморський, а також Правобережне Полісся – особливого статусу Чорнобильський радіаційно-екологічний [14, с. 25].

Відтак на сьогодні вже істиною стає **природно-географічний постулат: кожний географічний ландшафт, як унікальна річ земного буття (геореал), повинен бути репрезентований природно-заповідною територією.**

Тепер розглянемо відповідно до схеми фізико-географічного районування (Маринич, Пащенко, Шищенко, 1985) регіональні ландшафти України (зона, підзона, провінція, область) і коротко існуючі в них природно-заповідні території вищого статусу заповідання (природні і біосферні заповідники, національні природні парки).

Зона мішаних лісів. Поліська провінція (край) включає шість ландшафтних областей (Волинське, Житомирське, Київське, Чернігів-

ське, Новгород-Сіверське і Мале Полісся). Основу ландшафтної структури Українського Полісся складають зандрові, моренні і моренно-зандрові рівнини.

На півночі області **Волинського Полісся** значні площі займають заплавні лучно-болотні ландшафти. В центральній і південній частинах представлені денудаційні рівнини з дерново-підзолистими ґрунтами під суборами і сугрудками.

Природні заповідники (ПЗ). **Черемський** – знаходиться на межиріччя Веселухи і Стоходу. Переважають соснові ліси з домінуванням зелених мохів, лишайників, чорниці. **Рівненський** – відзначається високою заболоченістю (найбільші в Україні болотні масиви).

Шацький НПП представляє типові природні ландшафти лісових і лучно-болотних заплав та озерно-зандрових плоско-низовинних рівнин з евтрофними осоковими болотами, суборами і борами. **НПП “Прип’ять-Стохід”** складається з одного великого, витягнутого вздовж заплави р. Прип’ять контуру, а також багатьох дрібних ділянок лісу.

Ківерцівський НПП “Цуманська пуща” представляє збережений лісовий масив межиріччя Стиру і Горині у межах Цуманського фізико-географічного району (ландшафту) [20, с. 133]. Значну частину території **НПП “Нобельський”** займають лісові масиви.

Мале Полісся – переважають мішано-лісові і лісостепові ландшафтні комплекси. **НПП “Дермансько-Острозький”** тягнеться вузькою смугою між Подільською і Волинською височинами, що сприяє формуванню особливо унікальних ландшафтів. У ландшафтній структурі **НПП “Мале Полісся”** поєднуються природно-територіальні комплекси лісового і лісостепового типів [17, с. 143].

Житомирське Полісся. Значне місце посідають зандрові рівнини на кристалічній основі, з дерново-підзолистими ґрунтами, борами і суборами. **Поліський ПЗ** – ландшафти слабо дренажованих рівнин з дерново-підзолистими ґрунтами, суборами і борами. **Древлянський ПЗ** – це смарагдово зелені ліси, з голубими плесами річок та озер, непрохідними болотами.

Київське Полісся. Зандрові та алювіально-зандрові рівнини з дерново-слабопідзолистими ґрунтами, борами і суборами, болотами; на півдні – моренно-зандрова рівнина. **НПП «Голосіївський»** розміщений на межі двох ландшафтних зон – мішаних лісів і лісостепу. **Чорнобиль-**

ський радіаційно-екологічний біосферний заповідник – домінують зандрові та моренно-зандрові рівнини.

Чернігівського Полісся. Моренно-зандрові і зандрові місцевості з дерново-підзолистими ґрунтами. Типові “лесові острови” з ознаками північно-лісостепових ландшафтів [10, с. 56–60]. Територія НПП “Залісся” знаходиться на першій і другій лівобережних терасах річки Десни. Парк становить собою гарний віковий субір.

Новгород-Сіверське Полісся – домінують моренно-зандрові рівнини з дерново-середньопідзолистими ґрунтами. Мезинський НПП простягається вздовж правого берега річки Десни невеликими ділянками (кластерами), представленими лісами, чагарниками, луками, болотами. НПП “Деснянсько-Старогутський” включає ландшафтні комплекси заплави і борової тераси р. Десна, а також Старогутських соснових лісів і боліт.

Лісостепова зона. Західно-Українська лісостепова провінція (край).

Фізико-географічні (ландшафтні) області. Волинське лісостепо-ве Опілля. Ландшафтна структура області характеризується значним поширенням розчленованих лесових височин з сірими і темно-сірими лісовими ґрунтами, залишками похідних грабових дібров.

Розточчя та Опілля. Домінуючими ландшафтами області є розчленовані лесові височини з сірими лісовими ґрунтами під дубово-буковими лісами. У природному заповіднику “Розточчя” представлені розчленовані лесові височини та денудаційні хвилясті рівнини з сірими, темно-сірими лісовими і чорноземними ґрунтами. Особливо характерні буково-дубово-соснові ліси.

Більшість території Яворівського НПП вкрита лісами, які в поєднанні з горбогірним рельєфом створюють своєрідне ландшафтне (пейзажне) різноманіття [16, с. 137]. Галицький НПП розміщений на межі двох природних країн: Українських Карпат (область Передкарпаття) та південно-західної частини Східно-Європейської рівнини [20, с. 537].

Західно-Подільський лісостеп. Ландшафтну структуру області утворюють передусім розчленовані лесові рівнини з чорноземами глибокими та опідзоленими, яружно-балкові та горбогірні місцевості з еродованими сірими ґрунтами. Природний заповідник “Медобори” розміщений переважно в межах Товтрової гряди. Найбільш поширені

дубово-грабові ліси. *НПП “Подільські Товтри* знаходиться у межах Придністровського Поділля [3, с. 56].

Північно-Подільський лісостеп. У ландшафтній структурі виділяється розчленоване горбогір’я з еродованими сірими лісовими ґрунтами, дубово-грабовими і грабовими лісами, суходільними луками. Територія *НПП “Північне Поділля”* належить до фізико-географічних районів Гологор та Вороняків. *НПП “Кременецькі гори”* виділяється своєрідністю геологічної будови, рельєфу, рослинного і тваринного світу, горбогірними місцевостями.

Прут-Дністровський лісостеп. У ландшафтній структурі домінують акумулятивно-денудаційні лесові височини з сірими і темно-сірими лісовими ґрунтами, залишками дубово-грабових, грабових і букових лісів. *НПП “Дністровський каньйон”* – подільський відрізок долини ріки Дністер: неповторні мальовничі ландшафти, величезна кількість ботанічних, геологічних та палеонтологічних пам’яток природи. *НПП “Хотинський”* – крутосхили р. Дністер та пониззя його прасторонніх приток.

Дністровсько-Дніпровська лісостепова провінція (край). У структурі ландшафтів помітні зональні відмінності, що знайшло відображення у територіальному розподілі фізико-географічних областей [10, с. 88].

Фізико-географічні області. Північно-Придніпровський лісостеп. У ландшафтній структурі переважають денудаційні хвилясті лесові рівнини з чорноземами глибокими малогумусними, фрагментами дубових лісів.

Київський височинний лісостеп. Переважаючим видом ландшафтів є розчленовані лесові рівнини з чорноземами типовими та опідзоленими. У *Канівському ПЗ* представлені лесові рівнини і сильно розчленовані височини та їх схили з гляціодислокаціями на юрсько-крейдовій основі, з ярами і балками, з світло-сірими лісовими ґрунтами під грабовими дібровами.

Лісостепова частина *НПП «Голосіївський»* включає ділянки широколистяного лісу, надзаплавну терасу Дніпра, вкриту переважно сосновими та сосново-дубовими лісами, та лісо-болотний комплекс в долині р. Віта.

Придністровсько-Подільський лісостеп. Основними ландшафтами області є лесові височини і схили з сірими лісовими ґрунтами

та опідзоленими чорноземами. **Подільсько-Побужський лісостеп.** У ландшафтній структурі домінують природно-антропогенні комплекси – хвилясті розчленовані лесові височини з ярами і балками, врізаними до кристалічних порід, дубово-грабовими і грабовими лісами. **Центрально-Придніпровський височинний лісостеп.** У доагрикультурний період панували лучні та остепнені луки. Серед сучасних ландшафтів переважають розчленовані горбисті лесові рівнини з чорноземами опідзоленими і темно-сірими лісовими ґрунтами.

Південно-Подільський височинний лісостеп. У ландшафтній структурі області переважають височинні рівнини з чорноземами глибокими малогумусними, залишками лісів з дуба скельного і звичайного. Територія **НПП “Кармелюкове Поділля”** розташована в межах південної частини Піщансько-Савранського фізико-географічного району. Характерна досить складна ландшафтна структура.

Південно-Придніпровський височинний лісостеп. У доагрикультурному ландшафті панували лучні степи. Були поширені дубові ліси на чорноземах опідзолених і дубово-грабові на сірих лісових ґрунтах.

Лівобережно-Дніпровська лісостепова провінція (край). Фізико-географічні області. Північно-Дніпровський терасово-рівнинний лісостеп. Основним видом ландшафтів є терасові мало дреновані рівнини з чорноземами глибокими, лучно-чорноземними ґрунтами, плямами солонців і солончаків. **Ічнянський НПП.** Основні (зональні) ЛК північного лісостепу (змішані ліси, лучні степи) поєднуються з азональними (заплавні луки, низинні болота). **НПП “Пирятинський”.** Корінні природні ландшафти відсутні. Залишається відкритим питання, якими вони були тут у доісторичну епоху. **НПП «Білоозерський»** належить до Процівсько-Ліплявського фізико-географічного району (ландшафту).

Південно-дніпровський терасово-рівнинний лісостеп. На вищому гіпсометричному рівні знаходяться лесові терасові рівнини з потужними мало гумусними чорноземами, лучно-чорноземними солонцюватими ґрунтами із залишками злаково-різнотравних степів. **НПП “Нижньосульський”** – еталон українського ландшафту у вигляді заплавних лук і зарослих очеретом боліт, з тихими водними плесами нижньої течії річки Сула [3, с. 126].

Північно-Полтавський лісостеп. Фоновими ландшафтами є лучно-степові (розчленовані лесові рівнини з чорноземами глибокими

маго гумусними і опідзоленими). У *природному заповіднику “Михайлівська цілина”* представлені ландшафти розчленованих і пологохвилястих лесових рівнин з чорноземами глибокими мало- і середньо гумусними, дібровами [10, с. 114].

Гетьманський НПП розміщений на межі трьох ландшафтних областей (Північно- і Південно-Полтавський лісостеп, Сумський височинний лісостеп). До ландшафтної області Північно-Полтавського лісостепу віднесено долинно-річкові ландшафтні комплекси чарівної у нижній течії річки Боромлі.

Південно-Полтавський лісостеп. У ландшафтній структурі фон створюють лучно-степові ландшафти. Фрагментарно поширені широколистяно-лісові ЛК. *Гетьманський НПП* представляє долинно-річкові ЛК чарівної річки Ворскли.

Середньоросійська лісостепова провінція (край). Фізико-географічні області. Сумський височинний лісостеп. У ландшафтній структурі домінують ландшафти височин та їх схилів з сірими і темно-сірими лісовими ґрунтами, дібровами, ярами і балками. *Гетьманський НПП* – височинні і схиліві ландшафти з сірими і темно-сірими лісовими ґрунтами, ярами і балками.

Харківський височинний лісостеп. У морфологічній структурі ландшафтної області переважають сильно розчленовані, останцево-горбисті, лесові височини з типовими малогумусними чорноземами, сірими лісовими ґрунтами, з залишками кленово-липових дібров [10, с. 120].

Ландшафти *НПП “Слобожанський”* представлені широкими плакорними плато, які гармонійно поєднуються з елементами річкових долин. *НПП “Гомільшанські ліси”* включає плато корінного правого берега Сіверського Дінця, заплаву та борову тераси лівого берега річки. *НПП “Дворічанський”* знаходиться на межі двох природних зон – лісостепу і степу, межею яких тут є р. Оскіл.

Степова зона. Північностепова підзона. Дністровсько-Дніпровська північностепова провінція. Ландшафтну структуру визначають ландшафти розчленованих схилів лесових височин з чорноземами звичайними середньогумусними.

Фізико-географічні області. Степові відроги Центральномодавської височини. Найбільш характерні ландшафтні особливості –

значний розвиток ерозійних долинно-балкових і яружних місцевостей, висока еродованість межиріч.

Степові відроги Подільської височини. Основні природні особливості – паралельне простягання річкових долин, їх значна ширина і коритоподібна форма.

Степові відроги Придніпровської височини. У ландшафтній структурі домінують місцевості – височин при вододілах, горбисті і хвилясті; схилів, ерозійні і скелясті; яружно-балкові і долинно-балкові.

Природний заповідник “Єланецький степ” становить собою яружно-балковий комплекс. Характерною ознакою ландшафту є виходи вапняків, котрі місцями утворюють досить високі і круті стінки. **НПП “Великий Луг”** за рельєфом – низинна, положисто хвиляста лесова рівнина на півночі придніпровського лівобережжя Причорноморської низовини.

Територія **НПП “Бузький Гард”** знаходиться на межі Подільської і Придніпровської височин. Національний парк охоплює каньйон річкової долини Південного Бугу від с. Мигія до смт Олександрівка, а також каньйоноподібні допливи.

Лівобережно-Дніпровсько-Приазовська північностепова провінція. У ландшафтній структурі **фізико-географічні області Орільсько-Конський низовинний степ** видне місце займають вододільно-рівнинні, терасові та заплавні, долинно-балкові, яружно-балкові і схилів місцевості.

У **Дніпровсько-Орільському ПЗ** представлені ландшафти заплави і першої надзаплатної тераси Дніпра, сильно розчленованих схилів лесових височин з чорноземами звичайними малогумусними.

Приазовський височинний степ. Виділяються місцевості: останцеві привододільні, привододільні хвилясті, яружно-балкові, придолинні ерозійно-схилів, терасово-річкові і заплавні [13, с. 83]. Територія **відділення Українського степового природного заповідника “Кам’яні могили”** – сильно розчленована височина з чорноземами звичайними мало гумусними, ярами і балками, врізаними в кристалічні породи.

Приазовський низовинний степ. Окрім привододільних, ерозійно-балкових, придолинно-схилів, терасно-річкових і заплавних, тут розвинуті місцевості морських терас, абразійно-яружно-зсувних приморських схилів [13, с. 85; 20, с. 539].

Відділення Українського степового природного заповідника “Хомутівський степ”. Представлені лесові рівнини з чорноземами звичайними мало гумусними і міцелярними в поєднанні з лучно-чорноземними і дерновими. НПП “Меотида” представлений розгалуженою мережею проток, гирл, озер, лиманів, заток; прирусловими і прибережними масивами, лагунами, косами.

Донецька північностепова провінція. Ландшафтна структура фізико-географічні області Степові західні відроги Донецької височини включає вододільно-міжрічкові, яружно-балкові, балково-долинні, схиліві, надзаплавно-терасові і заплавні місцевості. НПП “Святі Гори” репрезентує схилово-височинні ландшафти з крейдяними відслоненнями на корінних схилах Сіверського Дінця.

Донецький височинний степ. Виразне місце у морфологічній структурі ландшафтів області становлять долинно-балкові місцевості, незначне – заплавні [10, с. 150–151].

У відділенні Луганського степового природного заповідника “Провальський степ” представлені крупногрядові сильно розчленовані височини з чорноземами і дерновими щебенюватими ґрунтами на альювії щільних, карбонатних і безкарбонатних порід.

Задонецько-Донська північностепова провінція. Фізико-географічні області. Старобільський степ. Домінують слабо розчленовані місцевості високих лесових терас декількох рівнів з чорноземами звичайними середньо і мало гумусними, а також місцевості борових терас.

У відділенні Луганського степового природного заповідника “Стрільцівський степ” представлені сильно розчленовані схили лесових височин і височинні рівнини з чорноземами звичайними малогумусними, з ярами і балками. Станично-Луганське відділення (“Придінцівська заплава”) представляє ландшафти заплави і першої надзапlavної тераси Сіверського Дінця, сильно розчленованих схилів лесових височин.

НПП “Святі Гори” репрезентує ландшафти заплави і першої надзапlavної тераси лівого берега р. Сіверський Донець. НПП “Дворічанський” включає заплаву р. Оскіл, яка є екотоном між лісостепом і степом у межах парку.

Середньостепова підзона. Причорноморська середньостепова провінція. Фізико-географічні області. Задністрівський низо-

винний степ становить собою акумулятивну приморську рівнину. Ландшафтні місцевості: привододільних рівнин, долинно-балкових, придунайських терасових, дунайських заплавних і дунайських дельтово-плавневих [20, с. 487].

У *Дунайському біосферному заповіднику* представлені піщано-лесові рівнини з дерновими ґрунтами і чорноземними слабогумусованими ґрунтами; приморські ландшафти лиманно-морських солончакових рівнин [10, с. 156]. *НПП “Тузовські лимани”* виділяється чергуванням суходільних степових місцевостей з акваторіальними [3, с. 189].

Дніпровсько-Бузький низовинний степ. Ландшафтно-морфологічну структуру складають урочища привододільних рівнин з чорноземами південними мало гумусними на лесовидних суглинках, урочища делювіально-схилових межиріч [10, с. 157].

Бузько-Дніпровський низовинний степ. Значні обшири займають западинно-подові плакори. Вдovж річок широкими полосами тягнуться ерозійно-балкові місцевості. На схилах тераси Дніпра та балок і прилеглих ділянках плакору території *НПП “Кам’янська Січ”* широко представлені цілинні ділянки типчаково-ковилових степів.

Дніпровсько-Молочанський низовинний степ. У ландшафтній структурі області провідну роль відіграють лесові рівнини з чорноземами південними мало гумусними.

Степові південно-західні схили Приазовської височини. У ландшафтній структурі представлені середньостепові аналоги всіх місцевостей північних Приазовських степів – від височинних останцево-вододільних до приморських [10, с. 163–164]. *Приазовський НПП* включає доволі різноманітні ландшафтні комплекси: приморські коси, узбережжя, значні за площею суходільні ділянки у заплавах річок, плакорні наземні ділянки та ін.

Сухостепова (південностепова) підзона. Причорноморсько-Приазовська сухостепова провінція. Фізико-географічній області Приморського низовинного степу властиві два види ландшафтів: лесові рівнини з чорноземами південними солонцюватими в комплексі з темно-каштановими солонцюватими ґрунтами і слабо дреновані лесові рівнини з подами.

Ландшафтна структура **Нижньодніпровського терасово-дельтового степу (Олешія)** – це терасові піщано-лесові рівнини з тем-

но-каштановими і каштановими ґрунтами; терасові і давньодельтові горбисті піщані рівнини з дубово-березовими і березовими колками; заплавні та остепнені луки [10, с. 168–169]. У *Чорноморському біосферному заповіднику* представлені піщано-лесові рівнини з дерновими ґрунтами і чорноземними слабогумусованими ґрунтами; приморські ландшафти лиманно-морських солончакових рівнин, коси і острови.

НПП “Олешківські піски” представляє унікальний ландшафт псамофітних різнотравно-дернинно-злакових степів, піщаних дюн (кучугур) та листяних гайків у міжкучугурних зниженнях. *НПП “Нижньодніпровський”* включає типові та рідкісні угруповання заплавних лісів, боліт, лук, піщаних **степів**, степових схилів річкової долини та балок.

Для ландшафтної структури *НПП “Білобережжя Святослава”* характерні заплавні, терасові та давньодельтові горбисті піщані та приморські берегові галогенні рівнини. Територія *НПП “Джарилгач”* за генезисом (коса-острів) є типовою акумулятивною формою берегового рельєфу [3, с. 201].

У ландшафтній структурі *Присивасько-Приазовського низовинного степу* головну роль відіграють лесові слабо дреновані рівнини з темно-каштановими і каштановими солонцюватими ґрунтами [10, с. 170–173].

У *біосферному заповіднику “Асканія-Нова” ім. Ф.Е. Фальц-Фейна* представлені слабо дреновані лесові рівнини з чорноземами південними солонцюватими. Територія *Приазовського НПП* включає різноманітні ЛК: приморські коси, узбережжя, значні за площею суходільні ділянки у заплавах річок, плакорні наземні ділянки тощо. *Азово-Сиваський НПП* представлений переважно піщано-лесовими рівнинами з дерновими і чорноземними слабо гумусними ґрунтами.

Кримська степова провінція. У ландшафтній структурі **фізико-географічної області Кримсько-Присиваський низовинний степ** переважають лагунно-прибережні напівпустелі на каштанових і лучних солонцюватих ґрунтах, пересипи, коси. *Азово-Сиваський НПП* представлений островами з слаборозвиненими дерново-чорноземними солончакуватими ґрунтами і солончаками [3, с. 214].

Ландшафтні особливості **Тарханкутського височинного степу** – підняття вододільних місцевостей, хвилястий рельєф, м’який клімат

тощо [10, с. 176–178]. НПП “Чарівна гавань” репрезентує типові та унікальні, степові і приморські природні комплекси північно-західно-го узбережжя Чорного моря.

У ландшафтній структурі Центрально-Кримського низовинного степу переважають ландшафти лесових рівнин з чорноземами мало гумусними карбонатними [10, с. 178].

Керченський горбистий степ морфологічно виглядає як пасмо-во-горбиста рівнина [5, с. 345].

Казантипський ПЗ (мис Казантип). Зовнішня частина мису має вигляд кам’янистого підвищення. Берегова лінія помережана гротами. Опукський ПЗ включає гору Опук – плосковершинне ландшафтне підняття, складене рифовими вапняками, з терасами на схилах, урвищами.

Карпатська гірська фізико-географічна країна. Українські Карпати поділяються на п’ять ландшафтних областей (Передкарпаття, область Зовнішніх Карпат, Вододільно-Верховинська область, Полонинсько-Чорногірська область, область Вулканічних Карпат, Закарпатська низовинна область) [20, с. 421].

Передкарпаття. У ландшафтній структурі переважають низько терасові слабо дренавані рівнини з глейовими дерновими і дерново-підзолистими поверхнево-оглеєними ґрунтами, дубовими і дубово-грабовими лісами; високо терасові рівнини з дерновими опідзоленими ґрунтами [11, с. 156].

Для території Галицького НПП на правобережжі Дністра характерні ландшафти терасованих межиріч рік Лімниця і Бистриця [20, с. 456]. У межах Передкарпаття розміщена передгірна частина НПП “Гуцульщина” (Покутське Передкарпаття). Виділяють індивідуальні ландшафти: Запрутський, Косівський, Печеніжинський, Слобода Рунгурський і Ославський [12, с. 161–168].

Зовнішні Карпати. Переважають низько- і середньогірні ландшафти. Виділяють підобласті: Бескидсько-Горганську і Покутсько-Буковинські Карпати.

Своєрідні і різноманітні ландшафтні комплекси ПЗ “Горгани”. (кам’яні розсипища – куруми, з сосною кедровою). Значну частину НПП “Бойківщина” займають лісові масиви, переважно з ялиці білої, мереки. НПП “Сколівські Бескиди” – середньогірні сильно розчлено-

вані ландшафти з смерековими, смереково-ялицево-буковими і ялицево-смереково-буковими лісами [16, с. 139].

У межах ландшафтів Горган розміщена частина території НПП “Синевир”. Це Зовнішні, або Привододільні Горгани. У ландшафтній підобласті Зовнішніх Карпат (Скибові Карпати) знаходиться північна територія Карпатського НПП. Найбільшу площу займає місцевість крутосхилового лісистого середньогір'я [8, с. 91–94]. За А. Мельником (1999), гірська частина НПП “Гуцульщина” знаходиться у межах Низькогірно-скибової і Середньогірно-скибової обласей Гірськокарпатського округу. Національний природний парк “Синьогора” створено задля збереження, відтворення і рекреаційного використання типових та унікальних ландшафтних комплексів гірського масиву Горган.

НПП “Вижницький” розташований у ландшафтній підобласті Буковинських Карпат, на Берегометському низькогір'ї. Ландшафтне різноманіття парку визначається належністю до басейнів річок Черемош та Сірет.

Вододільно-Верховинські Карпати. У межах Воловецько-Міжгірської верховини (Міжгірського та Синевирського ландшафтів) знаходиться частина НПП “Синевир”. Це верхня частина водозбору р. Теремби з озером Синевир. До цієї ландшафтної області відноситься східна частина Ужанського НПП [19, с. 81–82]. Тут збереглися високопродуктивні яворові бучини, буково-ялицеві ліси та праліси. В області знаходиться середня частина Карпатського НПП – частина району Верховинсько-Путильського низькогір'я. Тут виділяють дві ландшафтні місцевості – пологосхилове низькогір'я і терасованих річкових долин.

Полонинсько-Чорногірські Карпати. Свидовецько-Чорногірська ділянка Карпатського біосферного заповідника. Живописні місцевості гірських ущелин мають особливу естетичну красу в долині р. Чорна Тиса (від Ясині до Рахова), у верхів'ях р. Біла Тиса. На території Лужансько-Угольської ділянки заповідника зберігаються найбільші в Європі залишки унікальних букових пралісів.

У Чорногірській підобласті Полонинсько-Чорногірських Карпат Карпатський НПП займає частину Свидовецько-Чорногірського району [8, с. 91–94]. Характерне поєднання середньогірської крутосхи-

лової лісистой місцевості, полонинських субальпійських і альпійських місцевостей.

НПП “Верховинський” знаходиться на основному вододілі Українських Карпат і охоплює найвищі вершини Чивчино-Гринявських гір. Включає Верховинське пониження і частково Чорногірський хребет. До Полонинсько-Чорногірської ландшафтної області (район Полони-ни Рівної) відноситься західна і центральна частини Ужанського НПП (середньогірні ландшафти) [19, с. 78].

Рахівсько-Чивчинські Карпати є частиною Марамороського масиву. Марамороський вид ландшафтів складає “карпатське високогір’я». Тут знаходиться Марамороська ділянка Карпатського біосферного заповідника. Рахівсько-Кузійська ділянка заповідника заходить на територію Росошківського ландшафту, який у рельєфі представлений поєднанням міжрічкових плакорів з крутосхиловим низькогір’ям.

НПП “Верховинський” частково включає гори Чивчини. Більша частина Чивчинського хребта входить до заповідної зони парку. НПП “Черемоський” складається з трьох основних масивів: Яровицько-Чорнодільський, Максимецький, Ракова-Шурдин [4, с. 29–36].

У ландшафтному відношенні Вулканічні Карпати представлені низькогірними і середньогірними ландшафтами з дубово-буковими і буковими лісами на буроземних ґрунтах. НПП “Зачарований край” знаходиться у межах вулканічних ландшафтів (хр. Великий Діл), на схилах г. Бужори.

Закарпатська низовина. Переважають ландшафти низькотерасових слабо дренажних рівнин з дубовими і чорновільховими лісами, вторинними остепненими луками. В області Карпатський біосферний заповідник включає ділянки згаслих вулканів, нині заказників заповідника – “Юлівська гора” і “Чорна гора”, а також “Долину нарцисів” – ділянку заплави р. Хустець.

Кримська гірська фізико-географічна країна. У ландшафтному відношенні тут виділяють три фізико-географічні області.

Передгірський лісостеп. У ландшафтній структурі переважають куестові виположені гряди; куестові розчленовані гряди під дубовими лісами і лучними степами; куестові розчленовані гряди з коричневими щепенуватими ґрунтами, шибляковими заростями, грабінниковими дібровами.

Головна гірсько-лучно-лісова гряда. В області розміщені *природні заповідники*: Кримський, Ялтинський гірсько-лісовий, Карадазький. Значну площу *Кримського ПЗ* займають ландшафтні комплекси степові, лучні і томілярів. *Ялтинський гірсько-лісовий ПЗ* – ландшафтні комплекси степові, лучні і томілярів. *Карадазький природний заповідник* – гірсько-лучно-лісові ландшафти.

Кримське південнобережне субсередземномор'я. Своєрідності ландшафтам області надають вулканічні низькогір'я з коричневими щебенюватими ґрунтами, ксерофітними розрідженими ялівцево-грабинниковими та дубовими лісами, які найповніше представлені у *Карадазькому ПЗ*. У *ПЗ “Мис Мартян”* переважають пухнастодубові ліси та рідколісся.

6. Висновки

Надзвичайно багате ландшафтне різноманіття територій природно-заповідного фонду України представлене як гірськими так і рівнинними ландшафтними комплексами.

Аналіз ландшафтно-регіонального розподілу природно-заповідних територій найкраще здійснювати на основі існуючої схеми фізико-географічного (природного) районування території України.

Нерівномірний (випадковий) і слабо репрезентований розподіл природно-заповідних територій України відповідно до схеми її фізико-географічного районування на сьогодні є негативною особливістю мережі ПЗФ. Тобто спостерігається явна незональна представленість ландшафтного і біотичного різноманіття в природоохоронних об'єктах фізико-географічних регіонів.

Найскладніша ситуація через малу частку заповідності на даний час склалася у центральному правобережжі Дніпра, в середньому степу, у степового Криму. Південна частина степової зони представлена в мережі природоохоронних територій слабо. Відповідно, ці регіони потребують найбільшої природоохоронної уваги і турботи.

Особливості сучасного територіального розподілу теренів ПЗФ слід враховувати у природоохоронному плануванні (створенні і розширенні таких теренів).

Список літератури:

1. Гетьман В.І. Про природно-ландшафтознавче районування. *Наук. зап. Нац. ун-ту "Києво-Могилянська академія". Біологія та екологія*. Київ : Видавничий дім "Києво-Могилянська академія", 2006. Т. 54. С. 63–66.
2. Гетьман В.І. Екологічні субстанції: закономірності, ландшафти, рельєф : навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2014. 71 с.
3. Гетьман В.І. Національні природні парки Лісостепу і Степу України. Київ : Талком, 2020. 283 с.
4. Гетьман В.І. Українські Карпати і Полісся у національних природних парках. Київ : Талком, 2020. 215 с., з ілюстраціями.
5. Гродзинський М.Д. Ландшафтна екологія : підручник. Київ : Знання, 2014. 550 с.
6. Закон України "Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України" від 21 грудня 2010 р. № 2818-VI. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>
7. Іваненко Є.І. Аналіз розміщення природно-заповідного фонду України: підхід, стан, проблеми. *Український географічний журнал*. 2013. № 3. С. 64–69.
8. Карпатський національний природний парк / за редакцією Приходька М.М., Киселюка О.І., Яворського А.І. Івано-Франківськ : Фоліант, 2009. 672 с.
9. Клімов О.В., Подоба І.М. *Представленість ландшафтів у природно-заповідному фонді*. Ландшафтогенез – 2000: філософія і географія. Проблеми постнекласичних методологій: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 1996. С. 75–77.
10. Маринич А.М., Пащенко В.М., Шищенко П.Г. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районування. Киев : Наукова думка, 1985. 224 с.
11. Мельник А.В. Українські Карпати: еколого-ландшафтознавчі дослідження. Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 1999. 286 с.
12. Національний природний парк "Гуцульщина" / В.В. Пророчук та ін.; за ред. В.В. Пророчука. Львів : НВФ "Карти і Атласи", 2013. 408 с.
13. Пащенко В.М. О дифференциации ландшафтов Северо-Степного Приазовья. *Физ. география и геоморфология*. 1979. Вып. 21. С. 79–88.
14. Попович С.Ю. Скільки нам ще потрібно заповідників і національних парків? або Значення природно-заповідного фонду в формуванні національної екомережі України. *Рідна природа*. 2001. № 1. С. 23–26.
15. Попович С.Ю. Природно-заповідна справа : навчальний посібник. Київ : Арістей, 2007. 480 с.
16. Природа Львівської області / за ред. К.І. Геренчука. Вид-во Львів. ун-ту, 1972. 151 с.
17. Природа Хмельницької області / под ред. К.И. Геренчука. Львов : Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1980. 152 с.
18. Удра І.Х., Батова Н.І. Біогеографічна оцінка репрезентативності природно-заповідних територій України в контексті розбудови екомережі. *Заповідна справа в Україні*. 2004. Т. 10. Вип. 1–2. С. 5–13.

19. Ужанський національний природний парк. Поліфункціональне значення / за ред. С.М. Стойка. Львів, 2007. 306 с.

20. Физико-географическое районирование Украинской ССР / под ред. В.П. Попова, А.М. Маринича, А.И. Ланько. Киев : Изд-во Киев ун-та, 1968. 683 с.

References:

1. Hetman V.I. (2006). Pro pryrodno-landshaftoznavche raionuvannia [About natural and landscape zoning]. *Sciences Notes Nat. University. "Kyiv-Mohyla Academy". Biology and ecology*. Kyiv: Kyiv-Mohyla Academy Publishing House, vol. 54, pp. 63–66. (in Ukrainian)

2. Hetman V.I. (2014). Ekolohichni substantsii: zakonomirnosti, landshafty, relief: navch. posibnyk [Ecological substances: patterns, landscapes, relief: textbook. manual]. Kyiv: Kyiv University Publishing and Printing Center, 71 p. (in Ukrainian)

3. Hetman V.I. (2020). Natsionalni pryrodni parky Lisostepu i Stepu Ukrainy [National natural parks of the forest-steppe and steppe of Ukraine]. Kyiv: Talcom, 283 p. (in Ukrainian)

4. Hetman V.I. (2020). Ukrainski Karpaty i Polissia u natsionalnykh pryrodnykh parkakh [Ukrainian Carpathians and Polissya in national nature parks]. Kyiv: Talcom, 215 p., with illustrations. (in Ukrainian)

5. Grodzynsky M.D. (2014). Landshaftna ekolohiia: pidruchnyk [Landscape ecology: a textbook]. Kyiv: Znannia, 550 p. (in Ukrainian)

6. Zakon Ukrainy “Pro osnovni zasady (stratehiiu) derzhavnoi ekolohichnoi polityky Ukrainy” vid 21 hrudnia 2010 r, no. 2818-VI [Law of Ukraine “On Basic Principles (Strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine” of December 21, 2010 № 2818-VI]. Available at: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2818-17> (in Ukrainian)

7. Ivanenko E.I. (2013). Analiz rozmishchennia pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy: pidkhid, stan, problemy [Analysis of the location of the nature reserve fund of Ukraine: approach, condition, problems]. *Ukrainian Geographical Journal*, no. 3, pp. 64–69.

8. Prykhdoko M.M., Kiselyuk O.I., Yavorsky A.I. (ed.) (2009). Karpatskyi natsionalnyi pryrodnyi park [Carpathian National Nature Park]. Ivano-Frankivsk: Foliant, 672 p. (in Ukrainian)

9. Klimov O.V., Podoba I.M. (1996). Predstavlenist landshaftiv u pryrodno-zapovidnomu fondi [Representation of landscapes in the nature reserve fund of Ukraine]. *Landscape genesis – 2000: philosophy and geography. Problems of post-classical methodologies: abstracts of reports of the international scientific-practical conference*. Kyiv, pp. 75–77. (in Ukrainian)

10. Marynych A.M., Pashchenko V.M., Shyshchenko P.G. (1985). Priroda Ukrainskoy SSR. Landshafty i fiziko-geograficheskoe rajonuvannya [The nature of the Ukrainian SSR. Landscapes and physical-geographical zoning]. Kiev: Naukova Dumka, 224 p. (in Ukrainian)

11. Melnyk A.V. (1999). Ukrainski Karpaty: ekoloheo-landshaftoznavchi doslidzhennia [Ukrainian Carpathians: ecological and landscape studies]. Lviv: Lviv un-ty, 286 p. (in Ukrainian)
12. Prorochuk V.V. etc. (2013). Natsionalnyi pryrodnyi park "Hutsulshchyna" [National Nature Park «Hutsulshchyna»]. Lviv: NVF «Maps and Atlases», 408 p. (in Ukrainian)
13. Pashchenko V.M. (1979). O differentsiatsii landshaftov Severo-Stepnogo Priazovya [About differentiation of landscapes of North-Steppe Azov]. *Physical geography and geomorphology*, vol. 21, p. 79–88. (in Ukrainian)
14. Popovych S.Y. (2001). Skilky nam shche potribno zapovidnykiv i natsionalnykh parkiv? abo Znachennia pryrodno-zapovidnoho fondu v formuvanni natsionalnoi ekomerezhi Ukrainy [How much more do we still need reserves and national parks? or The value of the nature reserve fund in the formation of the national econet of Ukraine]. *Native nature*, no. 1, pp. 23–26. (in Ukrainian)
15. Popovych S.Y. (2007). Pryrodno-zapovidna sprava: navchalnyi posibnyk [Nature reserve business: a textbook]. Kyiv: Aristei, 480 p. (in Ukrainian)
16. Gerenchuk K.I. (ed.) (1972). Pryroda Lvivskoi oblasti [Nature of the Lviv region]. Lviv: Lviv Publishing House. un-ty, 151 p. (in Ukrainian)
17. Gerenchuk K.I. (ed.) (1980). Pryroda Khmelnytskoi oblasti [Nature of the Khmelnytsky region]. Lviv: Vyshcha shkola. Publishing house near Lviv. un-ty, 152 p. (in Ukrainian)
18. Udra I.H., Batova N.I. (2004). Bioheohrafichna otsinka reprezentatyvnosti pryrodno-zapovidnykh terytorii Ukrainy v konteksti rozbudovy ekomerezhi [Biogeographical assessment of the representativeness of nature reserves of Ukraine in the context of eco-network development]. *Protected area in Ukraine*, vol. 10, pp. 5–13. (in Ukrainian)
19. Stoiko S.M. (ed.) (2007). Uzhanskyi natsionalnyi pryrodnyi park. Polifunktsionalne znachennia [Uzhansky National Nature Park. Polyfunctional value]. Lviv, 306 p. (in Ukrainian)
20. Popova V.P., Marynych A.M., Lanko A.I. (ed.) (1968). Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie Ukrainyskoy SSR [Physical-geographical districts of the Ukrainian SSR]. Kyiv: Publishing house of Kyiv un-ty, 683 p. (in Ukrainian)

CHAPTER «SOCIOLOGICAL SCIENCES»

SLACTIVISM IN UKRAINIAN INTERNET PRACTICES

СЛАКТИВІЗМ В УКРАЇНСЬКИХ ІНТЕРНЕТ ПРАКТИКАХ

Romana Myshok¹

Larysa Klymanska²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-42>

Abstract. This work is devoted to the study of the concept of «slactivism» in Ukrainian and foreign scientific discourse. The main purpose of this work was to clarify the directions of interpretation of slactivism and the definition of characteristics to identify its manifestations in the practices of Internet users, including Ukrainian citizens. As a result of the analysis of scientific works two directions of slactivism research were defined: positive and negative. At the heart of this opinions polarization is the consideration by scientists of the results of users behavior and its impact on the regulation of socio-political problems of society. It has been found that slactivism is a form of behavior of Internet users that not have or do not have a significant impact on the regulation of socially important issues. Slactivism on the scale of socio-political Internet behavior was located in the middle between activity (effective behavior) and passivity (inaction). Activities on the Internet in the framework of this form of socio-political Internet behavior are defined as simple and uncomplicated, in particular, «likes», reposts, subscriptions to events on social networks, watching videos and other. In order to structure these manifestations of behavior, the forms of slactivism were analyzed: clictivism, charitable slactivism, political slactivism and sympathy slactivism. In the context of this typology, another form of slactivism has been added, which is associated with Internet

¹ PhD student of the Department of Sociology and Social Work, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

² Doctor of Political Science, Professor, Professor of the Department of Sociology and Social Work, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

communication – communicative slactivism. In order to solve the tasks of the study were identified the indicators that allow to interpret slactivism in the behavior of Internet users, as well as to distinguish it from activity on the Internet. Such characteristics are: resource provision of online behavior; legitimacy of behavior on the Internet; the presence of the goal and the level of its achievement; level of civic culture and digital literacy; motivation to behave on the Internet; solidarity of online behavior; the identity of the user who exhibits the behavior; the specifics of the reward for the behavior; availability of an Internet campaign to mobilize citizens; the degree of risk of behavior on the Internet. Existing studies in Ukraine that directly related to or were related to the issue of slactivism were analyzed. It was found that the issue of slactivism is practically not considered in the Ukrainian scientific discourse, there is no theoretical and practical basis for the proper definition of this phenomenon in the context of the Ukrainian virtual space.

1. Вступ

Зі стрімким розвитком сучасних інформаційних технологій посилюється їхній вплив на життя людини, громади, суспільства. Тому дослідження ролі сучасних інформаційних технологій у життєдіяльності суспільства стають все більш актуальними та необхідними.

Ще з початку існування інтернету науковці зазначали не тільки плюси розвитку таких технологій, але й активно піддавали критиці їхнє всебічне та надактивне застосування. Якщо колись інтернет та інші технології ніби вклинювались в життя людини, то сучасні покоління зростають в їхньому середовищі, не уявляючи вже життя без них. Зараз, різноманіття інформаційно-комунікативних технологій дозволяє їм відігравати роль практично у будь-якій сфері суспільних взаємин. Відповідно такі тенденції впливають на особливості життєдіяльності людей, надаючи доступ до великого спектру практик, що раніше складно реалізовувались або ж не були доступні взагалі.

На найбільшу увагу заслуговують, ймовірно, практики інтернет-поведінки соціально-політичного спрямування. Адже такі практики можуть відігравати суттєву роль у розвитку громадянського суспільства. Науковці доволі критично сьогодні оцінюють потенціал такої поведінки. З одного боку, наголошується на ефективності застосування сучасних інформаційних технологій у соціально-політичному

житті. Застосування інституціоналізованих інструментів електронної демократії, миттєвого поширення інформації, дозволяють пересічному громадянину брати участь в державотворчих процесах, бути активним у здійсненні інтернет-поведінки.

З іншого боку, застосування інтернет-технологій для таких цілей створює ситуацію, в якій така інтернет-поведінка громадян не просто не вносить позитивних результатів, але й шкодить традиційним формам громадянської активності. Таку поведінку в науковому дискурсі називають слактивізмом.

В Україні питанням соціально-політичної інтернет-поведінки, конкретніше її активної формою, займається широке коло соціологів, політологів, науковців в галузі економічних наук. Проте питання слактивізму залишається практично поза межами уваги вчених. Серед невеликого числа українських дослідників можна назвати політологів А. Янченка, Ю. Кокарчу, Т. Хлівнюк, які розглядали слактивізм в ракурсі політичної участі, та соціолога О. Гудзенко, яка проаналізувала слактивізм як форму соціальної активності. А. Матійчик, М. Мордовець у своїх дисертаційних дослідженнях хоч і побіжно, але використовували термін «слактивізм» для позначення негативної сторони політичного активізму онлайн. Детальнішого теоретико-прикладного розгляду набуло це питання серед іноземних науковців, зокрема в працях російських дослідників В. Триньової, С. Ушкіна, які досліджували соціальний аспект слактивізму, і, зокрема, в працях: М. Фостера, Е. Хенесі, Б. Бланкеншіп, А. Стюарта, Г. Крістенсен, М. Батлер, Е. Чоу, Д. Хсу, Е. Ернон, М. Скоріка. Є. Морозова, С. Ві, К. Джонс. Однозначною перевагою напрацювань цих науковців є те, що більшість з них підкріплюють теоретичні висновки практичними дослідженнями. Ці дослідження будуть корисними для трактування поняття «слактивізм», але їхній тематичний та регіональний характер не дозволяє повністю перенести висновки цих досліджень в контекст українського віртуального середовища.

Тому мету цієї роботи можна сформулювати так: в результаті аналізу наукової літератури визначити напрямки дослідження поняття «слактивізм», з'ясувати статус таких досліджень в українській науці та виокремити індикатори, які допоможуть виявляти поведінку слактивіста.

Основними матеріалами у нашій роботі будуть наукові публікації дослідників, присвячені проблемам слактивізму, емпіричні дослідження, які торкаються цього поняття або онлайн-поведінки в цілому. Відповідно, будуть використовуватися загальнонаукові методи аналізу, синтезу, порівняння.

2. Напрямки дослідження слактивізму

Поняття слактивізму уживається в сучасному українському науковому дискурсі, але воно є концептуально невизначеним і немає такої поширеності та глибини вивчення як у закордонних дослідженнях. Тому, щоб з'ясувати, яку ж роль слактивізм відіграє в українських соціально-політичних процесах, потрібно вивчити іноземний досвід дослідження цього феномену.

Етимологія поняття є такою ж невизначеною та неоднозначною, як і його зміст. Фактом є те, що термін утворений зі слів «slacker», що в перекладі з англійської мови означає «нероба», «ледар» і «activism», що означає «активізм». Тобто слактивізм дослівно перекладається як «ледачий активізм». Але саме походження терміну ще обговорюється. Хоча в багатьох працях зазначається, що уперше це поняття використав Ф. Кларк у 1995 році в серії семінарів, проведених разом з Д. Озардом. Існує також думка, що слактивізм став заміником терміну «мікроактивізм». Однак першим, хто детально та аргументовано проаналізував слактивізм став американський дослідник сучасних засобів масової комунікації Є. Морозов.

Аналіз невеликої кількості української наукової літератури та більш ширшої бази іноземних праць стосовно визначення слактивізму дозволяє зробити висновок про існування двох напрямів у трактуванні цього поняття: позитивного та негативного.

Розглядаючи слактивізм в негативному плані, багато науковців називають його безглуздими актами участі (Шульман, Хіндман, Батлер), імітацією чи пасивною формою політичної участі (Мордовець, Баранов, Гудзенко, Матійчук), інтелектуальною пасткою (Ушкин). Класичним визначенням слактивізму в цьому напрямку є трактування Є. Морозова, а усі інші визначення є похідними від нього: проста діяльність, яка не впливає на соціально-політичні результати в реальному житті, а лише сприяє посиленню почуття задоволення від

поведінки та створює ілюзію причетності до соціально-політичних процесів [27].

Варто також зауважити, що слактивізм сьогодні розглядається лише як поведінка в інтернеті. Однак є дослідники, які зазначають про його офлайн форми: носіння політичних повідомлень у різних формах на тілі або на транспортному засобі (носіння футболки, приклеювання стікерів на авто), участь у короткочасних бойкотах, таких як День нічого не купувати або Година Землі [19; 14]. Очевидно, що така поведінка є достатньо простою і незначною, проте вона все ж програє онлайн діяльності, оскільки діяльність в інтернеті є ще менш затратною, через що слактивізм й асоціюють переважно з поведінкою онлайн. Власне основна критика слактивізму якраз полягає в тому, що через реалізацію невеличких актів діяльності в інтернеті, які до того ж є достатньо простими та невитратними, користувач не просто не впливає на регулювання проблеми в суспільстві, але й взагалі не хоче проявляти реальні форми громадянської активності.

Такі висновки можна зробити, зокрема, після перегляду дослідження американського соціолога К. Левіса. Він зі своїми колегами аналізували роль онлайн активності у формуванні соціальних рухів та соціальній мобілізації людей. В цьому дослідженні аналізувалася база даних щодо кількості пожертвувань на користь проблеми Дарфурського конфлікту та учасників спільнот, створених у соціальних мережах для висвітлення інформації щодо конфлікту. К. Левіс і його колеги дійшли висновку, що роль Інтернет-технологій у подоланні цієї соціальної проблеми не була значною, не зважаючи на велику чисельність учасників груп у соціальних мережах [25].

Слід зауважити, що деякі науковці, критики інформаційно-комунікативних технологій, схильні вважати онлайн поведінку взагалі неефективною задля вирішення соціально-політичних проблем. По-суті, якщо брати до уваги негативний підхід, вся діяльність в інтернеті є слактивізмом. Однак безліч інших науковців схильні оцінювати цю тезу як суперечливу, однобоку і надто узагальнену. В умовах діджиталізації суспільства онлайн практики стали невід'ємною частиною життя людини, а в часи пандемії інтернет-технології виявилися справжнім «рятівним кругом» для багатьох сфер життєдіяльності та

процесів демократизації й формування громадянського суспільства зокрема.

Такий підхід характеризує позитивний напрямок оцінок поведінки в інтернеті. Прихильники такого підходу до трактування слактивізму доводять, що здійснення простих і швидких дій в інтернеті спроможне досягнути поставлених цілей задля регулювання соціальної проблеми (М. Фостер, І. Хенессі, Б. Бланкеншіп, Е. Стюарт, С. Ві, К. Джонс). Прикладом такого роду підходу можна вважати дослідження колективу психологів М. Фостер, І. Хенессі, Б. Бланкеншіп і Е. Стюарт. Науковці виявили, що поведінка в інтернеті сприяє просуванню проблеми на публічні арени. Коли люди намагаються повідомити інших, що «певний стан речей є неприйнятним і його можна змінити», вони беруть участь у мобілізації консенсусу. В розумінні науковців мобілізація консенсусу є необхідним першим кроком у процесі участі. В інтернеті існує «інформаційна активність», яка стимулює більшу міру залученості: збирання та розповсюдження інформації, солідаризація, а потім допомога протестувальникам та вплив на думку інших. У такий спосіб еволюціонували різні кампанії в соціальних мережах. Як приклад, дослідники наводять глобальний хештег #MeToo, який привернув увагу та зібрав підтримку на користь жертв сексуального насильства [21].

Крім того, науковці довели користь позитивних почуттів під час здійснення простих актів поведінки в інтернеті. Такі прості дії та хороше відчуття після їх здійснення сприяли намірам брати участь у майбутніх колективних діях із застосуванням уже більших зусиль. Цей висновок надає емпіричну підтримку тезі про потенціал використання соціальних медіа для реалізації соціальних змін.

Іншим прикладом ефективного інформаційного активізму є дослідження команди американських вчених П. Барберо, Н. Ванга, Дж. Наглера та інших, які займались вивченням віртуальної поведінки користувачів в рамках антиурядових протестів в Стамбулі в травні 2013 року та акції «Об'єднані за глобальні зміни», що відбулась 12 травня 2012 року. Емпіричними даними для дослідників були продукти діяльності людей в одній із соціальних мереж «Твіттер»: повідомлення, пости із зазначеними географічними координатами та репости. Науковці в результаті аналізу даних з'ясували, що,

не зважаючи на велику кількість слактивістів – людей, які фізично не були присутніми на акціях, їхня роль була важливою в контексті поширення інформації, у зв'язку з чим налічувалась велика кількість безпосередніх учасників протестів [15]. Тобто, в розумінні цих науковців користь, хоч і непряма, від такої онлайн-поведінки прослідковується.

Досліджуючи слактивізм, британська вчена К. Джонс на прикладі практик поширення соціальних відео намагалась дійти до остаточного висновку щодо його вектору. Побудувавши гіпотези на основі протилежних позицій дослідників слактивізму, які зазначали, що люди: а) здійснюючи поведінку в інтернеті ніяк не впливають на свій саморозвиток і на регулювання проблеми; б) здійснюючи поведінку в інтернеті, починають цікавитися проблемою, в результаті чого, чим більша їхня активність, тим більша зацікавленість в подальших діях. Дослідниця на власних емпіричних даних довела, що якщо наслідки діяльності слактивістів зводяться до нуля, тоді поширення відео в соціальних мережах не можна вважати слактивізмом. К. Джонс з'ясувала, що люди, котрі поширювали соціальні ролики, були вмотивовані дізнатися більше про проблему та про подальшу взаємодію задля досягнення поставленої мети [23].

Ще одним аргументом на користь позитивної ролі слактивізму є дослідження Д. Ротмана та ін. [30], які визначають його як «низько ризикову, недорогу діяльність через соціальні медіа, мета якої – підвищити обізнаність, викликати зміни або задовольнити особу, яка займається цією діяльністю». Тут визначальною характеристикою «слактивізму» називають те, що він є низько ризиковим та дешевим і, на відміну від визначення Є. Морозова, визнають, що слактивістська діяльність не повинна мати нульового впливу.

Отже, на противагу негативному підходу, прихильники визначення слактивізму у напрямку позитивної орієнтації розглядають його як необхідний вид колективної дії, новий цифровий інструмент, що надає та розширює можливості політичної участі і який виступає в ролі мотиваційного компонента політичної активності. Тобто, така інтернет-поведінка не може повністю замінити реальні практики громадянської активності, проте, вона слугує потужним механізмом для розвитку громадянського суспільства та державотворчих процесів в країні.

3. Онлайн активність і слактивізм: межі понять

В рамках нашого дослідження важливо дати відповідь на два питання. Перше – *Яка діяльність в інтернеті вважається слактивізмом, а яка активізмом?* і, враховуючи думки прихильників позитивного напрямку трактування слактивізму як діяльності, що може передувати активним діям, друге питання – *За яких умов відбувається трансформація онлайн поведінки із слактивізму в активізм?*

Практично всі науковці, що займаються вивченням слактивізму, згадують про складнощі розмежування активізму та слактивізму. Тим не менше, можна назвати роботи, де розмежовуються ці два поняття.

К. Крістоферсон та ін. визначають дії, які дозволяють людям демонструвати свою підтримку з невеликими витратами (наприклад, лайк на сторінці у Facebook) як «символічну підтримку», а внески, що вимагають значних витрат/зусиль/зміни поведінки з відчутним позитивним впливом на проблему (наприклад, пожертвування грошей) як «значущу підтримку». Тоді «символічну підтримку» можна вважати відповідником слактивізму, а «значущу підтримку» – відповідником онлайн активізму [24].

Е. Гарріс концептуалізує слактивістські дії як такі, що потрапляють у спектр ситуацій, деь посередині між активістами, ефективними діями та пасивними, відстороненими користувачами [22].

Варто врахувати і те, що більшість досліджень онлайн-поведінки носять локальний і/або тематичний характер. Погоджуємося із пропозицією дослідника Кванг-Сака, [14, с. 95] який пропонує слактивізм визначати лише локально, замість того, щоб розробляти загальне визначення з негативним відтінком. Таке уточнення пов'язано з тим, що в деяких випадках інтернет-кампанії могли бути ефективними, а в деяких ні. Кожна ситуація є специфічною і невідомо, які фактори можуть додатково впливати на поведінку користувача чи на її трансформацію (ментальність, рівень політичної культури, розвиток інформаційної інфраструктури тощо). Користь аналізу таких локальних кампаній полягає в тому, що вони можуть сприяти розробці механізмів для підвищення успішності інтернет-кампаній та підвищення активності громадян.

Для того, щоб розмежувати названі форми онлайн поведінки, варто розглянути особливості активної поведінки в інтернеті. Фінський нау-

ковець Г. Крістенсен стверджує, що соціально-політична активна віртуальна поведінка може включати електронні версії традиційних форм участі, таких як електронне та онлайн-голосування або онлайн-підписання петицій [19].

Українська соціологиня Н. Бойко активістами називає користувачів, які здійснюють в інтернеті наступні дії: цільово отримують соціально-політичну інформацію, формально та неформально онлайн взаємодіють з державними органами, недержавними та міжнародними організаціями (застосовують е-послуги, е-запити та інші інструменти електронної демократії), неформально спілкуються в мережі з питань громадянсько-політичної проблематики; шукають однодумців, ініціюють та підтримують соціально-громадянські заходи; здійснюють суспільний контроль за діяльністю державних установ, чиновників та посадовців (е-звіти, е-бюджет тощо) [1, с. 63].

Це дозволяє зробити висновок, що однією з основних відмінностей, за якою можна буде відрізнити активну інтернет-поведінку від слактивізму, є інституалізований характер першої. Існування інструментів електронної демократії легітимізує безліч форм онлайн-поведінки, а отже відбувається взаємодія громадянина з державою, а, відтак, наслідки такої діяльності регулюють соціально-політичні питання. Ще одним можливим впливом інтернету на соціально-політичну участь є посилення традиційної участі шляхом полегшення розповсюдження інформації про заходи та події серед широкої громадськості та полегшення координації діяльності активістів (мобілізація консенсусу – Р.М., Л.К.).

Однак тут варто враховувати й інші фактори впливу, оскільки існування можливостей для прояву поведінки онлайн ще не є гарантом активності громадян.

Проблеми мобілізації і активізації громадськості та чинників, що впливають на ці процеси завжди були актуальними для представників соціальних і поведінкових наук. Пояснити причини солідаризації і колективізації дії намагалися різні соціологічні теорії.

Російський соціолог С. Ушкін визначає низку теоретичних підходів (в західній та російській соціології), які пояснюють, яким чином сучасні інформаційні технології, зокрема й інтернет, впливають на віртуальну мережеву активність громадян. Це теорія «розумного натовпу»

(Г. Рейнгольд), теорія мінімізації витрат (К. Ширки, А. Невесенко), теорія мереж і потоків (М. Кастельс), теорія солідаризації та соціального перформансу (І. Ксенофонта), теорія слактивізму (Е. Морозов, З. Бауман) [12].

На думку Г. Рейнгольда, сучасні вдосконалені технології масової комунікації та інформації можуть дуже швидко збирати великі натовпи людей та синхронізувати їхні дії. У віртуальному середовищі, за словами американського соціолога, фіксують децентралізований характер соціальних зв'язків. Люди схильні до взаємної допомоги один одному, а для того, щоб щось зробити, їм не потрібна централізована влада, і це породжує нові можливості об'єднання для опору владним інститутам. Найбільш очевидна тіньова сторона мережевої співпраці полягає у втраті приватності через принципову відкритість інформаційного суспільства. Цілком ймовірно, що саме ця обставина є одним з найбільш значущих чинників стримування активності [10].

З точки зору теорії мінімізації витрат з появою нових онлайн-інструментів люди можуть вступати у взаємодію для вирішення проблем без попередніх часових, фінансових, емоційних та інших витрат. Ефективність групової роботи підвищується, оскільки механізми примусу заміщуються уваленнями про особисту вигоду учасників взаємодії. Громадський тиск за допомогою нових засобів масової комунікації та інформації може виступати в якості самостійного методу впливу на прийняття державних, політичних і управлінських рішень.

Представник цієї теорії К. Ширки впевнений, що сьогодні в світі фіксується когнітивний надлишок, тому люди здатні до нових об'єднань і творчих форм самовираження, особливо в віртуальному середовищі [31].

Інша представниця цієї теорії Є. Невесенко виокремлює комплекс способів, які можуть сприяти розвитку громадської активності. Перший спосіб – мотивація діяльності винагородою. Вигодою може бути придбання і розвиток здібностей, корисних у подальшій трудовій діяльності; зміцнення соціального статусу; розширення кругозору; розвиток креативних і творчих здібностей; розширення кола спілкування, встановлення корисних зв'язків, знайомство з корисними людьми; матеріальна винагорода; цікаве і корисне дозвілля. Другий спосіб – використання затребуваних в сучасному суспільстві джерел

масової інформації та комунікації (соціальні мережі, блоги, форуми і т.д.) для встановлення і підтримання взаємодії і патернів громадянського активізму [6].

За М. Кастельсом, основною причиною мобілізації значної частини людей виступили соціальні мережі та мобільні засоби зв'язку, які створили простір автономії для вільного обміну інформацією та спільного переживання почуттів обурення і надії. Соціальні мережі виступили інструментом підтримки нового типу політичної участі, в основі якої стоять горизонтальні зв'язки, політична автономія, неформальні лідери і спонтанна солідарність [3].

Якраз солідарність, на думку І. Ксенофонтової, є не тільки основним двигуном активних дій, а й принципово новим феноменом, що володіє специфічними характеристиками простору і часу, формами прояву і специфічними способами діяльності [5]. Дослідниця акцентує свою увагу на особливостях віртуальної солідарності, характерних для сучасного суспільства і здатних привести до соціального перфомансу.

По-перше, солідарність виникає на підставі емоційної спільності, опосередкованої інтенсифікованим інформаційним обміном; по-друге, солідарність виступає як диспозиція до виходу на інший рівень (наприклад, на рівень суспільних рухів); по-третє, вона прямо не пов'язана з активними діями; іноді солідарність виражається в мовчазному приєднанні до віртуальних спільнот або у віртуальному схваленні (слактивізм, який передує активізму – Р.М.); по-четверте, солідарність стає основою створення віртуальних спільнот, що не мають стійких зв'язків або будь-яких кордонів; в той же час в спільнотах виділяється ядро (група активістів), яке передбачає посилені внутрішньо групові зв'язки і глибшу зануреність у діяльність. І. Ксенофонтова зазначає, що ключову роль у формуванні солідарності грає протиставлення бінарних позицій (перш за все «ми-вони»). Дослідниця виділяє дві категорії солідарності: позитивна солідарність (солідарність «за») і негативна солідарність (солідарність «проти»).

Базовим постулатом теорії слактивізму є те, що віртуальне середовище – це свого роду інтелектуальна пастка, в якій формуються принципи участі, але як такої реальної участі не відбувається. В кінцевому результаті соціальні медіа та мережі є міражем демократичних інститутів вираження свободи слова та волевиявлення.

Громадянську участь в епоху інтернету можна класифікувати трьома способами: поведінка, яка можлива лише в інтернеті; поведінка, яка можлива лише офлайн; та офлайн-діяльність, яку можна здійснювати в інтернеті [16]. Тобто з цієї точки зору інтернет-поведінка не лише є доповненням до реальних практик громадянської активності, але й дозволяє здійснювати поведінку, яка була з певних причин недоступною чи неможливою у фізичному світі (хактивізм, доступ до е-декларацій, е-голосування тощо).

Поведінка в інтернеті достатньо різноманітна і її також можна класифікувати за різними критеріями. Беручи до уваги саме критерій рівня активності користувачів у вирішенні соціально-політичних проблем, то, підтримуючи думку Е. Гарріса, інтернет-поведінку трактуємо як таку, що може існувати в трьох формах: активна, пасивна і слактивізм.

Слактивізм в цій типології займає проміжну позицію між активністю та пасивністю користувачів, між інтернет-поведінкою, яка має вагомий вплив на регулювання соціально-політичних питань та поведінкою, що не має ніяких суспільно важливих результатів [28, с. 47]. Слактивізмом може вважатися поведінка, яка в непрямий спосіб в силу впливу різних чинників сприяє або не сприяє вирішенню соціально-політичних проблем. Якщо пасивність – це бездіяльність у соціально-політичній сфері, то слактивізм – це завжди діяльність користувачів, навіть якщо і мінімальна та незначна. Г. Крістенсен стверджує, що слід відрізнити слактивізм від інтернет-пустощів, завуальованих у політичному маскуванні. Незважаючи на те, що сагира є дійсним політичним інструментом, дії слактивістів також не слід плутати з діями, які не мають іншої мети, крім розваги. Таку поведінку можна називати пасивною, якщо враховувати її мету та ефективність в процесі вирішення соціально-політичних проблем [19].

Тому і важливо на окремих прикладах розглядати особливості онлайн-практик громадян для того, аби була можливість глибоко дослідити усі фактори впливу на поведінку: особистісні характеристики користувачів, наявність та продуманість інтернет-кампанії, розвиток інформаційно-технологічної сфери в країні чи соціально-політичну ситуацію в суспільстві тощо.

Варто врахувати і той факт, що специфіка та рівень здійснення поведінкових актів слактивістів також різняться. Тому існують різні форми слактивізму, основними з яких є [11, с. 149]:

1) **Кліктивізм (clicktivism)** – користувачеві потрібно лише «клікнути» на потрібну кнопку щоб продемонструвати своє вподобання/невподобання чи позицію стосовно конкретної події чи явища. Соціальні мережі надають швидкий і простий спосіб продемонструвати підтримку тієї чи іншої організації. Відповідно про успішність проєкту свідчить кількість лайків. Більше лайків – більша популярність. Відзначення в соціальних мережах про зацікавленість чи відвідини якоїсь події, але не фізична присутність на ній – це теж прояв кліктивізму.

2) **Благодійний слактивізм.** До такого виду слактивізму можна віднести статуси в соціальних мережах на підтримку будь-якої справи з закликами приєднатися, репости публікацій благодійних організацій або розміщення інформації щодо проханням про допомогу в оточуючих людей.

3) **Політичний слактивізм.** До такого виду слактивізму можна віднести підписання будь-яких онлайн-петицій (однак, враховуючи статус інструменту е-петицій в різних державах, вони можуть розглядатися і як активна інтернет-поведінка), підписки на сторінки органів державної влади, окремих політичних діячів, перегляд політичних відео.

4) **Співчуваючий слактивізм.** До такого виду слактивізму можна віднести «лайки» і «репости» різних публікацій, які описують лиха в країні, в місті, в селищі тощо. Часто в соціальних мережах можна спостерігати як активні користувачі змінюють фото свого профілю – «аватару», на траурне зображення (чорний квадрат, свічка тощо), що уособлює акт співчуття.

Пропонуємо до цієї класифікації ще додати п'ятий пункт, який буде стосуватися інтернет-комунікації користувачів. Така комунікація також містить в собі нескладні акти інформаційного обміну. Назвемо цю форму онлайн поведінки **комунікативний слактивізм**. Сюди можемо віднести інтернет-коментування, хейт, «тролінг» і меми. Мем як сучасна одиниця інформаційного обміну в деяких ситуаціях може сприяти регулюванню соціально-політичних проблем. На цьому наголошує американська дослідниця С. Ві [32], яка на прикладі саме інтернет-мемів показує як слактивізм може сприяти вирішенню проблеми. Дослідниця розглянула ситуацію, коли вірусна природа мему дозволила ефективно розповсюдити необхідну інформацію стосовно важливої проблеми і тим самим привернути до неї неабияку увагу. Ситуація

стосувалась логотипу Кампанії з прав людини щодо шлюбної рівності у 2013 році. Спочатку організатори кампанії закликали людей просто змінювати свої «аватари» на офіційний логотип – червоний квадрат з двома паралельними рожевими прямокутниками посередині. Простота і зрозумілість логотипу сподобалась користувачам інтернету настільки, що вони почали його модифікувати. Формування інтернет-мемів починаються саме з модифікації початкового об'єкту. Так і відбулося в цій ситуації, де поєднання символічності оригінального зображення з популярними картинками в жартівливому тоні, дозволила кампанія збільшити свої масштаби. Популярність логотипу та похідних від нього мемів дійшла до того, що великі корпорації на своїх сторінках формували свої варіанти. Таким чином великі організації не лише передавали свою позицію та підтримку кампанії з прав людини, але й розповсюджували тим самим інформацію, зашифровану в символізмі інтернет-мема. Результатом цієї кампанії стало посилення уваги користувачів до проблеми одностатевих шлюбів. Менш ніж за 48 годин понад 100 000 людей підписали петицію на підтримку одностатевих шлюбів.

С. Ві робить висновок, що коли мему переходять від проявів індивідуальної ідентичності на рівень рухів, тобто колективної ідентичності, вони отримують силу впливати на тривалі матеріальні зміни у світі. Зміни можуть бути незначними, але для посилення обізнаності про проблеми мему підходять якнайкраще. Дійсно, сила інтернет-мемів полягає в їх здатності привертати увагу до проблем та причин.

Залишається невизначеним поняття «флешмобу» в онлайн середовищі. І тут ситуація виявляється схожою із мемом. Це поняття неможливо віднести до якогось одного табору, оскільки важливими є саме результати флешмобу, а в деяких ситуаціях флешмоб-кампанія так, як і мем-кампанія, може бути малоефективним явищем, зовсім не впливовим щодо врегулювання назрілої проблеми.

Цікавою в теоретичному плані виявляється проблема причин того, чому люди не хочуть діяти активно, а здійснюють лише невеликі поведінкові акти.

В інтернеті з його можливостями у блискавичному розповсюдженні інформації, можна швидко сформувати групу і відносно швидко отримати велику кількість учасників. Часто, коли користувач бачить велику

чисельність групи в соціальній мережі, то прояви його поведінки залишаються на рівні приєднання до спільноти. М. Скорик пояснює таку малоефективну поведінку ефектом Рінгельмана, за логікою якого існує тенденція окремих членів групи ставати менш продуктивними (або взагалі непродуктивними) у міру збільшення розміру групи.

Теорія М. Олсона «Логіка колективної дії» [8] пояснює таку поведінку детальніше. В основі теорії лежить поняття колективного блага, яке досягається багатьма людьми, і яке, в результаті, стає доступним для всіх. Залежно від величини групи ціль у формі колективного блага стає все складніше досягнути. В малих групах груповий тиск та відчуття ваги особистісного вкладу мобілізує людей діяти. В середніх групах, благо досягається за рахунок привілейованої меншості, якій настільки важливо його досягнення, що представники цієї меншості готові працювати за себе і за інших, і це можливо через невелику чисельність групи. Найскладніше з великими групами, які складаються з незнайомих між собою людей. М. Олсон стверджує, що якщо внесок в колективну боротьбу за благо є мізерним, то люди намагатимуться його не робити. Тому у великих групах відсоток людей, які справді щось роблять є досить маленьким. Якщо розглянути цю теорію у віртуальному середовищі, то можемо побачити, що багато інтернет-кампаній виявляються неефективними в плані регулювання соціальних проблем, не зважаючи на велику чисельність віртуальних спільнот.

М. Олсон називає три способи досягнення мобілізації людей до дії, які можна екстраполювати і на віртуальну мобілізацію. По-перше, дослідник вважає, що дієвою є обіцянка додаткового блага на додачу до загального колективного. По-друге, використовувати метод квазі-добровільності – коли ніби добровільні внески є обов'язковими для кожного члена групи. М. Олсон, досліджуючи поведінку членів профспілок, з'ясував, що всі учасники були згодні зробити добровільні внески обов'язковими і таким чином мотивувати платити усіх, зрівнявши усіх до однакових умов. По-третє, апелювати до цінностей людини, і тоді вона сама буде зацікавлена діяти. Це водночас найдієвіший метод, але й найскладніший, оскільки важко управляти поведінкою великої групи, яка містить в собі людей з неоднаковими цінностями.

Американсько-китайський колектив дослідників Е. Чу, Д. Хсу, Е. Хернон на прикладі електронної обіцянки визначили, що для того

аби поведінка людини набула активного характеру та з можливістю її втілення в реальному житті, потрібно правильно організувати механізм отримання електронної обіцянки. Дослідники зазначали, що використання соціальних мереж сучасними організаціями для просування та регулювання соціальних проблем є неефективними через невміння самих організацій налаштувати користувачів на дії. Відповідно простого запиту на участь в якійсь події є недостатньо. Дослідники, здійснивши власні експерименти, з'ясували, що для того, аби змінити кліктивізм (форму слактивізму) на активну поведінку варто сам факт погодження на участь підкріпити ще й певними психологічними маніпуляціями. Зробити це можна за рахунок підвищення почуття громадської самосвідомості. Громадська самосвідомість – це стан, коли люди зосереджуються на враженнях, які вони справляють на інших, виходячи зі своєї поведінки та зовнішнього вигляду. У такому стані люди спостерігають за своєю поведінкою з позицій інших і шукають суспільного схвалення. У свою чергу, суспільна самосвідомість викликає більшу відповідальність і веде людей діяти відповідно до сприйнятих суспільних норм та особистих стандартів. Так, наприклад, коли користувач збирається відповісти на запрошення стосовно якоїсь події, він під час цього перебуває перед веб-камерою з іншими людьми, які потенційно дивляться стрічку веб-камери [18].

Іншим ефективнішим, на думку науковців, методом впливу на користувачів в процесі електронної обіцянки є прохання людей взяти на себе зобов'язання, підписавшись власним іменем та іменем когось важливого для них. По суті, електронні «заставадівці» ніби присвячують свої зусилля іншій особі, яку вони включили в обіцянку. Таке електронне зобов'язання може підвищити психологічну відповідальність – люди реагують краще, коли мають намір пояснити свої дії другові, ніж випадковому незнайомцю. Крім того, було виявлено, що почуття соціального нагляду, досягнуте завдяки реальній чи уявній присутності інших під час дій, сприяє громадській самосвідомості.

Американські науковці Н. Кабрера, Ш. Матіас та Р. Монтойя, досліджуючи особливості студентського активізму, стверджують, що онлайн-діяльність – це інструмент, який має потенціал об'єднати

колектив і може бути використаний для тиску на владу в разі потреби. Велика проблема онлайн-поведінки в тому, що поведінка здійснюється лише в інтернеті і не має фактичного зв'язку з особами, спільнотами чи організаціями, які реально можуть сприяти соціальним змінам. Дослідники визначили передумови які, є важливими для здійснення саме онлайн-активізму [17]:

– активізм передбачає цільовий, стійкий зв'язок із більшим колективом;

– активізм передбачає розвиток та реалізацію сили, тобто здійснення простої дії, наприклад, клікання кнопки «лайк» має бути лише початком для подальшої діяльності;

– активізм передбачає відмову від власних інтересів на користь групових, суспільних. Прояви слактивізму М. Скорік пояснює тим, що користувач створює в інтернет-середовищі ідентичність, створює собі імідж людини, якою хотів б бути в реальному житті однак не може витратити великі зусилля на це. За рахунок нескладних дій в інтернеті користувач може сформувати певний образ активіста, наприклад, аби вразити друзів. Тобто користувача не хвилює регулювання соціальної проблеми, його цікавить лише своя особиста вигода від такої діяльності [14, с. 85];

– активність повинна передбачати ступінь ризику, і користувачі мають відчувати цей ризик, бо тоді важливість поведінки посилюється. При слактивізмі навпаки, простота, незначимість поведінки та анонімність в інтернет-середовищі створює для користувачів відчуття безпеки;

– активізм повинен керуватися баченням того, як виглядає суспільний прогрес – поведінка в інтернеті не має бути бездумною. Посилаючись на ідеї З. Баумана стосовно природи сучасного суспільства, український соціальний філософ А. Новохатько причини слактивізму вбачає в несформованості орієнтирів людей. Динамічність, полікультурність та глобальність сучасного суспільства вганяє особистість в стан розгубленості та невизначеності. В свою чергу людина починає шукати власний шлях, проявляючи бездумні та безладні дії [7, с. 99];

– надія є основою активізму. Але це не те саме, що оптимізм. Оптимізм втілює роль глядача, який досліджує докази, щоб зробити висновок, що все стане на краще. Однак коли відомо, що докази виглядають

погано, надія реалізує позицію учасника, який активно бореться з доказами. У цьому формулюванні надія є основою для створення бачення суспільного прогресу. Однак взаємозв'язок між надією та слактивізмом не такий чіткий, оскільки це не просто протилежність активізму. Наприклад, людина може мати надію, вживати заходів, але не матиме зв'язку з більшим колективом, і може бути залучена до слактивізму. Таким чином, наявність надії не обов'язково означає наявність активності, але за відсутності надії немає активності.

Дж. Лівінгтон пропонує п'ять порад для активізації користувачів [26]:

1. Потрібно перестати думати про користувачів інтернету як про слактивістів, як про лінивих людей. Це нормально, коли початкова діяльність людини не є дуже активною. Не потрібно одразу на таких людей ставити клеймо слактивістів, адже надалі їхня діяльність може змінитися. Якщо їх називати лінивими, то так вони і будуть поводитись.

2. Організації повинні мати хороші ресурси та стратегії для скерування людей до все більш високого рівня залучення у справах і кампаніях

3. Потрібно переоцінити систему запитів в інтернеті. Замість того, щоб надсилати повідомлення випадковому користувачеві та очікувати результатів, слід брати участь у більших мережевих соціальних екосистемах, де вже існують осередки активності.

4. Слактивістів – як і будь-кого іншого в соціальних мережах – потрібно культивувати і добре оцінювати їхній внесок, наскільки б незначним він не виглядав. Потрібно, наприклад, надсилати повідомлення прихильникам справи окремо і реагувати (майже) на кожне повідомлення, яке надходить через соціальні медіа. Це займає багато часу, але саме такий індивідуальний підхід залучення є успішним.

5. Замість простих прохань, наприклад «пожертвувати зараз», потрібно створити змістовні та повторювані способи для користувачів робити невеликі кроки та сприяти розвитку довгострокових відносин.

Узагальнюючі усе сказане, спробуємо визначити основні характеристики, за якими в більшості випадків можна буде не лише інтерпретувати поняття «слактивізм», але й які дозволять відмежувати його від активізму.

Chapter «Sociological sciences»

Активізм	Слактивізм
Ресурсне забезпечення онлайн-поведінки	
Значні витрати, які вимагатимуть наявність економічного, культурного, символічного, інформаційного капіталів.	Незначні витрати не потребують значних ресурсів.
Легітимність онлайн-поведінки	
Інституалізовані форми поведінки.	Неформалізована поведінка.
Наявність поставленої цілі та рівень її досягнення	
Чітко поставлена ціль, користувач повинен оцінювати майбутні проблеми, змін, прогресу.	Немає чітко сформованої цілі, поведінка може бути бездумною.
Рівень громадянської культури	
Високий/вище середнього (у користувачів є сформовані ціннісні орієнтації, довіра).	Низький (відсутність сформованих ціннісних орієнтацій).
Рівень цифрової грамотності	
Високий/вище середнього (обізнаність у інструментах електронної демократії, можливостях, які надають сучасні інтернет-технології).	Низький (відсутність обізнаності у інструментах електронної демократії, мінімальні знання про можливості, які надають сучасні інтернет-технології).
Мотивація до онлайн-поведінки	
Наявна внутрішня (особистісна) та зовнішня (з боку держави, інших користувачів) мотивації.	Мотивація відсутня.
Солідаризація онлайн-поведінки	
Висока.	Мінімальна або немає.
Ідентичність користувача	
Колективна (відмова від власних інтересів на користь групових).	Індивідуальна (власні інтереси переважають).
Гратифікація онлайн-поведінки	
Досягнення колективного блага, особиста винагорода.	Ілюзія причетності до вирішення проблеми, задоволення від проявів поведінки.
Наявність інтернет-кампанії	
Продумана інтернет-кампанія.	Хаотичність, природна реакція суспільства на назрілу проблему.
Ступінь ризику онлайн-поведінки	
Поведінка, яка може привернути увагу, викликати протидію, опозицію.	Незначні дії та анонімність не несуть ніякого ризику для користувача.

4. Особливості слактивізму в українському віртуальному просторі

Дедалі популярнішими в Україні, як і в усьому світі, стають дослідження інтернет-аудиторії. Такі дані є важливими в контексті формування політики у сфері бізнесу, дозвілля і, особливо, в соціально-політичній сфері.

Інтернет-поведінка українських користувачів має, за визначенням науковців, амбівалентний характер. Доволі часто користувачів інтернету розділяють на дві групи – активних та пасивних. Це можуть бути активні у соціально-політичній інтернет-поведінці користувачі, і в тому випадку йдеться про вагомий вплив на регулювання соціально-політичних питань, або пасивні користувачі з поведінкою, що не має ніяких суспільно важливих результатів. В ситуації, коли акцент робиться на рівні користування інтернетом, така дихотомія виправдана. Однак на практиці існують такі форми поведінки, що мають суперечливу і невизначену природу. І такі форми поведінки часто не аналізуються, не враховуються дослідниками, а тому саме дослідження не показує цілісної картини.

Іншим проблемним питанням також є те, що в Україні дослідженням слактивізму займається невелика кількість науковців, і тому це поняття в контексті українських реалій є практично невизначеним. Тому важливо активніше використовувати в українському науковому дискурсі поняття, яке буде охоплювати неоднозначні онлайн практики українських користувачів. Розгляд конкретних прикладів в ракурсі українського віртуального простору дозволить концептуально визначити саме поняття слактивізму та з'ясувати його роль у соціально-політичному житті суспільства.

В Україні емпіричних даних, які б стосувалися аналізу слактивізму як форми соціально-політичної інтернет-поведінки, немає. Однак, можна побудувати певні гіпотези стосовно цього явища використовуючи дані інших досліджень стосовно активності українських громадян в інтернеті. Відзначаючи велику роль інтернету для мобілізації громадян чи для протестної активності в українському суспільстві, часто в науковій літературі в якості прикладу називають революційні події 2013–2014. В таких роботах повідомляють про прямий вплив «нових» медіа (соціальні медіа та новини в Інтернеті) на мобілізацію

людей. Однак, О. Онух, Е. Матео та Дж. Воллер, використовуючи оригінальні дані національно репрезентативного панельного опитування в Україні, проведеного незабаром після мобілізації Євромайдану 2013–2014 років, спростували таку тезу. Аналізуючи закономірності споживання медіа як учасниками, так і неучасниками революційних подій, а також прихильників протесту та його опонентів, дослідники не виявили доказів того, що будь-яка платформа соціальних медіа корелює з мобілізацією чи переконаннями щодо протестів. Більшої ролі в тих процесах відігравали «старі», традиційні медіа [29]. Тобто, на той час, українських користувачів інтернету можна було назвати скоріше пасивними чи слактивістами у здійсненні соціально-політичної інтернет-поведінки.

За даними Державної служби статистики України, на початок 2020 року кількість користувачів інтернету в Україні становила 28,787 млн осіб або близько 80% населення країни. Щоб досягти рівня розвинутих країн світу, де частка населення, яке користується інтернетом складає 90%, Україні з сьогоднішніми темпами зростання буде потрібно майже 8 років. Портрет пересічного українського користувача виглядає наступним чином: це переважно молода людина із повною або неповною вищою освітою, середнім або високим рівнем доходу, яка проживає у великому місті [13, с. 145].

Якщо розглядати прояви соціально-політичної інтернет-поведінки молоді як ядра української інтернет-аудиторії, то за результатами загальнонаціонального опитування «Українське покоління Z: цінності та орієнтири», проведеного соціологічною компанією GfK Ukraine влітку 2017 р., серед засобів висловити свою політичну позицію (підписання політичних вимог у режимі онлайн-петицій, участі у демонстраціях, у волонтерському русі або роботі громадської організації й політичної діяльності в інтернеті та соціальних мережах) готові використати лише 4% молоді [2].

На жаль, актуальних досліджень, які б показували тенденції соціально-політичної онлайн-поведінки українських громадян-користувачів в ситуації карантину немає. Очевидно, що рівень використання інструментів для соціально-політичної інтернет-поведінки підвищився в зв'язку з переходом на період карантину практично всіх форм життєдіяльності громадян в онлайн.

На офіційній фейсбук-сторінці платформи Дія – інструменту електронної демократії в Україні, повідомлялось, що станом на кінець вересня 2021 року застосунком користуються вже 7 мільйонів українців. Рік тому користувачів цього інструменту було втричі менше. Важливо підкреслити, що зараз найпопулярнішими послугами в застосунку Дія, якими користуються громадяни України, є ті, які стосуються індивідуальних потреб – цифрові документи, підпис, послуги відкриття бізнесу, та особливо – ковід-сертифікати. Така форма поведінки є важливою, оскільки не лише спрощує отримання громадянами послуг, але й дозволяє зробити відкритим процес отримання послуги та уникнути проблем, які були присутні при безпосередній взаємодії, зокрема корупцію. Однак тут маємо ситуація, в якій більшу роль відіграє держава – за допомогою цього механізму громадянам задаються поведінкові рамки.

Тоді коли вектор потреб змінюється з індивідуальних на колективні і процеси змін ініціюються самим суспільством, то поведінка громадян, яка формується самими громадянами (присутня свобода дій), і реальна, і віртуальна, уже багато років залишається на низькому рівні.

Для того, аби практикувати активну інтернет-поведінку, громадяни повинні володіти цифровими навичками. У 2021 році серед українців Програмою EGAP (E-Governance for Accountability and Participation Program) спільно з Міністерством цифрової трансформації було здійснено дослідження цифрових навичок. Воно показало, що 53,5% володіють такими навичками на рівні нижче середнього [20]. Отже, якщо громадяни не володіють необхідними цифровими навичками та знаннями, тоді й їхня активність буде низькою, і навіть слактивізм, зі своєю неоднозначною і чутливою до різних факторів природою, скоріше матиме деструктивні наслідки, про які попереджають прихильники негативного підходу до визначення цього поняття.

Показовим для цього твердження є функціонування в реаліях українського політичного процесу інструменту онлайн-петицій. В Законі України «Про звернення громадян» чітко зазначено, що електронні петиції є офіційною формою прямого звернення до органів державної влади. Тоді чому подання громадянами е-петицій в Україні не є активною онлайн-поведінкою? В першу чергу тому, що недосконалість чинного законодавства, а саме нівелювання процедури реагування з

боку влади на петицію, а лише відповідь на неї, не наділяє е-петиції статусу обов'язкової до втілення. Не менш важливою проблемою є й неправильність оформлення петиції з боку громадян (оскільки рівень політичної освіти в країні низький), подекуди тролінговий характер звернення робить цей інструмент ще більш неефективним. Громадяни не просто не знають як правильно оформляти електронні петиції, а й часто взагалі нічого не знають про такий інструмент. Це підтверджують результати досліджень 2015 та 2017 років Центру Разумкова та Київського міжнародного інституту соціології, які показали, що за 2 роки обізнаність населення щодо інструменту е-петиції збільшилась лише на 1,2% і залишилась на низькому рівні (у 2015 вона складала 26,3%) [9, с. 52].

Отже, коли українські громадяни виконують певні дії в інтернеті й не отримують помітних результатів цієї діяльності, то вони проявляють слактивізм. Якщо не змінювати інструмент е-петицій, існує ризик розчарування в і без того невеликої кількості громадян, які користуються цією формою соціально-політичної інтернет-поведінки.

Сьогодні в українському віртуальному просторі, на думку української дослідниці Ю. Кокарчі, приклади слактивізму можна спостерігати в соціальних мережах, в умовах виборчої кампанії. Політичні сили використовують різні методи та інструменти впливу задля досягнення прихильності своїх виборців. Зокрема, через поширення великої кількості публікацій та постів, репосту агітаційних матеріалів, компроментуючих відео, тролінгу. Український слактивізм достатньо активно проявляється у обговоренні та коментуванні у соціальних мережах назрілого соціально-політичного питання.

Для прикладу, резонансною подією для українського суспільства стало проведення загальнонаціонального опитування “5 запитань від Президента”. Звістка про цю подію викликала миттєву реакцію в соціальних мережах: люди почали обговорювати питання й надавати оцінку події. У цьому випадку слактивізм як активне обговорення та коментування нової теми в соціальних мережах, набуває значного прояву. Це опитування, як і реакція людей, їх відповіді не матимуть юридичної сили і значення. Проте, ця технологія активізувала увагу користувачів (і до виборів також) й посилила відчуття важливості власної думки щодо обговорюваних тем [4, с. 50]. Окрім цього, наявність нез-

розумілого твердження в опитуванні, могло стимулювати людей до підвищення обізнаності в цьому питанні.

Варто також згадати, що в кінці 2018 року на базі Національного університету «Львівська політехніка» було проведено соціологічне дослідження методом анкетного опитування студентів кількох спеціальностей, одним із завдань якого було з'ясувати рівень досвідченості користувачів у соціально-політичній інтернет-поведінці. Було виявлено, що студенти проявляють в більшій мірі слактивну поведінку, оскільки той досвід поведінки в інтернеті, який відзначали респонденти, відповідав характерним видам діяльності саме слактивізму (підписки, лайки, репости тощо). Однак, це дослідження складно назвати репрезентативним до всього українського суспільства, воно швидше є пілотажним і корисним для вироблення нових гіпотез і подальших наукових розробок [28, с. 48].

5. Висновки

Більшість науковців у своїх працях розглядають слактивізм в двох точок зору, але є й такі, яких можна назвати прихильниками одного вектору. Українські дослідники, послуговуючись невеликою кількістю літератури та обмежуючись достатньо вузьким спектром аргументів, наділяють слактивізм скоріше негативним значенням. Наша позиція – збереження нейтралітету із зазначенням сильних та слабких сторін слактивізму. Перевагами слактивізму як соціально-політичної інтернет-поведінки, з нашої точки зору, є те, що відбувається швидко та широке розповсюдження інформації щодо важливих соціально-політичних проблем, а це дозволяє людям, які до того були пасивними громадянами, практикувати невеличкі поведінкові акти, які при грамотній інтернет-кампанії можна розвивати та поступово перетворювати на активніші дії. З іншого боку, коли умови для кампанії не найкращі, або коли кампанії взагалі не проводяться і відбувається хаотична та бездумна реакція у віртуальному середовищі на соціально-політичну проблему, існує ризик неефективності слактивізму. Тому важливими є дослідження, у яких не просто аналізується слактивізм, але й виробляють рекомендації щодо підвищення ефективності такої поведінки до подальшої її трансформації в активну онлайн поведінку.

В Україні, на жаль, цьому питанні не приділяється увага взагалі. У зв'язку з цим, можна припустити, що якщо зараз провести загальнонаціональне опитування стосовно особливостей соціально-політичної інтернет-поведінки, то результати будуть демонструвати скоріше слактивну форму поведінки українських громадян, яка при цьому буде неефективною для регулювання соціально-політичних проблем. Тому розвиток поняття слактивізму в теоретичному та емпіричному вимірі є надзвичайно важливим питанням для української науки, зокрема соціології.

Список літератури:

1. Бойко Н. Громадянська активність онлайн: до соціологічного портрету українського користувача інтернету. *Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. Політологія. Соціологія. Право: Зб. наук. праць. № 1(37). Київ : ІВЦ «Політехніка», 2018. С. 61–65.
2. Гайдай Д., Зарембо К., Літра Л., Лимар О., Мінесавілі С., Солодкий С., Тодорюк О., Белесков М., Волосевич І., Коноплицька Т. *Українське покоління Z: цінності та орієнтири. Результати загальнонаціонального дослідження*. Київ, 2017. URL: http://neweurope.org.ua/wp-content/uploads/2017/11/Ukr_Generation_ukr_inet-2.pdf (дата звернення: 13.10.2021).
3. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. Москва : ГУ-ВШЭ, 2000.
4. Кокарча Ю. А. Слактивізм як форма політичної участі в соціальних мережах. Теорія і практика сучасної науки та освіти (частина I): *матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції*, м. Львів, 22-23 жовтня 2020 року. Львів : Львівський науковий форум, 2020. С. 49–50.
5. Ксенофонтowa И. В. Интернет-солидарность: методологические основания подхода и практика изучения : дисс. ... канд. социол. наук. Москва, 2014.
6. Невесенко Е. Д. Влияние виртуальных сетевых сообществ и сети интернет на развитие социальной активности молодежи : автореф. дисс. ... канд. социол. наук. СПб., 2014.
7. Новохатько А. В. Ескапізм як соціокультурне явище сучасності. *Філософські обрії : Наук.-теорет. журнал*. Вип. 40. Київ : Полтава, 2018. С. 97–105.
8. Олсон М. *Логика коллективных действий: Общественные блага и теория групп*. Москва : Фонд Экономической Инициативы, 1995. 165 с.
9. Пасічнюк В. Б., Гонтарук О. С. Електронні петиції в Україні: сучасний стан та правове забезпечення. *Молодий вчений*. 2019. № 12. С. 51–54.
10. Рейнгольд Г. Умная толпа. Новая социальная революция. Москва : ФАИР-ПРЕСС, 2006.
11. Тринева В. В. «Слактивизм» как форма социального участия: возможности и ограничения (на примере онлайн-петиций). *Журналистика, массовые коммуникации и медиа: взгляд молодых исследователей : Научно-*

практическая конференция аспирантов и студентов. Белгород, НИУ «БелГУ», Факультет журналистики 11-17 апреля 2018 г. : материалы конференции (под ред. Е.А. Кожемякина, А.В. Полонского). Белгород : Факультет журналистики НИУ «БелГУ», 2018. С. 148–152.

12. Ушкин С. Г. Теоретико-методологические подходы к изучению сетевой протестной активности: от «умной толпы» к «slackтивизму». *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены*. 2015. № 3. DOI: <https://doi.org/10.14515/monitoring.2015.3.01> (дата звернення: 13.10.2021).

13. Хміль Я. В. *Соціологічні аспекти використання Інтернету у повсякденному житті українського студентства* : дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата соціологічних наук за спеціальністю 22.00.04 – спеціальні та галузеві соціології. Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, 2021.

14. Asia Research Institute (ARI) (2012) Methodological and conceptual issues in cyber activism research. Retrieved from: <http://www.ari.nus.edu.sg/docs/downloads/Inter-AsiaRoundtable/InterAsiaRoundtable-2012.pdf> (accessed 10 October 2021).

15. Barberá P., Wang N., Bonneau R., Jost JT., Nagler J. & Tucker J. (2015) The Critical Periphery in the Growth of Social Protests. *PLoS ONE* (electronic journal), no.10(11): e0143611. Retrieved from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143611>(accessed 10 October 2021).

16. Butler M. (2011) *Clicktivism, Slacktivism, or 'Real' Activism? Cultural Codes of American Activism in the Internet Era*. Master of Communication Thesis: University of Colorado. Retrieved from: https://scholar.colorado.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/b8515n67q (accessed 13 October 2021).

17. Cabrera N. L., Matias C. E. & Montoya R. (2017) Activism or slacktivism? The potential and pitfalls of social media in contemporary student activism. *Journal of Diversity in Higher Education* (electronic journal), vol. 10(4), pp. 400–415. DOI: <https://doi.org/10.1037/dhe0000061> (accessed 13 October 2021).

18. Chou E.Y, Hsu D.Y. & Hernon E. (2020) From slacktivism to activism: Improving the commitment power of e-pledges for prosocial causes. *PLoS ONE* (electronic journal), no. 15(4): e0231314. Retrieved from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231314> (accessed 13 October 2021).

19. Christensen H. S. (2011) Political activities on the Internet: Slacktivism or political participation by other means? *First Monday* (electronic journal), no. 16(2). DOI: <https://doi.org/10.5210/fm.v16i2.3336> (accessed 13 October 2021).

20. E-Governance for Accountability and Participation Program. *E-Democracy*. Retrieved from: <https://egap.in.ua/en/component/e-democracy/> (accessed 10 October 2021).

21. Foster M. D., Hennessey, E., Blankenship, B. T. & Stewart, A. (2019) Can «slacktivism» work? Perceived power differences moderate the relationship between social media activism and collective action intentions through positive affect. *Cyberpsychology: Journal of Psychosocial Research on Cyberspace* (electronic journal), no. 13(4), article 6. Retrieved from: <https://doi.org/10.5817/CP2019-4-6> (accessed 13 October 2021).

22. Harris E.R. (2010) “Youth, the Internet, pop culture, and other frivolous things: How ‘slacktivist’ is today’s youth activism?” Retrieved from: <http://wps.ablongman.com/wps/media/objects/10585/10839267/ch11EmilyHarris.pdf> (accessed 13 October 2021).

23. Jones C. (2015) Slacktivism and the social benefits of social video: Sharing a video to ‘help’ a cause. *First Monday* (electronic journal), no. 20(5). Retrieved from: <https://doi.org/10.5210/fm.v20i5.5855> (accessed 13 October 2021).

24. Kristofferson K., White K. & Peloza, J. (2014) The nature of slacktivism: How the social observability of an initial act of token support affects subsequent prosocial action. *Journal of Consumer Research*, no. 40, pp. 1149–1166.

25. Lewis K., Gray K. & Meierhenrich J. (2014) The Structure of Online Activism. *Sociological Science*, vol. 1, pp. 1–9.

26. Livingston, G. (2010) How to: Turn Slacktivists into Activists with Social Media. Mashable. Retrieved from: <https://mashable.com/archive/slacktivism-activists-social-media> (accessed 13 October 2021).

27. Morozov E. (2009) The brave new world of slacktivism. Foreign Policy. Retrieved from: <https://foreignpolicy.com/2009/05/19/the-brave-new-world-of-slacktivism/> (accessed 10 October 2021).

28. Myshok R., Klymanska L. (2021) Slacktivism as a form of socio-political Internet behavior: an empirical dimension. Proceedings of the *VII International research & training conference «Public health – social, educational and psychological dimensions»* (Lublin, Poland, 17 July 2021): Lublin, pp. 47–48.

29. Onuch O., Mateo E. & Waller J. (2021) Mobilization, Mass Perceptions, and (Dis)information: “New” and “Old” Media Consumption Patterns and Protest. *Social Media + Society* (electronic journal), vol. 7, issue 2. DOI: <https://doi.org/10.1177/2056305121999656> (accessed 13 October 2021).

30. Rotman D., Vieweg S., Yardi S., Chi E., Preece J., Shneiderman B., Pirulli P. & Glaisyer T. (2011) From slacktivism to activism: Participatory culture in the age of social media. Proceedings of the *International Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI 2011, Extended Abstracts Volume, Vancouver, BC, Canada, May 7-12, 2011, pp. 819–822. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/1979742.1979543> (accessed 13 October 2021).

31. Shirky C. (2010) *Cognitive Surplus: How Technology Makes Consumers into Collaborators*. New York : Penguin Press.

32. Vie S. (2014) In defense of “slacktivism”: The Human Rights Campaign Facebook logo as digital activism. *First Monday* (electronic journal), no. 19(4). DOI: <https://doi.org/10.5210/fm.v19i4.4961> (accessed 13 October 2021).

References:

1. Bojko N. (2018) Ghromadjansjka aktyvnistj onlajn: do sociologichnogho portretu ukrajinsjkojkoj korystuvacha internetu [Public activity online: to the sociological portrait of the Ukrainian Internet user]. *Visnyk Nacionaljnogho tekhnichnogho universytetu Ukrainy «Kyjivsjkyj politekhnichnyj instytut»*. *Politologhija. Sociologhija. Pravo: zb. nauk. pracj* [Visnyk of the National Technical University

- of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». *Politology. Sociology. Law.*, vol. 1(37). Kyiv: IVC «Politekhnik», pp. 61–65. (in Ukrainian)
2. Ghajdaj D., Zarembo K., Litra L., Lymar O., Minesashvili S., Solodkyj S., Todorjuk O., Bjeljeskov M., Volosevych I., Konoplycika T. (2017) *Ukrajinsjke pokolinnja Z: cinnosti ta orijentyry. Rezultaty zahaljnacionaljnogho doslidzhennja* [Ukrainian Generation Z: values and guidelines. The results of a nationwide survey]. Kyiv. Retrieved from: http://neweurope.org.ua/wp-content/uploads/2017/11/Ukr_Generation_ukr_inet-2.pdf (accessed 13 October 2021). (in Ukrainian)
3. Kastel's M. (2000) *Informatsionnaya epokha: ekonomika, obshchestvo i kul'tura* [Information Age: Economy, Society and Culture]. Moscow: GU-VShE. (in Russian)
4. Kokarcha Ju. A. (2020) Slaktyvizm jak forma politychnoji uchasti v socialnykh merezhakh [Slactivism as a form of political participation in social networks]. Proceedings of the *Mizhnarodnoji naukovopraktychnoji konferenciji (Lviv, Ukraine, October 22-23, 2020)*, Lviv: Lvivskij naukovyj forum, pp. 49–50. (in Ukrainian)
5. Ksenofontova I. V. (2014) *Internet-solidarnost': metodologicheskie osnovaniya podkhoda i praktika izucheniya* [Internet solidarity: methodological bases of the approach and study practice] (PhD Thesis), Moscow. (in Russian)
6. Nevesenko E. D. (2014) *Vliyanie virtual'nykh setevykh soobshchestv i seti internet na razvitie sotsial'noj aktivnosti molodezhi* [The impact of virtual online communities and the Internet on the development of social activity of young people] (PhD Thesis Abstract), St. Petersburg. (in Russian)
7. Novokhatjko A. V. (2018) Eskapizm jak sociokulturne javyshhe suchasnosti [Escapism as a socio-cultural phenomenon of our time]. *Filosofskij obriji: Nauk.teoret. Zhurnal* [Philosophical horizons: Scientific-theoretical journal], vol. 40. Kyiv: Poltava, pp. 97–105. (in Ukrainian)
8. Olson M. (1995) *Logika kollektivnykh deystviy: Obshchestvennye blaga i teoriya grupp* [The Logic of Collective Action: Public Goods and Group Theory]. Moscow: Fond Ekonomicheskoy Initsiativy. (in Russian)
9. Pasichnjuk V. B., Ghontaruk O. S. (2019) Elektronni petyciji v Ukrajin: suchasnyj stan ta pravove zabezpechennja [Electronic petitions in Ukraine: current status and legal support]. *Molodyj vchenyj* [A young scientist], no. 12, pp. 51–54. (in Ukrainian)
10. Reyngol'd G. (2006) *Umnaya tolpa. Novaya sotsial'naya revolyutsiya* [Smart Mobs: The Next Social Revolution]. Moscow: FAIR-PRESS. (in Russian)
11. Trineva V. V. (2018) «Slaktivizm» kak forma sotsial'nogo uchastiya: vozmozhnosti i ogranicheniya (na primere onlayn-petitsiy) [«Slactivism» as a form of social participation: opportunities and limitations (on the example of online petitions)]. Proceedings of the *Zhurnalistika, massovye kommunikatsii i media: vzglyad molodykh issledovateley: Nauchno-prakticheskaya konferentsiya aspirantov i studentov (Russia, Belgorod, April 11-17, 2018)* (eds. Kozhemyakin E.A., Polonskij A.V.), Belgorod, Fakul'tet zhurnalistiki NIU «BelGU», pp. 148–152. (in Russian)
12. Ushkin S. G. (2015) Teoretiko-metodologicheskie podkhody k izucheniyu setevoy protestnoy aktivnosti: ot «umnoy tolpy» k «slaktivizmu» [Theoretical and methodological approaches to the study of network protest activity: from the «smart

crowd» to «slactivism»). *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny* [Public Opinion Monitoring: Economic and Social Change], no. 3. DOI: 10.14515/monitoring.2015.3.01 (accessed 13 October 2021). (in Russian)

13. Khmilj Ja. V. (2021) *Sociologhichni aspekty vykorystannja Internetu u pov-sjakdennomu zhytti ukrajinsjkocho studentstva* [Sociological aspects of the Internet in the haunted life of Ukrainian students] (PhD Thesis), Lviv: Lviv National University of Ivana Franka. (in Ukrainian)

14. Asia Research Institute (ARI) (2012) Methodological and conceptual issues in cyber activism research. Retrieved from: <http://www.ari.nus.edu.sg/docs/downloads/Inter-AsiaRoundtable/InterAsiaRoundtable-2012.pdf> (accessed 10 October 2021).

15. Barberá P., Wang N., Bonneau R., Jost JT., Nagler J. & Tucker J. (2015) The Critical Periphery in the Growth of Social Protests. *PLoS ONE* (electronic journal), no.10(11): e0143611. Retrieved from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143611> (accessed 10 October 2021).

16. Butler M. (2011) *Clicktivism, Slacktivism, or 'Real' Activism? Cultural Codes of American Activism in the Internet Era*. Master of Communication Thesis: University of Colorado. Retrieved from: https://scholar.colorado.edu/concern/graduate-thesis_or_dissertations/b8515n67q (accessed 13 October 2021).

17. Cabrera N. L., Matias C. E. & Montoya R. (2017) Activism or slacktivism? The potential and pitfalls of social media in contemporary student activism. *Journal of Diversity in Higher Education* (electronic journal), vol. 10(4), pp. 400-415. DOI: <https://doi.org/10.1037/dhe0000061> (accessed 13 October 2021).

18. Chou E.Y., Hsu D.Y. & Herson E. (2020) From slacktivism to activism: Improving the commitment power of e-pledges for prosocial causes. *PLoS ONE* (electronic journal), no. 15(4): e0231314. Retrieved from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231314> (accessed 13 October 2021).

19. Christensen H. S. (2011) Political activities on the Internet: Slacktivism or political participation by other means?. *First Monday* (electronic journal), no. 16(2). DOI: <https://doi.org/10.5210/fm.v16i2.3336> (accessed 13 October 2021).

20. E-Governance for Accountability and Participation Program. *E-Democracy*. Retrieved from: <https://egap.in.ua/en/componenty/e-democracy/> (accessed 10 October 2021).

21. Foster M. D., Hennessey, E., Blankenship, B. T. & Stewart, A. (2019) Can «slacktivism» work? Perceived power differences moderate the relationship between social media activism and collective action intentions through positive affect. *Cyberpsychology: Journal of Psychosocial Research on Cyberspace* (electronic journal), no. 13(4), article 6. DOI: <https://doi.org/10.5817/CP2019-4-6> (accessed 13 October 2021).

22. Harris E.R. (2010) “Youth, the Internet, pop culture, and other frivolous things: How ‘slacktivist’ is today’s youth activism?”. Retrieved from: <http://wps.ablongman.com/wps/media/objects/10585/10839267/ch11EmilyHarris.pdf> (accessed 13 October 2021).

23. Jones C. (2015) Slacktivism and the social benefits of social video: Sharing a video to ‘help’ a cause. *First Monday* (electronic journal), no. 20(5). DOI: <https://doi.org/10.5210/fm.v20i5.5855> (accessed 13 October 2021).

24. Kristofferson K., White K. & Peloza, J. (2014) The nature of slacktivism: How the social observability of an initial act of token support affects subsequent prosocial action. *Journal of Consumer Research*, no. 40, pp. 1149–1166.

25. Lewis K., Gray K. & Meierhenrich J. (2014) The Structure of Online Activism. *Sociological Science*, vol. 1, pp. 1–9.

26. Livingston, G. (2010) How to: Turn Slacktivists into Activists with Social Media. Mashable. Retrieved from: <https://mashable.com/archive/slacktivists-activists-social-media/> (accessed 13 October 2021).

27. Morozov E. (2009) The brave new world of slacktivism. Foreign Policy. Retrieved from: <https://foreignpolicy.com/2009/05/19/the-brave-new-world-of-slacktivism/> (accessed 10 October 2021).

28. Myshok R., Klymanska L. (2021) Slacktivism as a form of socio-political Internet behavior: an empirical dimension. Proceedings of the *VII International research & training conference «Public health – social, educational and psychological dimensions»* (Lublin, Poland, 17 July 2021): Lublin, 53 p., pp. 47–48.

29. Onuch O., Mateo E. & Waller J. (2021) Mobilization, Mass Perceptions, and (Dis)information: “New” and “Old” Media Consumption Patterns and Protest. *Social Media + Society* (electronic journal), vol.7, issue: 2, DOI: <https://doi.org/10.1177/2056305121999656> (accessed 13 October 2021).

30. Rotman D., Vieweg S., Yardi S., Chi E., Preece J., Shneiderman B., Pirolli P. & Glaisyer T. (2011) From slacktivism to activism: Participatory culture in the age of social media. Proceedings of the *International Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI 2011, Extended Abstracts Volume, Vancouver, BC, Canada, May 7–12, 2011, pp. 819–822. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/1979742.1979543> (accessed 13 October 2021).

31. Shirky C. (2010) *Cognitive Surplus: How Technology Makes Consumers into Collaborators*. New York: Penguin Press.

32. Vie S. (2014) In defense of “slacktivism”: The Human Rights Campaign Facebook logo as digital activism. *First Monday* (electronic journal), no. 19(4). DOI: <https://doi.org/10.5210/fm.v19i4.4961> (accessed 13 October 2021).

CHAPTER «CULTURAL STUDIES»

THE PROBLEM OF FORMATION OF ARCHITECTURAL FORM OF MEGARON IN THE COURSE OF AESTHETIZATION, ETHIZATION AND SACRALIZATION: CULTURAL ANALYSIS

ПРОБЛЕМА СТАНОВЛЕННЯ АРХІТЕКТУРНОЇ ФОРМИ МЕГАРОНУ У ХОДІ ЕСТЕТИЗАЦІЇ, ЕТИЗАЦІЇ ТА САКРАЛІЗАЦІЇ: КУЛЬТУРОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ

Tetiana Sovhyra¹

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-43>

Abstract. *The aim* of the article is to investigate the historical development of the architectural form of the megaron and identify the factors that contributed to the rethinking of its functional features: from a purely utilitarian to a cult purpose. The research methodology is based on an integrated approach and relies on the analytical (when analyzing art history and cultural literature on the subject of research), historical (when clarifying the stages of the formation of the megaron as a form of cult architecture) and conceptual (when analyzing the influence of the processes of aestheticization, ethization and sacralization on the formation of the megaron). The scientific novelty of the article is to identify the factors that contributed to the rethinking of its functional features: from a purely utilitarian to a cult purpose. *The results.* The evolution of the architectural form of the megaron – from adobe houses with a place for a fire and an overnight stay in the stone building itself, certifying the fact of aestheticization (I invoke this form in the historical development of mankind). In particular, the example of the Temple of Hera in Olympia shows the imitation of wooden structures in stone architecture. This fact historically testifies to the peculiarities of the formation of the Dorian

¹ PhD in Art, Associate Professor of Variety Art and Mass Directing,
Kyiv National University of Culture and Arts, Ukraine

architectural order in Greek culture. Reconsideration of the megaron as a residential building, and as a result of a monumental temple, an altar, is a process of etization and sacralization. This also applies to the columns, in particular, which are first erected out of technological necessity, and over time serve as a necessary aesthetic attribute of the architectural form of the megaron.

If clay and wooden buildings were erected mainly for the life of people, then the stone megaron, according to the technology of processing raw materials and the principles of construction, were many times more complicated – they became a kind of monuments and temples, often of a purely religious purpose. The reason for this is not only an understanding of the strength and endurance of raw materials, because if people created structures of stone only so that the latter would withstand as long as possible, then these amazing artifacts would not be so exquisitely and filigree decorated. *The practical significance.* Key points and the research results can be useful for studies of the processes of cultural development of mankind, in particular, consideration of the history of architecture and sculpture, the processes of aesthetization, ethization and sacralization. Moreover, the article can be used for educational disciplines of culturological and art history in Ukraine and abroad.

1. Вступ

Архітектура закарбувала в собі відбиток культурного розвитку та технологічного прогресу людства. У кочових народів тимчасовим притулком та укриттям від негоди були курінь, шатро (скинія) та намет, адже люди ще не вміли зводити міцні, сталі конструкції. В період осідлого періоду з'являється хата, яка за формою нагадує тимчасові споруди (конусоподібна та прямокутної форми), але технологічно виготовлена вже для тривалого проживання (з цегли та за рахунок глинобитної технології). Зокрема, на території егейської цивілізації *мегарони* (в перекладі з давньогрецької – великі зали) здебільшого прямокутної форми служили житлом для греків. Найдавніші зразки мегаронів знайдені в культурних пам'ятках Сексло та Діміні (період грецького неоліту, 6000–3000 рр. до н.е.). За результатами археологічних розвідок ці споруди були найбільшими з-поміж інших будівель, правильної прямокутної форми, збудовані в центрі поселення [10, с. 346]. Хоча

насправді в сучасному розумінні мегарон являє собою споруду культового призначення. Про це свідчать низки публікацій, в яких суперечливо означається ця архітектурна форма. Зокрема, історик мистецтва Б. Віппер, досліджуючи культову архітектуру, вказує, що призначенням грецького храму має бути житло цього бога: грецьке слово наос (основна частина мегарону) означає і храм, і житло...» [3, с. 75]. Відтак, в його розумінні мегарон може слугувати культовою спорудою, збудованою для концентрації божественних сил. Схожу думку висловлює Дж. Райт (J. Wright), вказуючи, що в мегарони осмислювались центром до такої міри, що в них «робились жертвопринесення та інші релігійні церемонії» [11, с. 161–162].

Натомість В. Мюллер, досліджуючи перші поселення наполягає на тому, що мегарони були лише великими будівлями для проживання [10, с. 342–348]. Схожу думку висловлює Дяків, яка стверджує, що мегарони однокімнатного приміщення, з якого пізніше розвинулися різні модифікації багатокімнатного будинку [6, с. 14].

Технологічний аналіз зведення мегаронів здійснено Л. Акимовою (на прикладі Храму Гери в Олімпії), Амміаном Марцелліном (A. Marcellinus) (дослідження Храму Юпітера на Капітолійському пагорбі, Рим) дають підстави стверджувати, що мегаронна форма є зразком технологічно довершеної споруди та найкращих прикладів мистецтва архітектури [1, с. 172; 4, с. 187–237]. Проте, жодне дослідження не розглядає чинники появи, трансформації та переосмислення мегарону від форми постійного житла до культової споруди.

Суперечливість означень мегарону та відмінність у підходах осмислення цієї архітектурної форми зумовлюють вибір теми дослідження.

Мета статті – дослідити історичний розвиток архітектурної форми мегарону та виявити фактори, які посприяли переосмисленню його функціональних особливостей: від суто утилітарного до культового призначення.

2. Виклад основного матеріалу дослідження

Перші мегарони з'явилися ще у період 3–2 ст. до н. е., про що свідчать залишки архітектурних споруд, знайдені в культурних пам'ятках Сексло та Діміні у період грецького неоліту. За результатами археологічних розвідок ці споруди були найбільшими з-поміж інших буді-

вель, правильної прямокутної форми, збудовані в центрі поселення [10, с. 346]. Перші зразки являли собою глинобитні зведення, в центрі яких розташовувалось місце для вогнища, а вгорі, над ним – отвір (окулус) для виходу диму. Такий будинок був вповні придатний для житла: в ньому готували їжу, а навколо вогнища уздовж стін спали [3, с. 18–35]. Покрівлю для відведення дощової води від глиняних стін підпирали чотири дерев'яні опори.

3. Колона як опорний елемент та скульптурна прикраса архітектурної форми

Перші *мегарони* не мали колон, натомість проходом служив вузький отвір для вхідних дверей. Та от дивина. Дерев'яні стійки, що в перших мегаронах служили опорою для покрівлі, а, отже, будувались з технологічної необхідності, поступово – у процесі узвичаєння (естетизації) – почали сприйматися як основні атрибути архітектурної форми давньогрецького *мегарону*. На прикладі Кносського палацу Віппер вказує: «...критські колони виконують функції безпосередньо опори: вони підтримують стелю разом зі світловими шахтами чи несуть марші багатопверхових сходів», – так аналізує Б. Віппер функціональне призначення колон у палаці [3, с. 22].

Наявність значної кількості колон зумовлювалась не потребою в укріпленні конструкції, а в тяжінні до надання більш привабливого, ошатного та презентаційного виду архітектурної форми. Зокрема, перед входом в основну частину – *наос* (у древніх римлян – *целлу*) – з'явився портик (ганок), обрамлений кількома колонами та антами.

Дистиль, або «храм в антах» (1) мав всього дві колони, що були розташовані між антами в наосі, у той час як у *простилі* (2) анти цілком замінялися стійками. Амфіпростиль (з давньогрец. амфі – з обох сторін, про – спереду, стиль – колона) (3) своєю назвою вказує на наявність колонних портиків з обох боків («Храм Нікі Аптерос» (427–421 р. до н. е., Акрополь, Афіни), а *периптер* (4) та циліндричний *толос* (7) – на увінчення наосу колонною галереєю з усіх боків (Толос в Дельфах, 16–12 ст. до н. е.). *Диптер* (5) (Третій храм Артеміди Ефеської, 1 ст. до н. е., Ефес, Туреччина) та *псевдодиптер* (6) – найбільші за розмірами давньогрецькі споруди з двома рядами колон вздовж всього периметру.

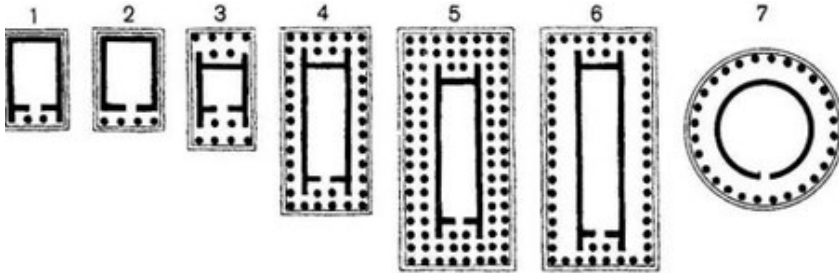


Рис. 1. Види античного храму

Простеживши еволюцію архітектурної форми *давньогрецького мегарону*, бачимо значне ускладнення архітектоніки та збільшення розмірів здебільшого за рахунок додавання значної кількості колон.

Колонна галерея у процесі естетизації також зазнає трансформації – у мегаронній споруді вертикальною підпорою служать скульптури. У давньогрецькому храмі Ерехтейон (421–406 рр. до н.е., Акрополь, Афіни) опорними (тримальними) елементами є статуї у вигляді жіночі постаті (каріатиди). Відтак монументальна скульптура слугує частиною (прикрасою) архітектурної конструкції. Каріатиди (а також атланти) як зразки архітектурних опорних елементів (колон) з часом переосмислені як окремі скульптурні форми, що мають право на своє існування окремо від монументальної архітектури.

Зокрема, скульптура А. Родена «Занепала каріатида, що несе свій камінь» (1881–1981) ілюструє завдання каріатиди як архітектурного елемента служити опорою для загальної конструкції художніми засобами скульптури – поетикою зображального мистецтва, при цьому перебуває у самодостатній формі скульптури.

Але навіть в тих випадках, коли немає прямого тектонічного зв'язку між архітектурою та скульптурою, остання перебуває у прямій залежності від архітектури: архітектура визначає масштаб статуї, її місце, її освітлення. Переконливе свідченням цьому є побудова храму Рамзеса II (Абу-Симбел), в якому кожні шість хвилин за допомогою сонячного променя висвітлюються чотири статуї богів (див. рис.), або ж статуя Зевса в Олімпії (5 ст. до н.е.), розміщена в целлі храму, що була непропорційною відповідно архітектонічній побудови храму, увінчуючи

велич своєї постаті. Якби Зевс захотів встати зі свого трона, то він би зірвав стелю свого ж храму.

4. Процес трансформації мегарону від житла до священного храму

Осідла людина будувала житла в низинах, ближче до кам'яних стін, річок та глинистих обривів. А тому вищі сили мали існувати десь високо – в небі, на горах, пагорбах. Тяжіння до висоти й зумовило основну особливість архітектури – зводити споруди ввись, чим вище – тим ближче до бога. Так і мегарони як найбільші споруди греків – у процесі естетизації, етизації, а з часом сакралізації – почали осмислюватись як споруди культового значення – храми.

Та ці процеси перебігали стихійно, підсвідомо – у зв'язку поступового опанування технології зведення споруд.

Якщо глиняні та дерев'яні споруди зводились здебільшого для життя людей, то кам'яні мегарони, що за технологією обробки сировини та принципами будівництва були в рази складнішими – ставали своєрідними пам'ятниками та храмами, часто суто релігійного призначення. Причиною тому є не тільки розуміння міцності та витривалості сировини, адже, якби люди створювали споруди з каменю лише для того, щоб останні вистояли якомога довше, то ці дивовижні артефакти не були б настільки вишукано та філігранно оздоблені.

Отже, технологія визначає специфіку архітектури, естетичне та культурне значення. Надто, розуміння складності застосування того чи іншого способу будівництва зумовлює функціональне призначення споруди.

В залежності від розташування колон, змінилась й форма античного мегарону, який згодом став слугувати не лише житлом, а й *храмам* (див. рис. 1). Зрештою, тип архаїчного житла *мегарон* поступово перетворюється в царський *палац*. У ньому вже не готують їжу і не сплять; вогнище стає культовим жертovníком. Тут збирають почесних гостей, роблять жертвопринесення та влаштовують царські бенкети [11, с. 161–162].

Прикладом може слугувати Храм Гери в Олімпії (2 ст. до н.е.) – споруда дорійського ордеру, обрамлена колонною галереєю у шість колон з однієї та шістнадцяти з другої сторін (рис. 2).

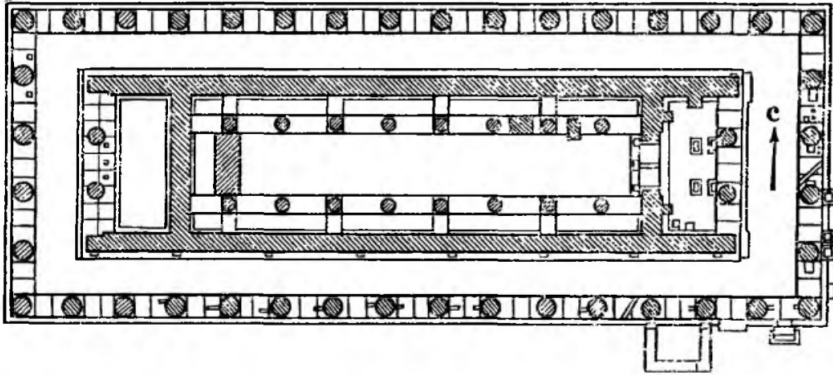


Рис. 2. Храм Гери в Олімпії (1 ст. до н. е., дорійський ордер)

Колони храму виготовлені в різний час (у силу невідомих нам причин храм відбудовувався тричі – цей факт підтверджено археологічними розвідками, викладеними у монографії історика Б. Віппера «Історія Стародавньої Греції»): відповідно більш ранні зразки є дерев'яними, пізні – кам'яними [3, с. 78]. Заміна їх відбувалася протягом тривалого часу з давніх-давен до римського періоду, різьблення на них проводилися відповідно до поточних архітектурних стилів, колони помітно відрізняються один від одного в пропорціях і деталях.

Цей факт історично засвідчує особливості становлення дорійського архітектурного ордеру, а саме факт наслідування дерев'яної конструкції в кам'яній архітектурі. «У доричному ордері колона мала форму стовпа, що звужувався доверху, в іонічному база та капітель мали вигляд двох завитків – волюти, колона коринфського ордеру відрізнялася від іонічної карнизоформуючою капітеллю з рослинного орнаменту (листя аканта)» [6, с. 14].

Еволюція архітектурної форми *мегарону* – від житлового будинку з місцем для вогнища та ночівлі до монументального храму увінчується у давньогрецькому Парфеноні (афінський Акрополь, 447–438 рр. до н.е.), який являє собою приклад технологічно довершеної споруди, зведеної у формі периптеру на мармуровому фундаменті та оточеної мармуровими колонами з усіх боків (17 – з однієї та 8 – з іншої). Хоча храм видається ідеально прямолінійним, насправді в його контурах немає майже

жодної прямої лінії: кутові колони нахилені до середини, а дві середні, навпаки, – до кутів (рис. 3). Усі колони мають форму ентазису (застосування до поверхні чого-небудь опуклої кривої в естетичних цілях), кутові колони в діаметрі товщі за інші [1, с. 172]. Ці та інші оптичні «хитрощі» створюють пропорційно «рівне» зображення споруди для сприйняття його людьми, що знаходяться на рівні стилобату.



Рис. 3. Парфенон (афінський Акрополь, 447–438 рр. до н.е.)

У ході історичного поступу архітектурна форма традиційного прямокутного *мегарону* у процесі *естетизації* (привичаєння та набуття ознак прекрасного), *етизації* (набуття ознак гарного та необхідного для існування) та *сакралізації* (набуття значення храму) поширилась не лише в культурі етрусків в Італії та греків, а й згодом у римлянів [3, с. 87–90].

5. Вдосконалення технологічної складової мегарону

Храм Юпітера (Капітолійський пагорб, 1 ст. до н. е.) – найбільша споруда Стародавнього Риму на момент зведення прямокутної форми (*мегарону*) з великою кількістю колон, розміщених по периметру (за виключенням задньої стіни, на відміну від форми типового грецького периптеру).

Давньоримський історик Амміан Марцеллін (Ammianus Marcellinus) у 4 ст. н.е. назвав храм «капітолієм, яким шанований

Рим підносить себе до вічності» [9, с. 187–237]. Так от, за іронією долі твердження науковця про «вічність» храму та римської культури залишилось лише в літературі лише алегоричним образом, не підтвердженим історичними фактами, адже храм в ході боротьби за владу було спалено тричі.

Натомість, на місці пожежі силами нових правителів-полководців храм відбудовувався за подобою попереднього, але з більш розкішними надбудовами Перша споруда (509 р. до н.е.) нагадувала форму простилію з трьома рядами колон у портику та колонними галереями по бокам. Відтак, колони розташовуються не вздовж стін целли (як в традиційному простилі), а в кільки рядів, утворюючи окремі приміщення відкритого типу. Колонада досягала значних розмірів – в ній розміщувались римська та грецька бібліотеки. Оригінальне оздоблення храму було виявлено в 2014 році (рис. 4), знахідки дозволили археологам вперше реконструювати реальний вигляд храму на самому ранньому етапі [7, с. 237–250].

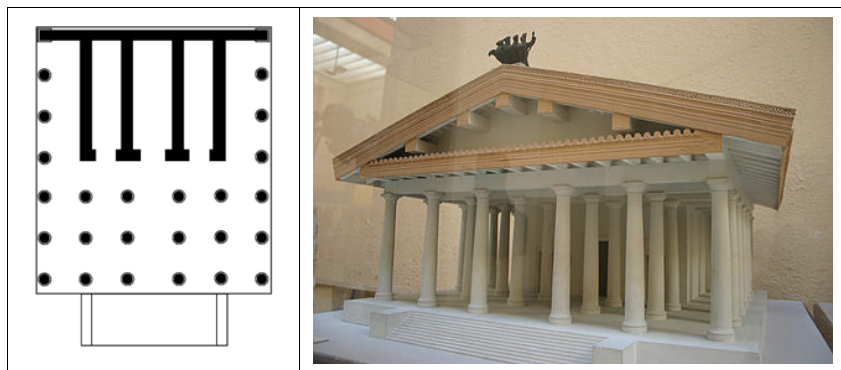


Рис. 4. План першого храму

Другий та третій храми являли собою ще більш монументальні споруди з позолотою черепиці та витонченими статуями. Після пожежі (в 83 р. до н.е.) в ході громадянської війни споруду було відбудовано (за подобою першого) впродовж 15 років. Освячений римським полководцем Квінтом Лутацієм Катулом Капітолієм у 69 р. до н. е., храм згорів того ж року. Імператор Веспансіан відбудував храм лише в

75 р. н. е., що простояв лише 5 років. За часи правління Тита споруда втретє зазнала пожежі. У 82 р. н. е. на місці трьох попередніх з'явився оновлений розкішний храм з позолотою черепиці та витонченими статуями. Зображення храмів можливо знайти на монетах стародавнього Риму [8].

Після пожежі (в 83 р. до н.е.) в ході громадянської війни споруду було відбудовано (за подобою першого) впродовж 15 років. Освячений римським полководцем Квінтом Лутацієм Катулом Капітолієм у 69 р. до н. е., храм згорів того ж року. Імператор Веспансіан відбудував храм лише в 75 р. н. е., що простояв лише 5 років. За часи правління Тита споруда втретє зазнала пожежі. У 82 р. н. е. на місці трьох попередніх з'явився оновлений розкішний храм з позолотою черепиці та витонченими статуями. При цьому кількість колон значно додавалась, що не сказати – примножувалась з кожним відновленням. Ці факти наочно демонструють трансформацію традиційної форми *мегарону* у складний архітектурний комплекс.

До речі, з цього місця (Палатинського пагорбу – Палатину) розпочинається історія заснування палаців (італ. *palazzo*), палат. Адже, ці слова походять від латинського *palatium*, що первісно означувало пасовище, освячене культом італійської богині скотарства Палес (Pales), що знаходилося на Палатинському пагорбі (місця, що до заснування Риму служило місцем випасу худоби звідси й назва), – місця, де за легендами та переказами було засновано Стародавній Рим.

Очевидно, Палатинський пагорб спочатку слугував вигоном для худоби, а коли у італіків з'явилися перші релігійні уявлення і виник культ богині Палес, то *palatium* став релігійним центром пастухів, які здійснювали тут жертвопринесення.

У ході дослідження виявляється, що відмінність між палацом та храмом полягає лише в осмисленні функціональної складової приміщення, натомість монументальна споруда може у процесі естетизації, етизації, а зрештою сакралізації стати храмом. При цьому архітектоніка, особливості структурних елементів залишаються незмінними.

Так само як і колонна галерея, арочна форма, призвичаївшись у будівельній практиці, все частіше зводиться не з практичної необхідності, а для естетичного задоволення. Нині арка, що спершу була винайдена шумерською цивілізацією задля створення тимчасового укриття, часто

зустрічається не як самостійна споруда, а як «арочний отвір в суцільній залізобетонній стіні і тому повністю позбавлена вихідного, конструктивного сенсу» [5, с. 99].

Як от, давньоримський театр Марцелла (13–11 рр. до н. е.) та створений за його подобою Колізей (амфітеатр Флавієв, 72–80 рр. н. е.), збудовані за цією технологією з камінних брил травертіну (що видобувався за 20 миль від Риму). Арочні аркади зовнішньої стіни Колізею переходять в поперечні склепіння, в яких розташовані трибуни, під якими склепіння з'єднують проходи та сходи першого ярусу. А далі: чим більше арка з'являється в архітектурних об'єктах – тим більше сакралізується її зміст, культурне значення: арка символізує «ворота в небо», уособлюється з грецькою богинею веселки Ірис. Прохід через арку символізує схід сонця, або вихід божества.

В Стародавньому Римі арка почала слугувати «символом урочистого входу» [5, с. 94]. Зокрема, римляни будували ворота аркоподібної форми для урочистого проведення військових тріумфів (проходження вояками після битви через арку символізувало їхнє очищення від пролитої крові) – звідси й походить назва тріумфальної арки, як от Тріумфальна арка Тита (Рим, 82 р. н. е.), збудована імператором Доміціаном після смерті Тита в пам'ять про взяття Єрусалиму в 70 році н. е.

Арка Тита, на відміну від інших тріумфальних споруд, зведених часто з деревини (а тому тимчасових), виготовлена з аттичного мармуру, збережена (хоч і частково) до наших днів, – стає об'єктом нашого дослідження. Барельєф всередині прольоту зображує хід вояків з трофеями, здобутими в Єрусалимі, на софіті знаходиться інший барельєф, що зображує апофеоз імператора Тита. Ці елементи Тріумфальної арки демонструють не лише високий рівень майстерності обробки міцного мармуру, а й осмислення арки як величної, «божественної» форми, яка у зв'язку з формуванням культу давньоримських імператорів – перетворює смертного правителя в живого бога.

Зрештою, напівсферична, купольна форма у подальшому процесі естетизації, етизації та сакралізації, була переосмислена як символ духовності та концентрації божественного духу.

Давньоримський Пантеон (118–128 рр. н. е.) за висловом римського сенатора Діона Кассія створений за куполоподібною формою неба (Moore, 1995), вилитий з «римського бетона» (цементу з наповненням

травертинової крихти і цегляним щебенем) горизонтальними шарами. Одне з найбільших у світі купольних споруд має діаметр у 43 з половиною метри, зведене за рахунок з'єднання між собою триярусних розвантажувальних арок, що дозволяють рівномірно розподіляти вагу і бічний розпір купольного перекриття.

Дивоглядно та повчально те, що висота храму до верхньої точки (окулюсу в центрі перекриття) також досягає 43 з половиною метри, що означає рівну пропорційність висоти та ширини, а отже рівномірного освітлення простору храму промінням сонця, що проходить через центральний окулюс. Вищерозглянутий давньоримський Пантеон спроектований у такий спосіб, щоб сонце «проводило» осінь та зиму у верхній півсфері будівлі, а після весняного рівнодення рівно опівдні сонячний промінь проходив через решітку над дверима, а тому імператор входив в храм «разом з Сонцем». Технологічно це стало можливим через кулеподібну форму храму (нагадаймо, висота та ширина будівлі – рівні).

6. «Різьблені» храми

Естетизація, а тим більш сакралізація архітектурних форм мала своїм наслідком подивугідне явище: *імітацію технології їх спорудження*. А саме: створення (виготовлення!) споруд *без будівництва* їх у звичному сенсі цього слова. Йдеться про храми, *вирізьблені* у скелях.

Зокрема, стародавнє місто Петра (столиця Ідумеї, пізніше Набатеїського царства, Йорданія) *висічене* у піщаній скелі на висоті 900 метрів на рівнем моря.

Найбільший храм-мавзолей Ель-Хазне (Йорданія, 1 ст. н. е.) наочно «демонструє імітацію технології зведення давньоримських храмів, у даному разі простилу (див. рис. 1). Колонна галерея портика служить проходом у целлу храму та *ніби* підтримує «дах» споруди. Хоча, як ми відразу розуміємо, ніякого «даху» (у звичному сенсі цього слова як конструкції перекриття будови) тут нема, отож наявність колонади тут технологічно невиправдана. Наявність колонади тут зумовлена лише тяжінням до «загальноприйнятої» звичної для сприйняття, а отже й *естетично привабливої* форми.

Храм-мавзолей Ель-Хазне – не винятковий приклад імітації певної технології. Вирізьблені для захисту християнські церкви в провінції



Рис. 5. Храм-мавзолей Ель-Хазне

Лалібелла (Ефіопія) також засвідчують факти імітації *технології зведення дерев'яних споруд*.

На перший погляд здається, ніби будівлі зведені на стійково-балковому каркасі. У стінах вирізьблені горизонтальні лінії, між якими видовбані кам'яні глиби, утворюючи у такий спосіб вікна та проходи. Квадратні куби на вікнах імітують виступи поперечних балок, а ряд рукотворних квадратних стійок утворює колонну галерею навколо основної частини споруди (рис. 6).

При подальшому огляді стає зрозумілим, що будівельники вправно імітують технологію зведення дерев'яної стійково-балкової конструкції.

Здавалося б, такі подивугідні приклади вирізьбленої кам'яної архітектури мають бути обумовлені відсутністю легших у застосуванні будівельних матеріалів (деревини, глини тощо). Але ж ні, приклади вирізьбленої кам'яної архітектури віднайдені там, де поряд зведені (збудовані у традиційних спосіб) споруди. У Лалібеллі «поряд» з кам'яними, заглибленими у плато пісковика церквами, височіють глинобитні будинки. Давньогрецький Храм Аполона (5–3 ст. до н.е., Делос, дорійський ордер), що являє собою грот (ущелину в скелі), в центрі якого знаходиться круглий вітвар [3, с. 75].



Рис. 6. Камінні церкви в Лалібелла (Ефіопія), 7–13 ст.

Видовбуваючи в камінні отвори для можливого подальшого перебування (чи то зберігання своїх скарбів), люди намагались надати рукотворним формам естетично привабливого вигляду. Зрештою, опанування технології обробки каміння поклало початок зародження монументальної скульптури. Славнозвісні давньоєгипетські храми, висічені в скалі Абу–Симбел вздовж річки Ніл, та обеліски, вирізані з монолітних кам'яних порід вироблені поряд з глиняною архітектурою. У камінні вирізьблені образи богів Амона, Ра-Хорахти, Птаха і царя на фасаді Храму фараона Рамзеса (Абу-Симбел).

Ці артефакти засвідчують, що важливою є не тільки техніка виготовлення, а й сама технологія, тобто логіка та розуміння творчого процесу. Адже навіть найскладніший інструмент без розуміння його застосування в руках неосвіченої людини стає лише бутафорією, муляжем.

Завдяки технології видовбування та викарбування каміння стало можливим «зводити» під землею багатоярусні комплекси нахшталт підземного міста Дерінкую (з турецької *Derinkuyu* – глибокий колодязь) – (6–10 ст.) в Кападокії, глибиною до 170 метрів.

Архітектурний комплекс, викарбуваний в скелі на 20 поверхів вглиб, має вентиляційні шахти та колодязі з ґрунтовою водою. Дивовижно, що навіть на значній глибині люди викарбували звичні для «наземних» приміщень віконця, стовпи та сходи, які справляють враження, ніби вони не видовбані в камінні, а збудовані з деревини чи зліплені з глини.

7. Висновки

Еволюція архітектурної форми *мегарону* – від глинобитного будинку з місцем для вогнища та ночівлі до найбільшої кам'яної споруди засвідчують факт естетизації (призвичаювання цієї форми в історичному поступі людства).

Зокрема, на прикладі Храму Гери в Олімпії (2 ст. до н.е.) видно наслідування дерев'яної конструкції в кам'яній архітектурі. Цей факт історично засвідчує особливості становлення дорійського архітектурного ордера в грецькій культурі.

Переосмислення мегарону як житлової споруди, а зрештою монументального храму, жертовника, являє собою процес *етизації* та *сакралізації*.

Ці «споруди» встигли піддатися процесам *етизації* (ці житла стали вважатися ознакою добробуту, «добра»), *естетизації* (видавалися їм гарними, мало не ідеалом краси) і навіть *сакралізації* (вважались «священними»!).

Це стосується і колон, зокрема, які спочатку зводяться з технологічної необхідності, а з часом слугують необхідним естетичним атрибутом архітектурної форми мегарону, зокрема окремим прикладом монументальної скульптури (каріатиди та атланти).

Якщо глиняні та дерев'яні споруди зводились здебільшого для життя людей, то кам'яні мегарони, що за технологією обробки сировини та принципами будівництва були в рази складнішими – ставали своєрідними культовими спорудами та храмами, часто суто релігійного призначення. Причиною тому є не тільки розуміння міцності та витривалості сировини, адже, якби люди створювали споруди з каменю

лише для того, щоб останні вистояли якомога довше, то ці дивовижні артефакти не були б настільки вишукано та філігранно оздоблені.

Перспективи подальших досліджень полягають у всесторонньому дослідженні процесів естетизації, етизації та сакралізації, що є невід’ємними складовими культурного розвитку людства; аналізі архітектонічних особливостей мегаронів та сучасних методів їх зведення; розгляді питань реставрації та архівування скульптурних та архітектурних складових мегарону.

Список літератури:

1. Акимова Л. Искусство Древней Греции. Классика. Санкт-Петербург : «Азбука», 2007.
2. Безклубенко С. Вступ до культурології. Київ : Альтерпрес, 2015.
3. Виппер Б. Р. Искусство Древней Греции. Москва : «Наука», 1972.
4. Витрувий. Десять книг об архитектуре. Москва, 1936.
5. Глазычев В. Л. Архитектура. Москва : Дизайн. Информация. Картография; Астрель; АСТ, 2002.
6. Дяків М. До історії меблярства. *Збірник наукових праць викладачів та магістрантів кафедри образотворчого та декоративно-прикладного мистецтва та реставрації*. 2019. С. 13–17.
7. Galluccio F. (2016). *Il mito torna realtà. Le decorazioni fittili del Tempio di Giove Capitolino dalla fondazione all'età medio repubblicana*. Campidoglio Mito, Memoria, Archeologia (Exhibit Catalog, Rome 1 March-19 June 2016), 237–291.
8. Hill Ph. V. (1989). *Coins: the Temple through Time*. URL: <http://omeka.wellesley.edu/piranesi-rome/exhibits/show/temple-to-jupiter-optimus-maxi/coins-the-temple-through-time>
9. Marcellinus A. (1940). *The Roman History*, 2, 187–237. Loeb Classical Library edition.
10. Müller V. (1944). Development of the Megaron in Prehistoric. *Greece American Journal of Archaeology*, 48(4), 342–348.
11. Wright, J. C. (2004). A Survey of Evidence for Feasting in Mycenaean Society. *Hesperia*, 73(2), 133–178.

References:

1. Akimova L. (2007). *Yskusstvo Drevnei Hretsyy* [Art of Ancient Greece]. Sankt-Peterburg: «Azбуka». (in Russian)
2. Bezklubenko S. (2015). *Vstup do kulturolohii* [Introduction to culturology]. Kyiv: Alterpres.
3. Vipper B. R. (1972). *Yskusstvo Drevnei Hretsyy. Klassyka* [Art of Ancient Greece]. Moscow: «Nauka». (in Russian)
4. Vitruvius (1936). *Desiat knyh ob arkhytekture* [Ten books on architecture]. Moscow. (in Russian)

Chapter «Cultural studies»

5. Glazychev V. L. (2002). Arkhytektura [Architecture]. Moskow: Dyzain. Ynformatsyia. Kartohrafiya; Astrel; AST. (in Russian)
6. Diakiv M. (2019). Do istorii mebliarstva. *Zbirnyk naukovykh prats vykladachiv ta mahistrantiv kafedry obrazotvorchoho ta dekoratyvno-prykladnoho mystetstva ta restavratsii* [Collection of scientific works of teachers and undergraduates of the Department of Fine and Decorative Arts and Restoration], pp. 13–17. (in Ukrainian)
7. Galluccio F. (2016). *Il mito torna realtà. Le decorazioni fittili del Tempio di Giove Capitolino dalla fondazione all'età medio repubblicana*. Campidoglio Mito, Memoria, Archeologia (Exhibit Catalog, Rome 1 March-19 June 2016), pp. 237–291.
8. Hill Ph. V. (1989). *Coins: the Temple through Time*. Retrieved from: <http://omeka.wellesley.edu/piranesi-rome/exhibits/show/temple-to-jupiter-optimus-maxi/coins-the-temple-through-time>
9. Marcellinus A. (1940). *The Roman History*, vol. 2, pp. 187–237. Loeb Classical Library edition.
10. Müller V. (1944). Development of the Megaron in Prehistoric. *Greece American Journal of Archaeology*, vol. 48, no. 4, pp. 342–348.
11. Wright J. C. (2004). A Survey of Evidence for Feasting in Mycenaean Society. *Hesperia*, vol. 73, no. 2, pp. 133–178.

CHAPTER «HISTORY OF ART»

DEVELOPMENT OF MUSIC CULTURE IN THE WESTERN REGION OF THE UKRAINIAN PEOPLE'S REPUBLIC (1918–1919)

РОЗВИТОК МУЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ В ЗАХІДНІЙ ОБЛАСТІ УКРАЇНСЬКОЇ НАРОДНОЇ РЕСПУБЛІКИ (1918–1919)

Bohdan Kindratiuk¹

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-44>

Abstract. This is the first scientific study with an aim to systematically describe the development of components of multinational musical culture in the Western Region of the Ukrainian People's Republic (ZOUNR). The methodology of our study is also based on the interpretation of new materials. Analysis of facts and systematization of information on the development of music as a subject of research confirm the hermeneutic nature of this study. The application of the historical and anthropological approach reinforces one of the reasons for the emergence of musical works and the development of this genre of art as interdependent parts of the systemic process “creation – performance – perception”. The scientific novelty of the article lies in the study of the manifestations and nature of musical culture in ZOUNR. The development of music was defined by the spiritual uplift of Ukrainians as a result of the proclamation of their independent state, the need to fight for it at the front and in the rear. The activation of artistic life was facilitated by the freedom of public self-validation through music and thanks to it. Works with civic and patriotic content became especially relevant. Church music had its own features. The increase in the number of Ukrainian soldiers has diversified national military music-making. The song

¹ Doctor of Art Studies, Associate Professor,
Professor at the Department of Design and Theory of Art,
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine

repertoire was enriched by works created or reworked at that time. There were many performances by professional artists, and notes were printed as well. The fact that the money they earned were transferred to the wounded and widows stimulated the development of the skills of the performers at concerts, caroling, and parties. The development of music was facilitated by the demand for theatrical performances and music criticism. At that time, a style of “musical Biedermeier” was in its third stage of development. In modern circumstances, art performed its inherent social and cultural functions well both at the front and in the rear. Conclusion. The activities of the ZOUNR citizens in the field of culture testified to the high importance of musical art during the war. Essays on its development give grounds for asserting the fact of a significant contribution of this period to the history of Ukrainian music.

1. Вступ

У час чергового маніпулювання ідеологів Московщини фактами стосовно історії України як однієї з причин військової агресії Росії на Сході нашої держави є актуальним вивчення основ духовного життя українців, укріплення його засад. У цьому поважне місце займає не тільки усвідомлення значення мистецької творчості, особливо в час війни, а й потреба дослідження минулого музики в контексті українського державотворення.

Наукові студії прикмет української музики, твори якої своєрідно відображають дух епохи, настрої в державі, прагнення її громадян тощо, спонукає звернутися до історії Західно-Української Народної Республіки (ЗУНР), що постала в листопаді 1918 р., її об'єднання з Українською Народною Республікою (УНР). Після урочистого проголошення 22 січня 1919 р. на Софійському майдані Києва Акта злуки в одну Українську державу УНР і ЗУНР, терени останньої називали Західні Области УНР (ЗОУНР). Звісно, що донедавна такі студії із-за компартійних табу залишалися невідомими, навіть, вузькому колу мистецтвознавців [3]. Згодом відсутність уваги дослідників до вивчення мистецтва ЗОУНР можна пояснити короткотрасним існуванням цього державного об'єднання, ведення ним від самого початку військових дій, зруйнованого усталеного побуту, спричиненого кількарізовим проходженням ще фронтів Першої світової війни, падіння

промислового й сільськогосподарського виробництва, зменшення кількості населення через війну, епідемії, хвороби, нестачі продуктів харчування тощо. Гадалося, а чи було тоді до мистецької творчості, зокрема, музичення (термін Василя Витвицького)?

Ширшому системному окресленню характеристик музичної культури при першій спробі в ХХ ст. збудувати Українську державу [17], посприяли публікації діаспорних науковців Василя Витвицького (1905–1999) [6], Михайла-Ореста Гайворонського (1892–1949) [8], Ігоря Соневицького (1926–2006) [48], інших дослідників. Вони слушно привернули увагу до значущості музики в той час, зокрема військової, творчості мистців, перепетій їхніх долей. Це підтверджують нові факти з опублікованих недовгих новітніх джерел з історії ЗУНР [9; 11; 13; 22; 23; 48; 49]. Згадки Олександра Кошиця (1875–1944) про виступи під його орудою на теренах ЗУНР Української республіканської капели з Кисва опублікував Микола Гордійчук (1919–1995) [21]. У фундаментальній Історії ЗУНР згадано розвій окремих жанрів музики в Легіоні Українських Січових Стрільців (УСС). Але зібрані відомості стосуються переважно їхнього музичення в час Першої світової війни й перебування в полоні після загибелі Республіки [13, с. 442–453]. Широка історіографія зібрана в огляді мистецького життя Станислава (нині Івано-Франківськ), зокрема як третьої столиці ЗУНР [42; 43]. Деякі події з життя Нестора Нижанківського (1893–1940) її доби віднайшов Юрій Булка (1937–2008) [4]. Стрілецькі пісні як один із феноменів української культури продовжує вивчати Оксана Кузьменко [50]. Щоправда, не виділяє при цьому створені в добу ЗУНР і ЗОУНР.

Опрацювання документів і матеріалів, наукових праць, дослідження джерел, завдяки публікації чи невичерпної історіографії суспільно-історичних процесів у тогочасній Галичині, допомагає віднайти відомості про реалізовану верствами населення потребу музикування, уможливає вивчення проявів складових музичної культури, розвій її окремих жанрів, їх особливостей [9; 11; 13; 16; 22; 23; 42–44]. Актуалізує наші студії також те, що сучасне музикознавство мало б вивчати не тільки вершинні здобутки культури, а й сферу вподобань середніх прошарків суспільства [12, с. 137]. Бачимо відображення в мистецтві прагнення українців мати свою державу. Тут у нагоді стають, окрім документальних джерел, твори красного письменства, опублікована

епістолярна спадщина тощо. Яскравим прикладом тогочасних патріотичних настроїв є діалог у новелі Василя Стефаника (1871–1936) Сини: «Тату, – каже, – тепер їдемо воювати за Україну». – «За яку Україну?» А він підоймив шаблев груди землі та й каже: «Оце Україна, а тут, – і справив шаблев у груди, – отут її кров; землю нашу ідем від ворога відбирати [49, с. 188]). Про роль мистецтва у війську ЗОУНР згадали його генерали [26; 51].

Із нагоди відзначення 2018 року 100-річчя ЗУНР нами вже приверталась увага до значення й особливостей побутування музики в різних сферах життя молодого держави [17]. Водночас появилися нові публікації [9; 11]. Вони допомагають краще зосередитися на питанні розвитку музичного мистецтва в ареалі Західної України вже як ЗОУНР, дещо інакше розставити акценти. Чимало осіб, про яких згадано, зокрем в Енциклопедії ЗУНР, займалися музикою, мали певну мистецьку освіченість [11, т. 1, с. 46, 61–63, 65].

Увага до ЗОУНР і відсутність системного опису побутування музичного мистецтва в різних сферах суспільного життя на її теренах формують суперечність, яку пробуємо подолати своєю працею. Її **мету** бачимо в спробі системного нариса розвитку складових полінаціональної музичної культури на теренах Західних областей України 1918–1919 рр., а **завданнями** дослідницького пошуку є потреба ще раз привернути увагу до тогочасного розвитку музики в цьому ареалі України, укріплення методологічної основи таких студій, дещо інакша, аніж у попередніх розвідках, логіка подачі матеріялу. **Методологія** дослідження ще ґрунтується на тлумаченні нових матеріялів. Аналіз фактів і процес їх інтерпретації, систематизація відомостей про розвиток музики, як предмет наукового пошуку, утверджує герменевтичні студії. Застосування ж історико-антропологічного підходу підсилює одну з причин виникнення музичних творів і розвиток цього жанру мистецтва як взаємообумовлених ланок системного процесу *творення – виконання – сприймання*. Науковою новизною наукової праці є вивчення проявів і характеру музичної культури в ЗОУНР.

2. Музикування в системів полінаціонального мистецтва

Проголошення ЗУНР створило умови для ширшого побутування головних складових полінаціонального мистецтва, адже вільне його

використання етносами вможливило законодавче закріплення рівних прав націй без різниці мови, віри, роду, стану чи статі [37]. Себто ще однією специфічністю музичної культури ЗОУНР був безперешкодний розвиток інструментального й вокального фольклору українців, поляків, євреїв, вірмен, німців, ромів, румунів, угорців, ін. народностей і прикмети музикування кожного соціального прошарку в її етнографічних регіонах (Бойківщини, Буковини, Гуцульщини, Закарпаття, Лемківщини, Опілля, Покуття). Властивості музики значною мірою виражалися місцем проживання людности, більшість якою була в селах і займалася сільським господарством (пріоритет у цьому, звісно, належав українцям). Подібно було у війську Республіки, де кількісну перевагу мали селяни. В аспекті нашого вивчення відзначимо, що їхній мистецький хист підтверджують яскраві фрагменти з української прози й поезії, загалом її естетична суть.

Серед музичних жанрів найпопулярною була пісня. Вона віддавна відтворювала життя людей: історичні події, побут, роздуми тощо, зміцнювала дух етносів у скрутні часи, допомагала вірити в краще майбутнє, зокрема українцям – у незалежність своєї держави. Музичний побут сприяв тому, що діти з колисковими сприймали й виконували колядки, гагілки, обжинкові пісні тощо. Досвід участі в музично-театральних дійствах отримувався на зібраннях, де церковними піснями, дзвоніннями й творами малярства славили Бога, у постановках вертепів, великодніх хороводах. Стимулом опанування виконавськими вміннями було очікування винагороди за колядування, щедрування. У ЗОУНР зібрані таким способом кошти започатковували практику їхньої передачі на потреби поранених [10].

Рівень музичної культури в краї обумовлювало й те, що до Першої світової війни тут діяла мережа спеціальних навчальних закладів, розвивалися громадсько-просвітницькі й музичні товариства різних етносів, творили їхні композитори, виступали мистецькі гурти й окремі виконавці, публікувалися наукові студії [3; 16], згуртовувалися дяки, до церковних хорів долучалися школярі [54], існували давні традиції домашнього музикування [42; 43].

Зазвичай у вокалістів Галичини були популярними для виконання побутуючі тут традиційні музичні жанри – духовні й світські хори, ансамблі, солоспіви, обробки народних пісень і не тільки українських,

а й інших народів [16, с. 164]. Членами хорових гуртів була, як правило, свідомо, соціально активна молодь.

У всіх заможних родинах змалку брали уроки гри на фортепіано. Уже йшли бої у Львові, а газета *Діло* подала оголошення про можливість *вправлення на фортепяні* [25]. Теж музичили на альті, віолончелі, гітарі, мандоліні, скрипці, цитрій, інших інструментах. Гра на них, як і спів, стали традиційними чи не в кожній сім'ї. Часто пісні виконували під акомпанемент гітари. В УСС вона стала справжнім *польовим інструментом* [5, с. 79]. Очевидно, в Українській Галицькій Армії (УГА) вона теж була затребуваною.

Жваве культурно-мистецьке життя на перших порах ЗУНР вели українські гімназисти, зокрема ті, що за молодим віком не пішли на фронт. Вони влаштовували тематичні вечори й концерти, театральні постановки [20, с. 60]. Звісно, що останні не обходилися без музики. Ще підтверджує певний рівень розвитку музичної культури а краї спогади О. Кошиця. Він зауважив, що в Галичині громадянство «пізнало зразу, яку пропагандивну роль може відіграти в Європі Капела, і прямо носило нас на руках. ... Галичани кохались у нашому співі, цінили і шанували нас» [21, с. 15].

У ЗОУНР усвідомлювали потенціал музики, його підпорядкування веденню бойових дій, зміцнення тилу. Її розвиток стимулювався державними заходами. Відповідно до урядової ухвали, прийнятої у квітні 1919 р., створили Центральний Комітет до помочи жертвам війни. Він мав місцеві й повітові організації. Їхня мета полягала в нагромадженні пожертв у грошах і натураліях для допомоги вдовам і сиротам вояків, які загинули. Передовсім доручалося добувати доходи для Центрального Комітету, зокрема збирати добродійні внески, «заініціювати засаджування вечерниць, концертів, та аматорських представлень і кінематографічних» [24, с. 280].

У той час діяльність Станиславівського відділу музично-хорового Товариства Боян могла ледь жевріти, адже більшість його членів мобілізували на війну. Піклування за підвищення рівня виконавської майстерности його учасників підтверджує запрошення «всіх членів приходити на проби співу, які відбуваються що втірка і суботи від год. 7 вечером на «Бесіді» [27]. Уряд у квітні 1919 р. виділив для Бояна субвенцію 5 000 гривень, як і певну суму для театру [40, с. 101]. Такі

факти підтверджують усвідомлення урядом ЗОУНР ваги мистецтва та його значення для формування духовної культури кожного.

3. Церковна музика

Осердям мистецтва ЗОУНР була церковна музика різних конфесій (богослужбовий спів, гра органа, дзвоніння). Вона допомагала славити Бога, вірити в нього, вимолювати краще життя. Співаки, приміром, учні семінарії під орудою учителів, виконували при частих тоді погребях псалми. Запорукою розвою церковного мистецтва було обговорення задумів реформ, згуртування священників, розгляд проблем покращення умов для їхньої роботи тощо. Публікувалися проекти змін у діяльності духовенства, планувалася відбудова зруйнованих храмів [17, с. 45]. Значення церковних хорів підтверджується практикою їх заборони польською адміністрацією на окупованих теренах, особливо тоді, коли хоронили українських вояків [22, с. 124].

Хоч звукове довкілля внаслідок строгих австрійських реквізицій дзвонів у роки Першої світової війни (залишали тільки дуже давні ідіофони) утратило домінуючий феномен організації простору на засадах сакральності – пишні канонічні дзвоніння, але їхні благовісткування замінили вдаряннями в біла, клепала. Продовжували звучати з веж годинникові дзвони. Під їхню музику з четвертої години 1 листопада 1918 р. у Львові українські військові загони займали стратегічні об'єкти, а вдень удари часоміра провадили підняття на ратуші синьо-жовтого прапора. Биття таких дзвонів супроводжувало віча. Укорінення дзвонів підтверджує, приміром, згадка про сполошну музику дзвонів у газетах. Чимало видань називалися *Дзвін*. Він звучав на Софіївській площі Києва при проголошенні Акта Злуки ЗУНР і УНР, що бачимо в кінохроніці. Ударяння настінних і підлогових годинників відміряли час в окремих помешканнях.

Свої особливості мав церковний спів у війську. УГА ділилася на два відділи (оперативний і організаційно-матеріальний). В останньому був підвідділ польового духовенства. Воно налагоджувало виконання сакральних піснеспівів, зокрема тих, що звучали на похоронах при відспівуванні вбитих чи померлих від ран вояків. Серед державних нагород навіть передбачили орден Хрест для духівників [13].

4. Музика під час відзначення урочистостей

Узвичасно українці Галичини величаво відзначали свої свята. До їхньої програми входило відправлення богослужіння декількома священниками й дияконами, *промовляння* громадських діячів, виконання присутніми національного гімна, інших патріотичних пісень. Тяглисть таких торжеств укріплювалась у ЗУНР. Адже у нових умовах спалахнуло публічне масове музичення українців. На другий день у листопаді 1918 року після захоплення Львова українськими військовими в церквах краю били у дзвони, навіть, як здавалося, вони інакше звучали; храми наповнювалися людьми. Коли з проголошенням української державности в Коломиї молилися за душі убієнних, то зібрання виявилось *торжественним*: «Дев'ять священників, два диякони, хор жіночої семінарії» [23, с. 19–20, 97].

Набули особливої актуальности твори громадянсько-патріотичного спрямування. Вони звучали на вічах. Таке зібрання 3 листопада 1918 р. відбулося в Чернівцях [13]. У травні 1919 р. після віча в Чорткові «рушили учасники походом через місто, співаючи патріотичні пісні» [7]. Подібні свої твори виконували представники інших етносів у важливих для них моментах. Музика допомагала одним підсилювати радість перемоги, відзначати тріумф, а інших повідомляла про окупацію. Уночі з 10-го на 11-те січня 1919 р. військо поляків відкинуло українські частини з-під Львова й *умашерувало* в місто *зі співом та музикою* [26, с. 32].

Українці раділи проголошенню вікопомної Злуки як апогею своїх прагнень до соборної держави, переживали загальне душевне піднесення, їх надихали повідомлення про події в Наддніпрянській Україні, універсали її Центральної Ради, вісти про визволення з-під московської окупації, сприйняття майоріння свого національного прапора. На завершення віч виконували різні свої гимни. Завзятіше співалося інші твори громадянсько-патріотичного спрямування [23, с. 20, 73, 86].

Спів і гра оркестрів лунали при відзначенні в ЗОУНР Першотравня як державного свята. У Станиславові в салі Монюшка згромадилися члени єврейської соціал-демократичної партії, після промов «вийшли зібрані на площу... Тут привиталися гучними окликами з організаціями українських робітників, що надійшли з музикою і прапорами» [45]. Услід виступів ораторів оркестр залізничників виконав український гімн і Марсельезу. Відбулася хода українських і єврейських

організацій «при звуках пісень та музики головними вулицями міста» [45]. У Коломиї тоді для «звеличання свята чимало причинилися продукції робітничого хору й музики залізничників і військової» [46]. Нею називали духові оркестри, які були в УГА й у робітників, а до Першої світової війни навіть у селян.

5. Мўзика у війську

Особливу роль мав спів серед військових. Він був серед засобів зміцнення його духу. При від'їзді на війну галицькі стрільці під час прощання з рідними узвичаєно виконували популярну в той час пісню *Коню мій вороненький...*, а підрозділи УГА на маршах – похідні пісні. Своєрідно співали музичний твір січовиків про славу Макивку в грудні 1918 р. під час марширувань Коломиєю вояки сформованого з місцевих євреїв *Куреня помсти* [23, с. 40]. У такій ходьбі хвацько виспівував не тільки цей підрозділ. У місті часом виконувалися московські пісні (*Чубарики-чубчики, Соловей-пташечка, Яблучко* й ін.). Щоправда, коломиїці сприймали їх з осудом і газети швидко зреагували на такий чужинський репертуар. У дописах гостро критикували те, що горланили «поворотці з московського полону або зо східнього фронту. Але потім уже всі співали тільки українських маршових пісень» [23, с. 145].

Пісні, що виконували в УГА, упорядковують на похідні, бойові, історичні, любовно-побутові [2, с. 23]. Ще в ЗУНР популяризувалися пісні УСС, з якими вони пройшли фронти Першої світової війни, виконувалися вокальні твори, що виникли у зв'язку з подіями на українсько-польському фронті. Після евакуації українського війська зі Львова в листопаді 1918 р. командування УГА створило групи Схід, Старе Село, Південь, Північ, ін. Про одну з них у січні 1919 р. Лев Лепкий (1888–1971), командир сотні кінноти, написав пісню *Група Схід* [5, с. 18]. Ця композиція, як і другі стрілецькі пісні, допомагали армійцям у боях із переважаючими силами поляків тримати фронт. Серед таких творів пори ЗОУНР авторства Л. Лепкого є чимало інших. В пісні *Ми йдемо вперед* ним добре відображено бойовий дух УГА, його піднесення в 1919 р. під час Чортківського наступу [5, с. 56]. Ще 1917 р. Роман Купчинський (1894–1976) створив поезію *Ой зацвіла черемха*, а мелодію до неї – Антін Баландюк (1893–1953) через три роки в польському полоні [5, с. 38]. У пісні *Засумуй, трембіто* Р. Купчинський відобразив

лихоліття УГА в т. зв. чотирикутнику смерті. Щоправда, В. Витвицький переконаний, що твір написали Р. Купчинський і Н. Нижанківський [6, с. 326]. Однак, у Великому співанику *Червоної Калини*, як і в мережі Інтернет, вважається, що авторство належить тільки Р. Купчинському [5, с. 41]. Є чимало пісень, коли їхніх творців не вдається встановити. Серед подібних композицій стрілецького пісенного літопису був вояцький твір Р. Купчинського й Л. Лепкого, який аноніми, як вважає О. Кузьменко, переробили в окремі пісні *Із-за гори високої та Поспішають галичани*. Іноді вірші, що могли стати вокальними творами, друкували в часописах без відомостей про автора. При цьому особливу вагу мали прислані з фронту. Серед імпульсів до створення пісень був не тільки відгук мистців на певні події, а й враження від значимих осіб. Пісню *Ірчик* Р. Купчинський написав у 1920 р. та присвятив хорунжому УСС Мирославу Ірчану (1897–1937) [5, с. 78]. Окрім авторських пісень, в УГА виконували перероблені народні твори. В її кінноті змінили один із них – *Ой у полі верба* – й залюбки тут співали. Із задоволенням виконували армійці вояцьку пісню *Бистра вода*, фольклорні твори *Коло млина яворина*, *Ой, у полі нивка*, *Ой любив, та кохав* [5, с. 24–27, 44–46]. Наші студії показують, що не менше восьми творів для співу написано в ЗОУНР [5, с. 18, 21, 38–39, 41–42, 78].

Спів був складовою взаємодії вояків. Коли підрозділи УГА відступали з-під Стрия, то в Дрогобичі генерал Михайло Омелянович-Павленко (1878–1952) почув, що «здалека доносилася пісня. Це було скріплення» [26, с. 131]. Таке своєрідне повідомлення про появу резервних частин дозволило командуючому впевненіше казати старшинам, коли проходив уздовж стрілецьких лав, що йде підмога. Аргумент про значення музики знаходимо ще в спогадах про весну 1919 р. (їх підрозділ має назву *Тяжкі дні У. Г. А.*). Тоді з розчаруванням дізналися про підтримку Антантою поляків і дух українців дещо підупав: «Армія – це живий організм, що – як й одиниця – радіє, страждає, захоплюється добрим перебігом подій та огортається сумом, коли нищаться її здобутки» [26, с. 124]. Тому вирішили «дати боєвим частинам необхідний відпочинок. Для цього уряджено в припіллях Бригад пункти часового спочинку з лазнями, церквами, розвагами та ін.» [26, с. 125].

Такий вид музичення, як мистецький свист людини, зокрема в кризових ситуаціях, зміцнював її стресостійкість. Коли група стрільців разом

із Мироном Тарнавським (1869–1938) могла попасти в полон, генерал побачив серед переляканих приятелів одного з-поміж них, що «заховав повну рівновагу духа й природні краску обличчя. Це був вічно розсміяний ... пустун Кох. Він у найскрутніших моментах умів підшукати ... веселу мелодію, яку підсвистував собі з найбільшою увагою. І тепер він свистав із великим чуттям якогось вальса» [51, с. 123–124].

6. Творення музики за допомогою духових (трубних) інструментів

Вельми гучної, як на той час, і, зазвичай, заворожуючої музики духових (трубних) оркестрів у ЗОУНР посприяло побутування такого мистецького гурту в УСС із кінця літа 1915 р. Згодом там створили ще два. Інструменти для першого оркестру вдалося роздобути завдяки допомозі священника Селянського в селі Вовчинці (із 1982 р. в складі Івано-Франківська). Колектив під керівництвом М. Гайворонського й Романа Лесика успішно виступав аж до листопадових подій 1918 року: грав на фронті й у тилу, при вправах і переглядах військ, концертував між австрійськими, мадярськими й німецькими частинами, у Станиславові (навіть у церкві), інших містах України. Усюди гру галичан зустрічали привітно, а їх оркестр став «живим великим пропагандивним чинником». Відповідно в «музикантів була охота до праці й амбіції» [8, с. 14]. Наступний оркестр створили при вишколі УСС навесні 1918 р. під орудою Богдана Крижанівського. Після кількох місяців самостійного функціонування мистецькі гурти, уже в Центральній Україні, злилися. Третій оркестр цього Легіону організували на початку наступного року [8, с. 12]. Щоправда, зі спогадів М. Гайворонського непросто догадатися місце народження третього музичного колективу. Мабуть, там, де тоді були УСС.

Духові оркестри потребували сучасного репертуару. Тому М. Гайворонському ще в роки Першої світової війни довелося відразу «за браком нашої літератури для трубної оркестри ... інструментувати все, що для того ... надавалося. Це я робив і komponував» [8, с. 12]. Пізніше оркестри в ЗОУНР, мабуть, виконували його марші *Перший стрілецький похід*, *Другий стрілецький похід*, *Стрипа*, *В дорогу*, *Їхав козак*. Водночас, напевно, грали багато творів, ноти яких привезли ще в роки Першої світової війни зі Стрия, де духовий оркестр мав поважну нотну

бібліотеку. Пізніше частина нот попала в руки більшовиків, друга – до поляків, дещо привезли з походів у Стрий Г. Іванів і П. Кігічак. Одним із підтверджень значимости створеної музики в часи визвольних змагань є й те, що партитури кращих творів, передовсім стрілецькі марші, М. Гайворонський планував відреставрувати, почав збирати ноти оркестрових партій (*походові книжечки*), що збереглися [8, с. 12]. Він пам'ятав лише фрагменти, тому 1935-го року в зверненні писав, що «хоча б і найменший матеріал (голосовий) pomoже мені легко відтворити цілість» [8, с. 14]. Для цього просив своїх музик, які зберегли такі пам'ятки-«книжечки», прислати їх на адресу *Літопису Червоної Калини* [8, с. 14].

Запорукою майстерної гри духового оркестру була праця багатьох людей, а не тільки диригента й оркестрантів. Коли тільки формувалася нотна бібліотека українських музичних колективів, кожному з його учасників треба було дати партії нових творів. Тоді, приміром, у мистецькому гурті М. Гайворонського флейтист Євген Якимів «цілими ночами сліпав та переписував голоси» [8, с. 12]. Духовий оркестр мав коня, аби перевозити великого бубна, іноді музик супроводжував окремих кухар, який забезпечував їхнє дещо краще й, головне, вчасне харчування [8, с. 13]. Серед інших умов успіху оркестру було добре знання диригентом індивідуальности його музик, що видно з їхньої характеристики М. Гайворонським. Особливо цінувалися ним ті оркестранти, які не тільки мали розвинені спеціальні здібности, а й завжди залюбки грали та, ніби, ніколи не втомлювалися, славилися працьовитістю, почуттям відповідальности, товаришкістю. Їх ентузіазм передавався іншим, «піддержував часто і томлячу працю-вишкіл». Траплялося, що окремі музики були добрими виконавцями, але їм до походів ноги *не служили* [8, с. 13].

Про значущість музики, яку грали духові оркестри, зокрема в пору війни, свідчить чимале їхнє число, вимоги до виконавської майстерности. Після призначення М. Гайворонського візитатором оркестрів при УГА, колективом музик ЗОУНР почав управляти Юлько Форемний. Услід переходу військ УГА за Збруч, М. Гайворонського призначили головним капельмейстером духових оркестрів армії УНР [8, с. 14].

Важливе місце духових оркестрів в УГА підтверджує те, що вони були в значніших військових частинах (їхні музики, як і капелани, мали свої відзнаки на однострої). Коли 15 листопада 1918 р. в Коломию

приїхав Дмитро Вітовський (1887–1919), то «сотня української армії складала звіт першому українському військовому міністрові під звуки національного славня. Військовою духовою оркестрою диригував пор. Гнат Колцуняк» [2, с. 23]. Виконання українських мелодій провадила армійців на місця вишколу. Після прибуття в Галичину на початку січня 1919 р. міністра УНР отамана Микити Шаповала (1882–1932) в Золочеві провели під музику оркестру марш-парад, заграли *Ще не вмерла Україна* [23, с. 141–142]. Диригентом гурту духовиків Золочівської округи тоді міг бути Ю. Форемний. У березні голова Директорії УНР, Головний Отаман її армії Симон Петлюра (1879–1926) побував у Бережанах. Почесна сотня віддала вшанування, «а військова кошева музика відіграла національний гімн» [30]. У травні після віча в цьому місті оркестр уже заграє «національні гімни» [7].

Гарне виконання належних музичних творів, краса їхнього звучання укріпляли в очах світової спільноти значення новоствореної Української держави. Оркестрантам доводилося швидко вивчати гімни інших держав. Після прийняття в Станиславові міжнародної місії Червоного Хреста й представників американської та англійської преси «на кінець заграла музика український і союзні гімни» [35]. Не тільки український славень міг звучати, коли в тодішню столицю прибула італійська військова місія [36].

Гра духових оркестрів звучала на похоронах значиміших осіб. Виконувалися різні траурні твори. І це не випадково, адже такі музичні гурти, приміром, один із них під орудою М. Гайворонського ще в роки попередньої війни мав у репертуарі, окрім звичайних і концертних маршів, чимало похоронних [8, с. 13]. Тоді ж звучав спів церковних хорів [9, с. 133].

Серед армійських музик виділялися сурмачі. Їхня гра на сурмі (металевий аерофон, що нагадує формою та розмірами корнет, але без клапанів) повідомляла не тільки про значніші події чи сприяла взаємодії війська на полі бою, а й при цьому підбадьорювала вояків, укріпляла дух. Для сурми, чи як тоді казали *сигналової трубки*, М. Гайворонський ще в роки Першої світової війни опрацював усі сигнали. Але, чомусь, із них австрійки дозволяли тільки «грати стрільцям *Вечірний клич*» [8, с. 14]. Мабуть, у війську ЗОУНР такої заборони не було. Між джерел музичної іконографії є фото сурмача в однострої УСС.

7. Формування культури сприймання музики

Одним зі стимулів розвитку музики й залучення до музичення, зокрема, сприймання її творів різними верствами населення, стала організація концертів для збору коштів на нужди Українського Червоного Хреста. Газети, запрошуючи станиславівців відвідати виступ артистів, писали, що на дохід цієї інституції Товариство *Українських Жінок* дає концерт у кінотеатрі *Австрія*. Цікаве рекламування виступу: «Програма добірна. Виконання бездоганне. Ціль висока» [29]. Підняття на вищий рівень слухацьких уподобань і смаків реципієнтів музики сприяла турбота Української республіканської капели про поранених і хворих стрільців у госпіталі Станиславова. Також у місті для потреб Українського Червоного Хреста і *Санітарної Станиці* виступали перед чужоземними гостями в одному концерті Марія Шекун-Коломийченко (1892–1938), піаністка Іванна Шмериківська (1893–1982), бандурист-віртуоз Василь Ємець (1890–1982), Чернівецький український театр. З урахуванням, мабуть, значимости іноземців і згаданих артистів, які гастролювали, а також для забезпечення повноцінного сприймання творів, у газетному оголошенні попередили, що «під час виступів входити не вільно» [9, с. 133].

Газети, запрошуючи станиславівців відвідати виступ артистів, писали, що на дохід Українського Червоного Хреста Товариство *Українських Жінок* дає концерт у станиславівському кінотеатрі *Австрія*. Цікава реклама виступу: «Програма добірна. Виконання бездоганне. Ціль висока» [29]. А після концерту в Станиславові Республіканської капели в газеті критикували окремих слухачів із публіки за поведінку, зокрема й за те, що вона «невдячна й егоїстична. Їй мало того, що дає програма. І вона вперто домагалася від змученого диригента і його капели повторення сих запаших степових цвіток» [32, с. 647].

Формуванню слухацької культури, окремих ціннісних орієнтацій в її структурі сприяло відзначення праці організаторів концертів. Після їх проведення артисти дякували тим, хто до цього приклав старання. М. Шекун-Коломийченко опублікувала в газеті звернення, де висловила слова подяки «Модестови Левицькому за його безкорисний труд та артистичне улаштування концерту» [53]. Такі обнародування стимулювали майбутніх організаторів виступів, відзначали працю артистів, спонукали відшліфувати майстерність: «Скільщина відсвяткува-

ла ... річницю смерті Шевченка концертом. На програму зложилися: промова, продукції на фортепяні та скрипці, деклямація та спектакль для дітей «Серед цвітів». Усі точки були виконані добре, скрізь видно добру волю та працю виконавців. За уладження концерту належить особлива подяка п. Корженьовській та п. Кудрикови» [14]. Коли Молода Громада провела в Коломиї 30 березня 1919 р. Шевченківське свято, то, як відзначали, «найбільшу увагу звернули на себе отсі продукції: точки програми, виведені військовою музикою, під проводом п. Гната Колцуняка, виступи мішаного хору, деклямація ред. Ом. Карашкевича. Також загально подобався дует пп. Балевичів, які відспівали фрагмент із опери «Страстний Четвер» нашого молодого композитора п. Мик. Бобикевича» [31, с. 646].

8. Музика в театрі й кіно

Музика звучала в театральних виставах, що стали особливо бажаним розрадником у складний час війни. Затребуваними були виступи музично-театральних труп різних національностей, створених у Коломиї, Тернополі, Станиславові, Чернівцях, ін. містах [13, с. 442–447]. Потреба людей у перегляді театральних постановок у ті буремні часи добре показана Іваном Монолатієм на прикладі Коломиї. *Пальму першості* в її театральному житті тримав *Аматорський кружок*, акторами якого були учні й гімназисти. «Кошти, отримані з продажу квитків, а також добровільні датки спрямували на потреби окружної УНРади і Українського Червоного Хреста» [23, с. 66–67]. Після захоплення Румунією Буковини її театр гастролював по ЗОУНР. Відомо про репертуар Українського чернівецького театру на 27, 28 лютого й перші два дні березня. Зокрема при запрошенні на перегляд вистави *Вій* її рекламували «фантастичною оперкою на чотири дії Марка Кропивницького» (1840–1910). Чернівецький театр у травні 1919 р. об'єднався в Станиславові з театром Йосипа Стадника (1876–1954) у Державній театр ЗОУНР. Значення діяльності українських театрів підтверджує закриття подібної інституції за наказом польського уряду у Львові [9, с. 135].

Саме на час ЗОУНР припадає якісно новий етап діяльності єврейської драматичної трупи. Її розвою в Станиславові сприяла демобілізована єврейська молодь, міграційні процеси. Завдяки їм драматичний гурток реорганізували в музично-драматичне товариство імені Абра-

ма Гольдфадена (1840–1908). Вивчення діяльності цього мистецького об'єднання дозволило зробити висновок про міжнаціональні зв'язки й взаємопроникнення культур різних народів на теренах Галичини [42, с. 196]. Водночас, таке узагальнення можна віднести до тогочасних ознак мистецтва ЗОУНР.

Про *інавгураційну* виставу новозорганізованого українського театру Й. Стадника в пресі так повідомлялося: «У вівторок 6. мая с. р. в салі Тов. Монюшка перша вистава Й. Стадника, на яку призначена «Казка старого млина», драма на 4 дії Спиридона Черкасенка» (1876–1940) [9, с. 135]. Згодом мистецький гурт запрошував на комедію Володимира Винниченка (1880–1951) *Повстання панни Марі*, драму Переца Гіршбейна (1880–1948) *Земля*. Ще 21–22-го травня 1919 року йшла комедія Карло Гольдоні (1707–1793) *Мірандоліна*. В Ольгопільському повіті УНР «по селах провадиться вистави аматорськими гуртками, які роблять гарне вражіння на селян» [9, с. 135]. Своєрідною могла бути музика в сільських театральних колективах. Кошти, отримані з продажу квитків, скеровували на потреби Українського Червоного Хреста.

Демонстрацію тогочасних німих кінострічок провадила гра музик. Нею приваблювали глядачів. Коли запрошували в кіно, то приверталася увага не тільки до *чудової гри артистів*, а й обіцялася *прегарна музика* [28]. У Станиславові в роки українсько-польської війни працювали два кінотеатри. Значення кіно для ЗОУНР підтверджує викуп за 16 тисяч корон у чехословацьких військових в одному з міст на Волині «дуже гарних апаратів городського кіно» [9, с. 135].

9. Музичний бідермаєр

Систематизація матеріалів про мистецтво ЗОУНР дозволяє краще бачити своєрідність побутування такого стильового напрямку як музичний бідермаєр. Цим поняттям мітять настанови особистості, її настрої в пору реакції, плеканні приватного, домашнього, родинного життя, культивування так званих маленьких радощів. Проблематика музичної течії із самих початків відповідала певному способу життя, мислення, а то й вдачі особистості. Прикмети галицького музичного бідермаєра як своєрідного русла загальноєвропейського мистецького потоку, сформованого на початку ХІХ ст., бачать в активному застосуванні національних тенденцій, зокрема дії форм і жанрів, що вини-

кли на українському ґрунті (думки, шумки, обробки народних пісень) [12, с. 144–145]. Певно, що цей перелік у часи ЗУНР і ЗОУНР, на які припадає, як вважаємо, третій етап музичного бідермаєра, розширився в українців завдяки стрілецьким пісням. Мабуть, свої особливості такий стилевий напрям мав у музиці інших етносів. У час збройного протистояння українців і поляків правом привселюдного вільного музичення на перших порах успішно скористалися перші, а другі, як і представники інших етнічних спільнот, певно, частіше виражали себе в домашньому музикуванні. Як знаємо, у молодій Республіці не кожна етнічна верства переймалася проблемами українців, та й серед них не всі були свідомими громадянами. Напевно, із погіршенням для УГА обстановки на фронті, розширення окупованих теренів ЗОУНР, мінялися настрої її громадян. Серед них, мабуть, усе популярнішими були музичні твори представників бідермаєра, що, як відзначають музикологи, акцентували увагу на неповторності миттєвостей життя, виділяли достоїнства маленької людини, возвеличували представника низів, сприяли найбільш точній і особливо виразній передачі простих, невибагливих запитів, скромного потенціалу, сприяли втечі засобом домашнього музичення в спокійне родинне життя. Цьому допомагало виконання соло чи дуетом, іноді в супроводі інструмента популярних жартівливих, любовно-ліричних пісень, пісень-романсів, міських варіантів народних вокальних творів тощо [12, с. 137, 142].

10. Перипетії життя мистців-музикантів і мисткинь-музиканток

У добу революцій кожен, зазвичай, проходить через випробування голодною повсякденністю, суворим побутом, участю у військових діях. Це міняє траєкторії життя. Подібно було з мистцями, активними учасниками боротьби за незалежність України [4]. Їх обдарування знаходили застосування в мистецькій творчості. Під враженням участі у боях щиро, швидко й точно відображались їхні перипетії. Так виникло широке коло поезій, стрілецьких пісень як унікальних перлин української музики. Їх В. Витвицький поділив за змістом і призначенням «на чотири групи: бойово-патріотичні, жалібні, любовні і жартівливі» [6, с. 495–496]. Подібно пісні, що виконувалися в УГА, упорядковують на похідні, бойові, історичні, любовно-побутові [2, с. 23].

Коли оркестранти-духовики УСС, яких на початку листопада 1918 р. було у Львові в мистецькому гурті 22 чоловік, узяти до рук зброю та воювали на українсько-польському фронті, то ще взимку під містом чимало музикантів-патріотів загинуло: добрий виконавець Демчишин (із Лісник), який грав на тромбоні (бас-позавна), брат М. Гайворонського Петро (альтист) [8, с. 13].

Про сутужне життя професійних митців і мисткинь, їхню самооцінку здогадуємося з оголошення: «Музик-сольо-клярнетист, вільний від війська, має бюрову практику, глядає посади. Платня пожадана щонайменше 500 К. місячно» [33]. Серед професійних музик були й жінки. Поміж оголошень знаходимо адресатку Герміну Земан, котра зауважила, що вона музикантка [34].

Відомий етнограф, секретар Наукового товариства ім. Т. Шевченка у Львові Володимир Гнатюк (1871–1926) давав оголошення, де просив повідомити про місцеперебування свого сина Юрія [9, с. 136]. Напевно, що переживання за його долю гальмувало наукову роботу знаного дослідника.

Трагічною була доля відомих постатей на зайнятих ворогом теренах. Під час польського свавілля в Стрию окупанти 22 травня 1919 року замучили особливо жорстким способом (укинули в корито, а потім залили кип'ятком [48, с. 3] Остапа Нижанківського (1863–1919) – священника УГКЦ, відомого композитора, диригента, знаного кооператора, нотовидавця, популяризатора українського хорового співу й державного діяча (голова Стрийської Повітової УНРади ЗУНР [13, с. 178], член Національної Ради від Стрийщинин [26, с. 123]). Його сини Степан, Богдан і Нестор ще в листопаді 1918 р. записалися добровольцями в УГА. Н. Нижанківський, коли приїздив на Великдень у відпустку до батьків, зустрівся тут з Українською республіканською капелою. На її концерті виступив акомпаніатором і проявив, за словами О. Кошиця, неабияку майстерність. Пізніше в грудні 1920 р. Н. Нижанківському, як абсолютному музичній академії у Відні, виділили з Державної каси ЗУНР позичку «в квоті 36 000 К. на укінчення висших студій музичних у Відні, платної в 12 ратах місячних по 3000 К.» [38, с. 450–451]. Подібно виділили квоту 10 тис. чеських корон товариству *Кобзар* в Ужгороді, організованого колишніми членами Української національної капели головно для «акції просвітно-організаційної на Прикарпатській Україні» [39, с. 468].

Водночас на прикладі Н. Нижанківського бачимо, що участь музик у військових діях часто калічила митців як фізично, так і душевно. Так трапилося з ним, коли йому прострелили руку [48, с. 3], що додало каліцтва, адже її пошкодило ще в роки Першої світової війни при падінні з коня. Травма на перших порах викликала в майбутнього відомого піаніста, композитора й педагога вельми негативні переживання, навіть приступи відчаю.

11. Нотовидавництво

Важливою складовою музичної культури тогочасної України було нотовидавництво. Його студії Іриною Савченко показали, що 1917–1920-ті рр. стали для нього найпліднішим періодом [44, с. 22]. Серед надрукованих збірок музичних композицій чимало тих, що появилися, як думається, в ареалі ЗОУНР зокрема завдяки подвижницькому впорядкуванню творів Євгеном Турулою (1882–1951) – українсько-греко-католицького священника, диригента, нотовидавця, педагога й композитора. [44, с. 162–164, 229–233]. Серед міст із нотовидавництвами виділяється Коломия та Станиславів. Окрім того, частину нотовидань поширювали кустарним, фотомеханічним способом (може тому фахівцям іноді важко встановити точний час і місце їх опублікування). Серед нотодруків виділяються *Українські пісні: На голос в супроводі фортепяна*. Між видавництв після Києва, Ляйпцига, зустрічається *Галицька Накладня* в Коломиї. Перший зошит опублікували між 1917–1918 рр., другий – 1917–1919 рр. Там же надрукували серед 1917–1923 рр. *Українські співи й думи*, *Українські танкові пісні* (для голосу в супроводі фортепяно), *Українські танці* (для фортепяно). Усі збірки уклав Є. Турула [44, с. 230–232]. У 1918 р. (?) міг побачити світ збірник *Ще не вмерла Україна: 200 патріотичних і народних українських пісень: на фортепян [з надписаним текстом]*. Упорядником, автором передмови до першого видання був Денис Січинський (1865–1909), згодом Станіслав Людкевич (1879–1979) розширив і відредагував виправлене й доповнене друге видання. Місцем друкування були Станиславів і Львів (наклад і власність книгарні Маріана Гасклера (1879–1935) в Станиславові). Коломию (Галицька накладня) бачимо серед місць публікації приблизно в 1918–1919 рр. збірника *Прелюдії для фортепіано* (1908) Василя Барвінського (1888–1963).

Коломия згадана серед видавництв, що надрукували в проміжку між 1917–1923 рр. збірники *Музика до Кобзаря* (хори, згромажені Є. Турулою; перший зшиток), поміж 1918–1923 рр. – *Музика до слів...* (за тодішньою орфографією) окремо Б. Лепкого, Юрія Федьковича (1834–1888), Івана Франка (1856–1816) [44, с. 51, 162, 163, 251]. Серед 1917–1923 рр. побачили світ у видавництвах, між яких згадана Коломия, *Мельодичні етюди для скрипки, Школа для скрипки, Школа для фортепяну* Лева Портнова [44, с. 177–178], *Українські воєнні пісні: Козацькі і стрілецькі [Для хору без супроводу та з супроводом фортепяна]* (перші постали в 1918–1922 рр. в обробці Філарета Колесси (1871–1947), а другі зібрав і обробив для чоловічого хору М. Гайворонський) [44, с. 229]. У пору між 1918–1922 рр. опубліковані там же *Українські гимни* (їх Є. Турула зібрав 13) [44, с. 230]. Він же упорядкував для фортепяно *Українські марші*, а для хору – *Українські маршеві пісні* (перший збірник побачив світ у проміжку між 1917–1923 рр., а другий – серед 1918–1923 рр. у тому числі завдяки згаданому коломийському видавництву [44, с. 231]. Може окремі із цих нотодруків опубліковані не в ЗОУНР, але вони зміцнювали український дух, були серед чинників її постання; видані твори продовжили жити в музиці, укріплювати й популяризували його.

Розвитку культури етносів, зокрема нотовидавничій справі, сприяли їхні кооперативні спілки. Газети пояснювали зміст діяльності, приміром, Дніпровського союзу споживчих об'єднань України (Дніпросоюз, 1917–1920), що мав відділи в Галичині. Він, окрім торгівлі, зміцнював національну свідомість, адже мав культурно-просвітний підрозділ. До нього входили секції видавнича, музично-хорова, музей і нотозбірня [1].

12. Музично-естетичне виховання дітей і молоді

Разом із плеканням слухацької культури в дорослих членів суспільства, педагогічні діячі ЗОУНР турбувалися про виховання дітей засобами мистецтва. Зі статті Степана Сірополко (1872–1959) *Завдання нової школи* лунав заклик «дати простір естетичним переживанням дитини» [47]. У розвитку її емоцій домінуюче місце має музичення. Багатофункціональність пісні, осібно як джерела відомостей про народ, підтверджується порадою при виборі пісень із козацьких часів,

пояснювати школярам значення осіб і подій, про які згадано у творі, наголошувалося, що його образність полегшить запам'ятовування історичної частини, заповнить *білі плями* в тодішніх підручниках [52].

Громади піклувалися про виховання своїх членів, зокрема шляхом залучення їх до мистецтва. Про це свідчить оголошення в газеті *Република*: «Читальня «Просвіти» в Тустановичах ... глядає молодого здібного чоловіка до ведення хору і музики в читальні. Платня після умови. ... Тустановичі. 10. IV.1919. Волошин секретар. Драган голова» [17, с. 51].

Чинником налагодження масового музичного виховання є самоосвіта. Її запорукою вважали привчання «ученика докладно й зі зрозумінням читати кожду приступну для нього книжку» [47]. Організації самоосвіти допомагали виступи культурних діячів, які розкривали значення позашкільної освіти. Їй сприяли публічні бібліотеки, нові книжкові видання. Серед їх масиву були такі, де не тільки в змісті твору згадується музика, а й у назві є її терміни: В. К. *Різдвяна симфонія*, Дмитро Казармів. *Юнацька пісня*. Особливої ваги набула самоосвіта у війську, робота тут читалень. Часописи повідомляли про формування армійських бібліотек, закликали передавати сюди книги, газети, що мали підносити свідомість вояцтва, додавати завзяття, оберігати від деморалізації [9, с. 138].

13. Музична критика

Для розвитку музичної культури неабияке значення має музична критика. Студії періодики, що доносить особливості мовлення, музичної термінології тощо, важливе з урахуванням галицької традиції швидкої реакції преси на музичні події. Тоді газети вважали своїм обов'язком швидко подавати відомості про концерти й музичні вистави театрів, оцінювати їхній мистецький рівень. Такий звичай була серед запорук його підняття на вищий щабель, мав неабияке значення в умовах, коли вже в пору ЗОУНР російські шовіністи вчергове твердили про відсутність українства, а польські – про його, нібито, слаборозвинену культури й свою, наче, *вищість*, ведення між світової спільноти ошаленілої пропаганди, спрямованої на заперечення існування взагалі української нації.

Дієвість критики, як однієї із запорук розвитку музичної культури, помітна в реагуванні часописів на мистецькі події (згадки про виконання значимих пісень у церквах, на вічах, номери програм концер-

тів, організацію Шевченківських вечорів, гастролі визначних мистців, участь духових оркестрів у зустрічі поважних гостей, святкуваннях чи похоронах, горлання маршируючими вояками неприйнятних пісень [23, с. 145] тощо). Такі відгуки популяризували музику, її виконавців, оцінювали їхній мистецький рівень тощо, загалом допомагали розвитку культури. Критичні висловлювання стосовно доцільності поїздки Капели О. Кошиця за кордон, а не ширші виступи в ЗОУНР перед вояками й пораненими, у містах і селах ще раз підтверджують розуміння значимости мистецтва в житті держави, особливо тієї, що веде війну.

Популяризації мистецтва сприяла музична іконографія ще часів Першої світової війни. Українці зберігали поштівки *До бою!* із зображенням стрільця-сурмача, вояків і дівчат із нотами маршу *Бо війна війною* чи пісні *Ой видно село, широке село...* На фото доби ЗОУНР бачимо музик, а трембітаючого гуцула з карабіном за плечима – на обкладинці мемуарної праці *До волі* діяча *Гуцульської Республіки* в Ясіні Степан Ключурака (1895–1980) [13, с. 272]. Одним із джерел музичної іконографії є репродукція малюнка військового старшини Василя Петрука (1886–1968) *УГА в «Чотирикутнику смерті» на Східній Україні. Панахида над померлими від плямистого тифу. Осінь 1919 р.* Інша графіка – *УГА в «Чотирикутнику смерті» на Східній Україні*, окреслює гору черепів, а обабіч них серед військових бачимо музик-сурмачів (подібно до намальованих на іконах *Страшного Суду*). Водночас твори музичної іконографії підтверджують взаємозв'язок різних жанрів мистецтва.

З окупацією краю 1919 р. українці добре відчули різницю між сприятливими умовами для розвою їх мистецтва в ЗОУНР і після її загарбання: «Всі наші школи, просвітні інституції позамикані, преса часто здавлена, урядництво позбавлене спромоги існування, навіть церква стогне під кормогою узброєного в канчук ката. Загалом: положення таке страшне, що недавні часи австрійського режиму являються для нас неначе загубленим раєм» [41, с. 196].

14. Висновки

Відзначення ювілеїв проголошення ЗУНР, Акта злуки в єдину державу, поява масиву джерел з її історії потребують системного вивчення значення та особливостей побутування складових полінаціональної

музичної культури в молодій Республіці. Їхньому розвою посприяло злиття в одну державу із УНР. Це допомогло концентрації матеріальних і духовних ресурсів, як запоруки розвою мистецтва. Характер жанрів музичної культури зумовлювався не тільки попередніми традиціями, а й духовним піднесенням кожного соціального прошарку українців унаслідок проголошення своєї держави, боротьбою на фронті й у тилу за її існування. Збагаченню музичного життя в етнографічних регіонах ЗОУНР (Бойківщини, Буковини, Гуцульщини, Закарпаття, Лемківщини, Опілля, Покуття) сприяла більша свобода публічного утвердження себе в музиці й завдяки їй. Набули особливої актуальності твори громадянсько-патріотичного спрямування. Українці співали на святкових зборах і вічах, молебнах і вуличних походах, тоді ж грали духові оркестри. Своєрідною була церковна музики (ширшало коло капеланів, жінки й підлітки заміняли мобілізованих чоловіків-дяків і паламарів, органістів і дзвонарів; почастишало жалібне виконання похоронних співів тощо). Ріст кількості українців-воjakів розширив сферу національного військового музичення. Масив пісень УСС доповнили створені чи перероблені в ЗОУНР. Появлялися нові інструментальні твори, нотна література, зокрема для духового оркестру. Його учасники швидко вивчали гимни інших держав. Серед військових музик виділялися сурмачі.

Колядники, учасники вечорниць і організатори платних концертів передавали кошти на потреби поранених, хворих, удів. Саме така громадянська позиція була одним із стимулів підняття майстерности виконавців. Чи не вперше уряд, у міру своїх можливостей, турбувався про окремих із них. Через складні тогочасні умови й короточасний термін існування ЗОУНР відомі переважно аматорські музичні твори, однак виступали професійні митці, що високо оцінювалося. Плекалася слухацька культура. Швидка реакція преси на музичні події була між заporук підняття мистецтва на вищій щабель. В українських навчальних закладах виконання пісень стало засобом кращого пізнання своєї історії, виховання патріотичних почуттів. Підтримці окремих музичних жанрів помагала затребуваність театральних вистав. Музика звучала як супровід демонстрації німих кінокартин. Вона успішно виконувала свої соціокультурні функції в житті цивільних і військових, соціальних прошарків, вірних різних конфесій, як ніколи допомагала

виживати, воювати, виховувати та мобілізувати, оздоровлюватися, була могутнім засобом подолання труднощів, способом виразити смуток тощо. Її популяризації в ЗОУНР, як одного із часових відтинків розвитку музичної культури Західної України, допомагало нотодрукування. Воно задокументувало значимість музики в житті людей. На цей час припадає третій етап побутування такого стильового напрямку як музичний бідермаєр. Закономірні дії держави у сфері культури засвідчили високу оцінку ваги музичного мистецтва, особливо в час війни. Його прояви в ЗОУНР, зокрема завдяки Акту злуки як своєрідного символу віри, ідейної основи боротьби українства за соборну державу, дають підстави для твердження про певний унесок цього періоду в історію української музики.

Перспектива подальших пошуків бачиться в опрацюванні нових джерел, що посприє уточненню біографій музик, списку їхніх творів, віднайденню нових імен учасників мистецьких гуртів, систематизації музичної іконографії тих часів. Це допоможе на основі більшої кількості фактів ширше описати музичну культуру ЗОУНР, краще окреслити особливості її складових.

Список літератури:

1. Андрієнко. Що таке Дніпросоюз? *Републіка*. Станіславів, 1919. 14 бер. С. 3.
2. Бемко В. Листопадові події в Коломиї. *Літопис Коломийський*. Коломия : Вік, 1991. С. 4–23.
3. Булка Ю. Музична культура Західної України. *Історія української музики*: У 6-ти томах. Т. 4: 1917–1941 / АН України, ІМФЕ ім. М. Т. Рильського / редкол. Л. Пархоменко (відп. ред.), О. Литвинова, Б. Фільц. Київ : Наукова думка, 1992. С. 545–589.
4. Булка Ю. Нестор Нижанківський. Життя і творчість / Життєвий і творчий шлях. *Вікіпедія*. 25.03.19.
5. Великий співак «Червоної Калини» [Ноти] : зб. пісень стрілец., іст. (козац.), побут., обряд., жартівливих : в опрац. для хорів – міш., мужес. й жіночого а саррелла / ред. З. Лисько. Львів : Червона калина, 1937. 319 с.
6. Витвицький В. Музикознавчі праці. Публіцистика / упор., підгот. до друку, комент., перек. і перед. слово Л. Лехник, Львів, 2003. (Історія української музики: Дослідження, вип. 19/ Ін-т українознавства ім. І. Крип'якевича НАН України). 400 с.
7. Віча. *Републіка*. Станіславів, 1919. 18 трав. С. 2; 20 трав. С. 4.
8. Гайворонський М. Перша оркестра У. С. С. *Літопис Червоної Калини*. Львів, 1935. № 12. С. 12–14.

9. Галичина: наук. і культ.-просвіт. краєзн. часоп. До 100-річчя утворення Західно-Української Народної Республіки і 100-річчя Акта Злуки УНР і ЗУНР [ред. М. Волощук]. Івано-Франківськ, 2019. Ч. 32. 260 с.

10. Для оборонців Рідного Краю. *Републіка*. Станиславів, 1919. 21 трав. С. 2.
11. Західно-Українська Народна Республіка 1918–1923. Енциклопедія : До 100-річчя утворення Західно-Української Народної Республіки : У 3-х томах. Івано-Франківськ : Манускрипт-Львів, 2019–2020.

12. Жмуркевич З. Галицький музичний бідермаєр XIX ст.: міф чи реальність. *Музична україністика: сучасний вимір* : зб. наук. ст., на пошану доктора мистецтвознавства, проф., чл.-кор. Академії мистецтв України Алли Терещенко / ред.-упор. М. Ржевська. Київ – Івано-Франківськ : Видавець Третяк І. Я., 2008. Вип. 2. С. 137–146.

13. Західно-Українська Народна Республіка, 1918–1923 : Ілюстрована історія / автор ідеї, гол. ред. і кер. наук. кол. М. Кугутяк. Львів – Івано-Франківськ : Манускрипт – Львів, 2008. 524 с.

14. З краю. Сколе. (Концерт в честь Шевченка). *Републіка*. Станиславів, 1919. 27 бер. С. 4.

15. Інформація «Громадського голосу» про конференцію української радикальної партії від 16 лютого 1919 р. і обрання управи партії. 19 лютого 1919 р. *Західно-Українська Народна Республіка 1918–1923* : Докум. і матер.: У 5-ти т., 8 кн. Т. 3. Кн. 2: Суспільно-політичні процеси. Національно-культурне відродження / уклад. О. Карпенко, К. Мицан. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2005. № 21. С. 43–46.

16. Кияновська Л. Галицька музична культура XIX–XX ст. Чернівці : Книги – XXI, 2007. 424 с.

17. Кіндратюк Б. Музична культура Західно-Української Народної Республіки (1918–1923). *Українська музика* : наук. часопис [ред. Л. Кияновська, К. Загнітко]. Львів : ЛНМА імені М. В. Лисенка, 2019. Чис. 1 (31). С. 43–57.

18. Концерт в честь чужоземних гостей. *Републіка*. Станиславів, 1919. 19 бер. С. 4.

19. Кореспонденція в газеті «Український прапор» «Станиславів під польським пануванням». 17 вересня 1919 р. *Західно-Українська Народна Республіка 1918–1923*: Докум. і матер.: У 5-ти т., 8 кн. Т. 3. Кн. 1: Соціально-економічні відносини і визвольні змагання / уклад. О. Карпенко, К. Мицан. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2005. № 86. С. 166–170.

20. Кочержук М. Гімназії українські. *Енциклопедія Коломийщини*. Зшиток 4, літери Г, І / ред. М. Васильчук, М. Савчук. Коломия : Вік, 2006. С. 60.

21. Кошиць О. З піснею через світ. Публікація Миколи Гордійчука. *Україна*. Київ, 1989. № 27. С. 21; № 28. С. 15–17; № 29. С. 18–20; № 30. С. 13–15; № 31. С. 15–17.

22. Литвин М. Проект “Україна”. Галичина в Українській революції 1917–1921 рр. Харків : Фоліо, 2015. 380 с.

23. Монолатій І. Місто двох республік і диктатури. Коломийські сцени Української революції. Івано-Франківськ : Галицько-Українська Накладня ім. Якова Оренштайна, 2018. 656 с.

24. Обіжник Державного Секретаріату Внутрішніх Справ повітовим комісаріатам про роботу Центрального Комітету допомоги жертвам війни. 7 квітня 1919 р. *Західно-Українська Народна Республіка 1918–1923* : Докум. і матер.: У 5-ти т. 8 Кн. Т. 4: Суспільно-політичні процеси. Національно-культурне відродження / укладачі: О. Карпенко, К. Мицан. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2008. № 187. С. 279–281.
25. Оголошення. *Діло*. Львів, 1918. 14 лист. С. 4.
26. Омелянович-Павленко М. Українсько-польська війна 1918–1919. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2018. (Серія спогадів «Звитязці»). 144 с.
27. Оповідки. Виділ «Бояна». *Републіка*. 1919. 1 трав. С. 3.
28. Оповідки. *Діло*. 1918. 3 лист. С. 4.
29. Оповідки. *Републіка*. 1919. 1 бер. С. 4.
30. Петлюра в Бережанах. *Републіка*. 1919. 5 бер. С. 3.
31. Повідомлення газети «Нове життя» про Шевченківське свято в Коломиї. *Західно-Українська Народна Республіка 1918–1923* : У 5-ти т., 8 кн. Т. 3. Кн. 2: Суспільно-політичні процеси. Національно-культурне відродження / уклад. О. Карпенко, К. Мицан. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2005. № 233. С. 646.
32. Повідомлення газети «Републіка» про концерт Української Республіканської Капели у Станиславові. 13 квітня 1919 р. *Західно-Українська Народна Республіка 1918–1923* : У 5-ти т., 8 кн. Т. 3. Кн. 2. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2005. № 234. С. 647.
33. Приватні оголошення. Музик-сольо-клярнетист. *Републіка*. 1919. 26 лют. С. 4.
34. Приватні оголошення. *Републіка*. 1919. 5 бер. С. 4.
35. Прийняття міжнародної місії Червоного Хреста і представників американської та англійської преси. *Републіка*. 1919. 18 бер. С. 2.
36. Приїзд італійської військової місії до Станиславова. *Републіка*. 1919. 18 бер. С. 1.
37. Про оголошення Української держави. *Діло*. 1918. 20 жовт. С. 1.
38. Протоколи засідань Колегії Уповноважених диктатора. 18 вересня – 2 грудня 1920 р. *Західно-Українська Народна Республіка 1918–1923* : Докум. і матер.: У 5-ти т., 8 кн. / кер. роботи і відпов. ред. О. Карпенко. Т. 2: Державотворчі й адміністративно-організаційні процеси / уклад. О. Карпенко, К. Мицан. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2003. № 288. С. 467–470.
39. Протокол нарад Колегії Уповноважених Диктатора ЗУНР, відбуutih дня 19 жовтня 1920. *Західно-Українська Народна Республіка 1918–1923* : Докум. і матер. Т. 2. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2003. № 288. С. 468.
40. Протокольні записи засідань Ради державних секретарів (12 грудня 1918 р. – 24 травня 1919 р.). *Західно-Українська Народна Республіка 1918–1923* : Докум. і матер. Т. 2. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2003. № 27–80. С. 50–124.
41. Редакційна стаття в «Українському прапорі» про становище в краї і політику Антанти. 24 вересня 1919 р. *Західно-Українська Народна Республіка 1918–1923* : Докум. і матер. Т. 3. Кн. 2: Суспільно-політичні процеси. Національно-культурне відродження / уклад. О. Карпенко, К. Мицан. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2005. № 102. С. 195–197.

42. Романюк Л. Музично-театральне життя єврейської громади Станиславова першої третини ХХ ст. *Stanisławów i ziemia Stanisławowska w dobie przemian społecznych oraz narodowo-ściowych XIX i pierwszej połowy XX wieku: Po stronie pamięci i dialogu*. Т. 2 : Gospodarka, kultura, religia / red. nauk. : Р. Навтылышын, М. Кардас, А. Останек. Warszawa ; Stanislawow, 2017. С. 194–202.

43. Романюк Л., Черепанин М. Музичне і театральне життя Станиславова (друга половина ХІХ – перша половина ХХ ст.). Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2016. 508 с.

44. Савченко І. Українські нотні видання 1917–1923 років у фондах Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського : Науковий каталог / НАН України. Нац. б-ка України ім. В. І. Вернадського; наук. ред. Л. Івченко. Київ, 2007. 384 с. (З історії музичної спадщини України).

45. Свято 1-го мая в Станиславові. *Републіка*. 1919. 3 трав. С. 4.

46. Свято Трудового Народу. *Републіка*. 1919. 6 трав. С. 3.

47. Сірополко С. Завдання нової школи. *Републіка*, 1919. 4 трав. С. 3.

48. Соневицький І. Нестор Нижанківський під час І Світової війни (рукопис). Інститут церковної музики Українського католицького університету (Львів). Архів Ігоря Соневицького. 4 с.

49. Стефаник В. Сини. *Його ж. Твори*. З дереворитом В. Касіяна і М. Бутовича. Львів, 1933. с. 186–189.

50. Стрілецькі пісні / упоряд., запис, вступ. ст., коментарі та додатки О. Кузьменко. Львів : Ін-т народознавства НАН України, 2005. 639 с.

51. Тарнавський М. Спогади / пер. з нім. та ін. В. Бак. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2018. (Серія спогадів «Звитязці») 160 с.

52. Учитель. З ниви нашого, народного шкільництва. *Наддністрянські вісти*. Станиславів, 1919. 31 бер. С. 3.

53. Шекун-Коломийченко М. Лист до Редакції. *Републіка*. 1919. 18 бер. С. 4.

54. Ясіновський Ю. Церковний спів Галичини Австрійської доби у криптиці, персоналіях і нотних джерелах [=Василіянські історичні дослідження, т. V] / [ред. М. Качмар]. Варшава : Вид-во «ВАСИЛПАДА», 2020. 404 с.

References:

1. Andriienko (1919). What is Dniprounion? *Republika*. Stanyslaviv. March 14: 3.

2. Bemko, V. (1991). November Events in Kolomyia. *Chronicles of Kolomyia*. Kolomyia: Age: 4–23.

3. Bulka, Yu. (1992). Musical Culture of Western Ukraine. *History of Ukrainian Music: in 6 bands*. В. 4: 1917–1941 / AS Ukraine, M. Rylskiy IAFE / ed. board L. Parkhomenko (exec. editor), R. Lytvynova, B. Filts. Kyiv: Scientific Thought: 545–589.

4. Bulka, Yu. (2019). Nestor Nyzhankivskyyi. Life and Creative Work / Life and Creative Career. Wikipedia. 21.03.19.

5. Great Songbook of «Chervona Kalyna» [Sheet music]: collection of riflemen's, historical (Cossacks'), everyday, ritual, humorous songs: for choruses – mixed, male and female a cappella (1937) / ed. Z. Lysko. Lviv: Chervona Kalyna: 319.

Chapter «History of art»

6. Vytvyts'kyi, V. (2003). Music Studies. Journalism Works / comp., print., comm., trans. And foreword by L. Lekhnyk, Lviv. (History of Ukrainian Music: Research, Issue 19 / I. Krypiakkevych Institute of Ukrainian Studies, National Academy of Sciences of Ukraine): 400.
7. Veche. (1919). Republika. Stanyslaviv, March 18: 2; May 20: 4.
8. Haivoronskyi, M. (1935). First Orchestra of U. S. R. Chronicles of Chervona Kalyna. Lviv, no. 12: 12–14.
9. Galicia. Scientific, Cultural and Educative Local Lore Periodical. To the 100 th anniversary of creation of the West Ukrainian People's Republic and the 100 th anniversary of the Act Zluky ("Unification Act") of the Ukrainian People's Republic and the West Ukrainian People's Republic. 2019. 32: 259 p.
10. For Defenders of the Native Land. (1919). Republika. Stanyslaviv, May 21: 2.
11. West Ukrainian People's Republic 1918–1923. Encyclopedia: To the 100th anniversary of the formation of the Western Ukrainian People's Republic: In 3 volumes. Ivano-Frankivsk: Manuscript-Lviv, 2019–2020.
12. Zhmurkevych, Z. (2008). Galician Musical Biedermeier of the 19th Century: Myth or Reality. Musical Ukrainian Studies: Modern Dimension: coll. of scient. articles dedicated to Doctor of Art Studies, Professor, corr. member of the Academy of Arts of Ukraine Alla Tereshchenko / ed.-comp. M. Rzhavska. Kyiv – Ivano-Frankivsk: Publisher Tretiak I. Y., Issue 2: 137–146.
13. West Ukrainian People's Republic, 1918–1923: Illustrated History (2008) / author of the idea, ch. edit and manager of scient. coll. M. Kuhutiak. Lviv – Ivano-Frankivsk: Manuscript – Lviv: 524.
14. From the Land. Skole (Concert in honor of Shevchenko) (1919). Republika. Stanyslaviv, March 27: 4.
15. Information of the «Public Voice» on the Conference of the Ukrainian Radical Party of February 16, 1919, and the Election of the Party's Governing Body. February 19, 1919. West Ukrainian People's Republic 1918–1923. Documents and Materials. (2005): In 5 bands, 8 books. Band 3. Book 2: Social and Political Processes. National and Cultural Revival / compilers O. Karpenko, K. Mytsan. Ivano-Frankivsk : Lileia-NV, no. 21: 43–46.
16. Kyianovs'ka, L. (2007). Galician Music Culture of the 19th-20th Centuries. Chernivtsi: Books – XXI: 424.
17. Kindratiuk, B. (2019). Music culture of the West Ukrainian People's Republic (1918–1923). *Ukrainian music: scientific journal / Quarterly* [edit. Kyianovs'ka, L., Zahnitko, K.]. Lviv: LVMA named after M.V. Lysenko, no. 1(31): 43–57.
18. Concert in Honor of Foreign Guests (1919). Republika. Stanyslaviv, March 19: 4.
17. Correspondence in the Newspaper «Ukrainian Flag» «Stanyslaviv under the Polish Rule». September 17, 1919. West Ukrainian People's Republic 1918–1923. Documents and materials (2005): In 5 bands, 8 books. Band 3. Book 1: Social and Economic Relations and Liberation Struggles / compilers O. Karpenko, K. Mytsan. Ivano-Frankivsk: Lileia-NV, no. 86: 166–170.
20. Kocherzhuk, M. (2006). Ukrainian Gymnasiums. Encyclopedia of Kolomyia Region. Band 4, letters Г, Г / ed. M. Vasylichuk, M. Savchuk. Kolomyia: Age: 60.

21. Koshyts', O. (1989). With a Song Through the World. Mykola Hordiichuk's Publication. Ukraine. Kyiv, no. 27: 21; no. 28: 15–17; no. 29: 18–20; no. 30: 13–15; no. 31: 15–17.
22. Lytvyn, M. (2015). Project «Ukraine». Galicia in the Ukrainian Revolution of 1917–1921. Kharkiv: Folio: 380.
23. Monolatii, I. (2018). The City of Two Republics and a Dictatorship. Kolomyian Scenes of the Ukrainian Revolution. Ivano-Frankivsk: Yakiv Orenshtain Halysko-Ukraiinska Nakladnia: 656.
24. Circular of the State Secretariat of Internal Affairs of the District Commissariats about the Work of the Central Committee of Victims of War. April 7, 1919 West Ukrainian People's Republic 1918–1923. Documents and Materials (2008): In 5 bands, 8 books. Band 4 / compilers O. Karpenko, K. Mytsan. Ivano-Frankivsk: Lileia-NV, no. 187: 279–281.
25. Advert. (1918). Dilo. Lviv, November 14: 4.
26. Omelianovych-Pavlenko, M. (2018). Ukrainian and Polish War of 1918–1919. Ivano-Frankivsk: Lileia-NV. (A series of Recollections «Champions»): 144.
27. Tales. Board of «Boyan» (1919). Republika. May 1: 3.
28. Tales (1918). Dilo. November 3: 4.
29. Tales (1919). Republika. March 1: 4.
30. Petliura in Berezhany (1919). Republika. March 5: 3.
31. Report of the «Nove Zhyttia» Newspaper on the Shevchenko Holiday in Kolomyia. West Ukrainian People's Republic 1918–1923. Documents and materials (2005): In 5 bands, 8 books. Band 3. Book 2: Social and Political Processes. National and Cultural Revival / compilers O. Karpenko, K. Mytsan. Ivano-Frankivsk: Lileia-NV, no. 233: 646.
32. Report of the «Republika» Newspaper on the concert of the Ukrainian Republican Chapel in Stanyslaviv. April 13, 1919. West Ukrainian People's Republic 1918–1923 (2005): In 5 bands, 8 books. Band 3. Book 2. Ivano-Frankivsk: Lileia-NV, no. 234: 647.
33. Private Adverts. Music-Solo-Clarinetist (1919). Republika. February 26: 4.
34. Private Adverts (1919). Republika. March 5: 4.
35. Reception of the International Mission of the Red Cross and Representatives of the American and English Press (1919). Republika. March 18: 2.
36. Arrival of the Italian Military Mission to Stanyslaviv (1919). Republika. March 18: 1.
37. About the Proclamation of the Ukrainian State (1918). Dilo. October 20: 1.
38. Minutes of Meetings of the College of Commissioners of Dictator. September 18 – December 2, 1920. *West Ukrainian People's Republic 1918–1923*. Documents and Materials. (2003): In 5 bands, 8 books / manager and exec. ed. O. Karpenko. Band 2: State-Building, Administrative and Organizational Processes / compilers O. Karpenko, K. Mytsan. Ivano-Frankivsk: Lileia-NV, no. 288: 467–470.
39. Minutes of Meetings of the College of Commissioners of Dictator of WUPR held on October 19, 1920. *West Ukrainian People's Republic 1918–1923*. Documents and Materials. (2003). Band 2. Ivano-Frankivsk: Lileia-NV, no. 288: 468.

40. Minutes of Meetings of the Council of State Secretaries (December 12, 1918 – May 24, 1919). *West Ukrainian People's Republic 1918–1923*. Documents and Materials (2003). Band 2. Ivano-Frankivsk: Lileia-NV, no. 27–80: 50–124.

41. An Editorial in the «Ukrainian flag» on the Situation in the Region and the Policy of the Triple Entente. September 24, 1919. *West Ukrainian People's Republic 1918–1923*. Documents and Materials (2005). Band 3. Book 2: Social and Political Processes. National and Cultural Revival / compilers O. Karpenko, K. Mytsan. Ivano-Frankivsk: Lileia-NV, no. 102: 195–197.

42. Romaniuk, L. (2017). Musical and Theatrical Life of the Jewish Community of Stanyslaviv in the First Third of the 20th Century. *Stanisławów i ziemia Stanisławowska w dobie przemian społecznych oraz narodowościowych XIX i pierwszej połowy XX wieku: Po stronie pamięci i dialogu*. T. 2: Gospodarka, kultura, religia / red. nauk.: P. Hawrylyszyn, M. Kardas, A. Ostanek. Warszawa; Stanisławów: 194–202.

43. Romaniuk, L. & Cherepanyn, M. (2016). Stanyslaviv's Musical and Theatrical Life (second half of the 19th and first half of the 20th century). Ivano-Frankivsk: Suprun V. P.: 508.

44. Savchenko, I. (2007). Ukrainian Sheet Music Publications of 1917–1923 in the Funds of the V. I. Vernadskyi National Library of Ukraine: Scientific catalogue / NAS of Ukraine. V. Vernadskyi National Library of Ukraine; scientific ed. L. Ivchenko. Kyiv: 384 (From the History of Musical Heritage of Ukraine).

45. Holiday of May 1 in Stanyslaviv (1919). *Republika*. May 3: 4.

46. Holiday of Working People (1919). *Republika*. May 6: 3.

47. Siropolko, S. (1919). Tasks of New School. *Republika*, May 4: 3.

48. Sonevyts'kyi, I. (2005). Nestor Nyzhankivskyi during World War I (manuscript). Institute of Church Music of the Ukrainian Catholic University (Lviv). Archive of Ihor Sonevytskyi: 4.

49. Stefanyk, W. (1933). Blue. *His same. Writings*. With woodcut by V. Kasiyan and M. Butovich. Lviv, 1933: 186–189.

50. Riflemen's songs (2005) / comp., rec., introd. article, comments and annexes by O. Kuzmenko. Lviv: Institute of Ethnic Studies of NAS of Ukraine: 639.

51. Tarnavskyi, M. (2018). Recollections / trans. from German, etc. by V. Bak. Ivano-Frankivsk: Lileia-NV. (A series of Recollections «Champions»): 160.

52. Teacher. From our Field, People's School (1919). *Naddnistrianski visty*. Stanyslaviv, March 31: 3.

53. Shekun-Kolomuichenko, M. (1919). Letter to the Editorial Office. *Republika*. March 18?: 4.

54. Yasinovsky, Yu. (2020). Church singing of Galicia of the Austrian era in criticism, personalities and musical sources [= Basilian Historical Studies, vol. V] / [ed. M. Kachmar]. Warsaw: VASILIADA Publishing House, 2020: 404.

CHAPTER «PHILOSOPHICAL SCIENCES»

THE SYSTEM STUDY OF CONSCIOUSNESS: THE PROBLEM OF ADEQUACY

Dmitriy Lyashenko¹

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-45>

Abstract. Given the complex nature of consciousness, many agree that in order to study it properly we need a non-reductive, pluralistic and synthetic (i.e. systemic) approach. Despite the relative popularity of the systems methodology in the vast field of the study of consciousness, system approach (i.e., modeling something as a system) is very well used for a reductive purposes, and there is no consensus on the issue of a clear understanding of the non-reductive use of one or another system approach in area. Hence, the purpose of my research is methodological reflection on the problem of the adequacy of the system approach for the non-reductive deliberation on the problem of consciousness. I formulate criteria of adequacy in a form of three principles that should be followed in any non-reductive (not just systemic) study of consciousness. The principle of structural-ontological (or metaphysical) neutrality is the first one. This principle suspends all metaphysical solutions to the problem of consciousness and plays the role of a necessary precondition. Many pointless disputes in the field could be avoided if the disputing parties adhered to this principle. The second principle of differentiation of ontic modes of experience and epistemic perspectives retains the multifaceted complex structure of consciousness after it is stripped of its metaphysical baggage. The principle of embodiment adds some feedback dynamics to the story. At the next step I implement the principles of adequacy in a particular case of the General parametric systems theory, developed by a philosopher and logician Avenir Uyemov. The conceptual foundations of this theory in relation to its compliance with the criteria of adequacy are revealed. It turns out that two of three principles

¹ PhD in Philosophy, Associate Professor,
Odessa National Medical University, Ukraine

exist at the meta-language of the theory. The principle of neutrality follows by definition of the General system theory – i.e., theory applicable to all kinds of systems. And the principle of embodiment exists as a feedback of the substrate to the structure of a system. The principle of differentiation in this case is the most crucial. If this theory is not enriched at the level of object-language with epistemic perspectives and ontic modes of experience, then we won't get a no-reductive explication of consciousness, even if it remains systemic by definition. In the end I give a systemic definition of consciousness through its basic feature which is (I conjecture) modeling of reality or different kinds of experience through epistemic perspectives, where complex structural ontology of consciousness 'in-forms' or structures its epistemology, which in turn models it in accordance with the needs of a conscious system.

1. Introduction

The variety of views on the nature of consciousness and the lack of consensus impedes with the construction of a comprehensive science of consciousness. Moreover:

“There is unlikely to be any single theoretical perspective that suffices for explaining all the features of consciousness that we wish to understand. Thus a synthetic and pluralistic approach may provide the best road to future progress” [40].

Given a multifaceted nature of consciousness the question arises how to deal with such evasive and complicated object of study in order to understand its different aspects accurately enough for scientific modeling and not to lose it in reduction. One possible answer to this question of where to find such 'synthetic and pluralistic approach' lies in the integrative area of systems science. “Systems science is a way to look at all parts of the world in a way that is unifying and explanatory... [I]t provides a way to integrate the knowledge produced by other sciences...” [22, p. 5].

There are several related notions in the vast area of systems methodology and the concept of *system approach* is one of the most general one. System approach is used whenever something is modeled as a system – i.e., *a set of objects with certain or definite relations between them* [30, p. 73; 36, p. 364–365]. In this sense it's obvious that not just cybernetics or semiotics are instantiations of the notion of system approach but structuralism and

functionalism in a certain broad sense too (of course, in many cases it is possible and necessary to point out the differences).

Thus, system approach can allegedly provide us with the needed framework for the integrated study of consciousness. At this point another problem immediately arises. Truth is that not all system approaches are ‘sensitive’ enough to deal with such a delicate issue as the problem of consciousness, and some researchers explicitly use system approach in a reductive mode [16]. So what are the necessary criteria for a non-reductive systems study of consciousness? And how, in particular, are these criteria implemented? And what is consciousness modeled as a system? Thus, my **purpose** here is methodological reflection on the problem of the adequacy of the system approach to the (adequate) study of consciousness. I start with the formulation of the necessary criteria for an adequate (non-reductive) study of consciousness, and then implement them in a particular case of general parametric systems theory. The analysis shows that this theory is adequate to the non-reductive system study of consciousness. In addition, through the implementation of those criteria systems definition of consciousness is formulated.

2. Arguments from *complexity and wholeness*

Today we may see varieties of attempts to study consciousness and related questions using implicit or explicit forms of system approach (e.g., [3; 4; 7; 10; 11; 12; 16; 20; 22; 29; 33; 34; 41; 42]). The main feature of any system approach is that it puts certain relations (ontological or epistemological structures) before objects [30; 35; 37]. Objects simply do not exist or at least cannot be presented, unless being structured first. If we move from one particular detail to another to another, we aren’t able to understand what is that we are dealing with in the first place. Details can be innumerable and infinite. If we merge into details completely, we are never capable of proper understanding of the subject matter, because understanding presupposes structural or integrative grasp of things [22; 35]. In the area of consciousness study we see mountains of details of all sorts in different disciplines of all kinds, and we can be sure that there will be more and more. What we need is not another detail or another fact – it may be the case that we already have enough facts (or there will never be enough facts). We need a ‘whole’ from which we can begin our real ‘quest

for consciousness'. And that is the most powerful feature of any system approach: it explicitly and intentionally begins with the whole, with certain relations with which all numerous details, facts and parts are examined in order to get their meaning.

Thus, explicit arguments in favor of system approach in a field of consciousness study are mainly stressing two following points: the problems of complexity and wholeness of an object of study.

First of all, it is about system approach's ability to work with incredibly complex objects. Usually, it is not about just substrate complexity, i.e., about the quantity of interacting components – it is about structural or organizational complexity, when the issue of the various connections between components is taken into account. For example, our brain (as a possible source of consciousness) is happened to be just one such object of the enormous substrate and structural complexity [10]. There are about one hundred billions of nerve cells in the brain, each of which can have thousands connections with other neurons, and this gives us trillions of synapses. And if we take into account the reconsidered role of glia cells in the brain [9], the amount of which is comparable with that one of neurons, the complexity of a picture becomes even more monstrous. And, as long as you agree that consciousness have something to do with the brain, you cannot just skip the complexity of the 'brain question'.

From this first aspect follows the second one – the ability of system approaches to unite or integrate considered as systems objects of various kinds, especially when we deal with such heterogeneous ones, at least epistemologically, as brains and consciousness. If we picture the possible sources of consciousness revealed and explained by different disciplines, e.g., philosophical, logical, mathematical, physical, biological, biochemical, psychological, psychiatric, cultural, social, anthropological studies, we can only imagine how should look the eventual framework [40].

3. Three principles helpful for a non-reductive study of consciousness

Despite on the holistic nature of systems methodology it is being non-reductive only to some particular extent. E.g., functionalism of any kind is a realization of a system approach through a reduction of the object of study in relation to its main function (on functionalism in general see

[5, p. 111–112; 30, p. 106–108]). Everything else that does not serve this main function is omitted. Given, that not all realizations of system approach prevent us from slipping into reduction of some kind (from methodological to ontological) I propose to use explicit non-reductive systemic principles in order to study consciousness adequately (presupposing that reductive study of consciousness is not adequate, see [6] on that matter): the principle of structural-ontological neutrality; the principle of differentiation of epistemic perspectives and ontic modes of experience; the principle of embodiment. I believe that these principles can serve as necessary criteria for any (not just systemic) non-reductive study of consciousness.

The principle of structural-ontological neutrality prevents us from pondering on unsolvable (i.e., purely metaphysical) questions. Consider an analogy with physics. Generally speaking, physical theories are not suited for solving the problem derived from the Leibniz's question: Why there is something but not nothing? Physics can tell us how there is something and what it does, but not why. The same must hold for the scientific understanding of consciousness. In order to proceed with the understanding of consciousness, we should leave the questions about its origin and its source stuff out of the scope of scientific consideration (at least temporarily), because those are very interesting and important metaphysical questions, which can be the source of inspiration, but must not impede the scientific research from the start.

So, the neutrality principle is the most important one. We have the same situation with the principle of metaphysical neutrality in phenomenological methodology: you should perform an *epoché* first in order to proceed with further investigation [13, p. 157; 43, p. 30–50].

The next is the principle of differentiation of epistemic perspectives and ontic modes of experience, which helps to distinguish between 1st person data and 3rd person data on consciousness in epistemological and ontological modes. Or, as Searle puts it, that there is an ontological and epistemological objectivity and subjectivity and they should not be confused [28, p. 94–95]. For example, our opinions about quantum theory are epistemologically subjective, but quantum theory itself is epistemologically objective, and our qualitative aspects of these opinions are ontologically subjective when the object of the study of the quantum theory is ontologically objective.

In short, principle of differentiation provides us with that multifaceted structure of consciousness and the neutrality principle deprives it of essentialist metaphysics.

The third criteria, the principle of embodiment puts necessary limitation on the mind and connects it with the substrate (again, according to the first principle, we do not leap to metaphysical presupposition about the nature of that substrate – whether it is carbon-based or made of ectoplasm or the Holy Spirit – is left out of scope of our consideration).

The crucial point is that our three principles must be used in conjunction. The results obtained by disjunctive usage of these principles will not be equally valuable. In this regard, theories (usually mathematically inclined) that rely solely on the principle of neutrality can provide limited (perhaps simply trivial), but nonetheless, quite reliable information about consciousness. Whereas the exclusive use of the principle of differentiation (or conjunctively with the principle of embodiment), without the limitation provided by the principle of neutrality, ends with assuming of some serious ontological commitments as in different types of dualism or in case of ontological interpretation of epistemic perspectives, when we find ourselves talking about far from consensus ontological possibility for atoms to possess some mental (or protomental) ability, albeit at a rudimentary level (e.g., [6, p. 293–310; 42, p. 276–282]). The application of the principle of neutrality without the principle of differentiation will not allow us to grasp the qualitative aspects of consciousness, reducing them to 3rd person explanation in terms of interacting particles, bits of information, synaptic connectedness, systems parameters, etc. And without the principle of embodiment, we won't be able to make a clear distinction between artificial intelligence and 'natural intelligence', thus identifying minds which have different internal and external conditions, as most functionalistic theories tend to do (on embodiment see [14; 41]).

4. Adequacy requirement for the system study of consciousness

4.1. Conditions of adequacy

Adequacy requirement is satisfied when the phenomenon being studied is both relevant and divergent with the research method. Relevance implies the coincidence of the main ideas, concepts, or functions of considered systems; divergence means the difference of substrates (elements) of the

systems [35]. For example, if you once again came to the monthly Academic Council of your University while still waiting for the implementation of the ‘academic’ concept, and instead again have found yourself in the midst of a discussion of nomenclature and business affairs, you feel frustration precisely because of the irrelevance of the concept of expectation to the subject of implementation. Accordingly, you may wish to rename the so-called Academic Council to Bureaucratic or Nomenclature-financial one.

When extrapolating to our context, compliance with the relevance requirement means that the system approach used should allow us to grasp various aspects of consciousness without reducing them to something else, which is achieved by the same degree of conceptual generality of the approach to the subject. Divergence requirement in this case is achieved most easily: a system approach or method, on the one hand, and consciousness as an object of study, on the other, by definition are considered as fairly different things. Any approach or method that loses the subject of its research while it is used is not adequate since it is not relevant to the subject matter. I believe that three principles – neutrality, differentiation, and embodiment – provide us with the necessary criteria for the relevant, and hence adequate (system or not) study of consciousness.

4.2. The problem of the adequacy of H. Maturana’s systems theory for the study of consciousness

Let’s consider briefly, as an example, the compliance of systems theory of H. Maturana with our principles.

Though it is obvious that with the use of the notion of the observer Maturana’s theory differentiates perspectives to some extent, it distinguishes, but not concentrates (at least clearly) on qualitative aspects of the mind, providing approximate explication of consciousness where it is reduced to social couplings of systems through linguistic interactions [20, p. 234].

Obviously Maturana distinguishes the principle of embodiment. He uses terms *domains of bodyhood* and *behavior*, realized through the *structural coupling* of a system with itself, with its medium or with other systems, for related phenomena [21, p. 26–30]. Consciousness, in the end, has its roots in the biological domain (collective and individual), and it is not some *thing* in the brain (though the nervous system plays an important role here), but is the result of *structurally coupled* internal (biologically) and external

recursive interactions of a system in some *linguistic domain*, constituted through the network of ongoing *conversations* with other systems in several intersecting *domains of existence*, being detected through the *explanatory domain of the observer* (e.g., [19, p. 63–64; 20, p. 231–235]).

The main problem with the adequacy of a Maturana's theory for the study of consciousness is the lack of the neutrality principle. Although the *explanatory path of objectivity-in-parenthesis* [19] in some ways reminds the neutrality principle, Maturana restricts its appliance down to biological substrate. Moreover his theory is adequate only for one particular type of biological systems.

“A system is a network of processes realized by interacting elements that through their preferential interactions and relations establish an operational boundary that separates them as a whole from other elements with which they may also interact” [21, p. 176].

This means that things which do not interact (are not dynamical) are not considered as systems, but there can be found an infinite number of non-interacting systems, even at the biological level (consider the system of two human beings residing at two different places of the planet, which do not interact with each other by no means, but still belong to the same biological class and can be rendered systemically). As for the systems that are not biological by nature, we cannot even begin to discuss them from here (though some theorists use the concept of autopoiesis in a non-conventional meaning, and are able to talk about other options on the problem [4; 17]). Thus, if we follow Maturana's theory, we will restrict ourselves from investigating any kind of mind other than biological (so machines obviously can't have any mental ability if they have no biological history). That is, Maturana's autopoiesis systems theory focuses primarily on ways – structurally different than in most dynamic systems theories – of emergence of consciousness from matter specifically at the level of socially and culturally interacting biological systems. So, it cannot provide us with the *general* theory of consciousness, only with the biologically rooted one.

5. General parametric systems theory's framework

5.1. Categorical foundations of the GPST

As has been already mentioned, the first principle to be followed in constructing a systems theory adequate to the study of consciousness is

the principle of neutrality. The easiest way to achieve this condition is to involve lots of mathematics in your theory (because of the metaphysical neutrality of mathematics itself). ‘The more mathematics – the more neutrality’. But sometimes there can be inappropriate consequences in such approaches (at least for our purposes). The problem is that some mathematically in-formed systems theories (or approaches) carry within their ‘mathematics’ extensional ontological commitments with the consequences fraught with the ontologically rendered bottom-up approach that consider a whole as a function of its parts (see [37]). Moreover, when it comes to consciousness, pure quantitative extensional approaches are met with significant limitations, since consciousness turns out to be something very resistant to computational reduction (cf., [25, p. 7–61; 32, p. 281–317; 34, p. 157–172]). For this reason, it should be preferable to use ontologically neutral, but qualitative or intensional system approach for an adequate study of consciousness. The General parametric systems theory (from now on GPST) represents one such approach.

The philosophical basis of the GPST consists of the theory of Avenir Uyemov (1928–2012) on two sets of categories: *things*, *properties*, and *relations* (TPR) and *definite*, *indefinite*, and *arbitrary* [15; 26; 35; 36; 37; 38; 39].

5.1.1. Things, properties, and relations

In the TPR conception, things are understood *qualitatively* (as combinations of properties), and properties and relations are not reducible to things that possess these properties or stand in these relations, but have an equal ontological status along with things. Things, properties, and relations differ from each other not substantially, but functionally depending on the chosen reference system. One and the same phenomenon can be considered both as a thing (a combination of properties or relations, something that is approximately expressed by the use of a noun), as a property (relations of things, or such a thing, that can be attributed to another thing without changing that thing; it is approximately expressed by an adjective), and as a relation (a property of things or, such a thing that, when realized on another thing, changes that thing into another thing; can be expressed by verbs and some other parts of speech). It is important to emphasize that things, properties, and relations can be understood either as something material or as something non-material, that is, these categories are metaphysically

neutral to the nature of objects they describe. Consequently, different *things* can be distinguished in one and the same ‘body’ (cf., scientific and ordinary life understanding of such *thing* as ‘water in a bucket’), and one and the same *thing* can be manifested in different bodies (e.g., different exemplars of a book) (for more details see [36]). From here stems the principle of neutrality in GPST (in relation to our topic see [18]).

5.1.2. Definite, indefinite, and arbitrary

To explain the categories of definite, indefinite, and arbitrary, Uyemov turns to natural language (e.g., [15; 35; 37]). A common way of expressing definiteness or indefiniteness in many languages is through articles and pronouns. A definite thing is a thing that makes it possible to distinguish this thing from some other thing; this is achieved, for example, with the help of a definite article (implicitly or explicitly present in many languages) or demonstrative pronouns. Indefiniteness is understood as *some* (that which comes across; is well expressed by the indefinite article) thing, the indefiniteness of which is limited by something, in contrast to an arbitrary (*any*) thing.

Now that we have two triples of the basic categories, we can define the concept of a system in GPST. The definition of the system can be put as follows.

(1) *A system is an arbitrary (any) thing, some relations of which are determined by a definite property.*

Or in other form:

(2) *A system is an arbitrary thing, some properties of which are determined by a definite relation.*

From these definitions we can derive the notions of system descriptors: the *concept*, the *structure*, and the *substrate*. System descriptors are terms of the meta-language of GPST, representing a system-forming property or relation (the concept of a system), that has the property of definiteness and determines the structure of a system, which, in turn, structures elements or the substrate of the system (which appears in the definition as an arbitrary thing). Thus, the first of our definitions is called the definition of a system with an attributive concept and a relational structure, and the second is called the definition of a system with a relational concept and an attributive structure. We are dealing with two equal definitions of a system dual and

complementary relative to each other in accordance with the principles of duality and complementarity (below we consider these principles in details). Other principles of the GPST that are significant for us include the principles of universality and relativity, according to which *any* thing can be modeled as a system or considered as a non-system relative to the chosen concept (for more details, see [35]).

5.2. Parameters and systems patterns

The path of system modeling in GPST can be considered as a movement of thought through three major steps. First of all, we must represent something as a system, i.e., to distinguish systems descriptors of some particular thing (*thing* in Uyemov's qualitative broad sense [36]). This begins with the choosing of a concept, proceeds through the selection of the structure (as a way of realization of a concept), and ends up with the structuring (organizing) elements of a system. Second, we need to find specific system characteristics (general systems parameters) that are related to second-order relations of systems descriptors. These exist in the attributive and relational modes. Third step consists of finding and formulation of the systems patterns (specific law-like relations between systems parameters).

General systems parameters can be understood as either specific properties of some system, in accordance with the relations between descriptors of that system (attributive parameters), or characteristics that arise when we compare descriptors of different systems (relational parameters). Relational parameters include such well-known properties of related systems as homomorphism and isomorphism (similarity of structures), or less known iso-conceptual, and iso-substrate relations. There are possibilities to compare systems through their different-level descriptors (e.g., concept-substrate or structural-conceptual, etc.) [35; 38]

The attributive general systems parameters mainly include binary (e.g., openness, autonomy) and linear (e.g., wholeness, complexity) parameters. The point is how many values of a parameter of a particular system are to be distinguished: two mutually exclusive (then we are dealing with binary parameters) or several, but no more than some fixed number (parameters with an ordered scale), or an indefinite number of values in the form of degrees or levels (e.g., complexity or wholeness) [35; 38, p. 136–137]. Anyway,

parameters should not be understood rigidly. The problem is that sometimes it makes sense to talk about the degrees of autonomy or regeneration (usually considered to be binary), just as linear parameters can be posed in a binary mode. Sometimes, in accordance with the chosen concept, you need to know whether the system is complex or simple, represents some wholeness or appears to be an aggregate of disconnected elements. For example, we can talk about the degree of the completeness of the installed computer program, the degree of the regeneration of nerve cells, the degree of atom divisibility, etc. It follows that linearity or binarity are relative characteristics of system parameters, that is, the same system parameter can exist in several modes (binary, with an ordered scale, or linear).

General systems parameters can be applied to all systems, but there are parameters relevant only for specific types of systems. For example, parameters of cybernetic feedback, homeostasis, adaptability, etc., are applicable to the description of only dynamical systems. It is obviously pointless to talk about the homeostasis of the natural number system. Such parameters can be called low-level-parameters. There is an interesting question whether we can derive low-level-parameters from general ones. To derive, for example, a biological parameter of homeostasis from general parameters of stability or stationarity and obtain a feedback low-level-parameters (in cybernetics or information theory) from some general substrate feedback to structure or a structural feedback to concept parameters. We will return to this topic in relation to our goal.

As the parameters are found, there can be observed (empirically) or derived (analytically) some specific law-like correlations between them. These correlations are called systems patterns. For example, substrate autoregenerative systems are structurally stable, minimal systems are not fully reliable, chain systems are not stationary, etc. [35; 39] Systems patterns allow predicting the presence of other parameters, based on the already known parameters, which, in turn, expand the possibilities of understanding and explaining the phenomenon under the study.

5.3. The Ternary Description Language

An important feature of the GPST is that it was developed a special formalized language within its framework – the ternary description language (TDL), a non-classical logical language based upon the same philosophical

foundations as the GPST (see [15; 35; 37; 38; 39]). Let's consider some notions of the ternary description language in a non-technical way.

In TDL the positional (syntactic) principle of distinguishing things, properties, and relations is accepted. A *thing* is indicated as a single character or by a character in brackets: A , a , t , (A) , (t) , (a) . Things can be arbitrary – A , definite – t , or indefinite – a .

A *property* is designated by a symbol that stands to the right of the brackets, and a *relation* is expressed by a symbol which stands to the left of the brackets, for example, $(A) a$ – *an arbitrary thing has some property* and $A (t)$ – *a certain thing stands in any relation*. The formulae in round brackets are propositional (like in above examples). The formulae in square brackets, e.g.: $[(t) a]$ – *a definite thing that has some property*, and $[A (t)]$ – *a definite thing that stands in an arbitrary relation*, are conceptual ones (i.e., equivalent to concepts in traditional logic).

Formulae can be of direct (as in above examples) or of indirect (inverse) types: $(a^*) a$ – *some property is prescribed to some object*, $a (^*a)$ – *indefinite relation is realized on some objects*. The asterisk (*) symbol in last formulae denotes the inverse direction of predication – from properties and relations toward things.

There are two types of identity in TDL. They are expressed by two different symbols of identification: the iota operator – ι , and the jay operator – j . An iota-operator, ascribed to a symbol of an indefinite or an arbitrary thing, property or relation, designates them as the same ones that have been already mentioned in the framework of the given formula: $[ua (\iota A)] \rightarrow [ua (^*\iota A)]$ – *if we have an arbitrary thing that stands in some relations, then we have those relations of that thing*, where \rightarrow is the symbol of neutral implication (which means ‘*if...then*’ in relation to propositions and concepts). Jay operator identifies different parts of a given formula: $jA ja$ – *an arbitrary object is identical to some object*. If we want to emphasize the direction of identification we can use italics and regular jay and iota operators.

Braces $\{...\}$ are technical or auxiliary symbols with their help subformulae in a formula are delimited.

The symbol ‘•’ indicates a linked list. Objects that are not just enumerated (this is a free list, expressed as a comma-separated list), but are in some relation to each other, form a linked list. Other concepts of TDL will be introduced as we use them.

Now we are able to express system definitions in a more formal way. The definition of a system with the attributive concept and the relational structure:

$$(1) (\iota A) \text{ System} = ([a (* \iota A)]) t,$$

and the definition of a system with the relational concept and the attributive structure:

$$(2) (\iota A) \text{ System} = t ([(\iota A *) a]).$$

5.4. The principles of duality and complementarity

Principles of duality and complementarity constitute an important part of the basic assumptions of GPST. Anything can be modeled in two ways: as an attributive system – a system with an attributive concept and a relational structure, or/and as a relational system – a system with a relational concept and an attributive structure.

The history of the duality principle in GPST has its roots in the ‘pre-systemic’ formulation in the book “Things, Properties, and Relations” [36]. Here Uyemov discusses the principle of duality in relation to the categories (not systems) of properties and relations, based on similar situations which exist in a number of scientific disciplines (projective geometry, mathematical logic, etc.). That is, there are patterns, when by a dual transformation of some concepts or statements, other ones can be obtained, and vice versa. Similarly, Uyemov demonstrates that the categories of properties and relations can be defined through each other in a dual way [36].

Later, this pattern, already at the level of systems definitions, was extrapolated to GPST (e.g., [37]).

Two systems models are obtained from each other in a dual way, not by replacement properties with relations, but by shifting the hierarchy of descriptors location: what is a concept in one system model becomes a structure in another, and vice versa. Thus, in case of a systems rather than categorical duality principle, we can talk not about the duality of properties and relations to each other, but about the duality of systems descriptors relative to each other.

Let us consider some examples. Imagine the usual situation in the road with cars and pedestrians. For a pedestrian, hurrying about his business, a car, left in an uncomfortable for a pedestrian place, acts as an annoying obstacle – it blocks the road. Let’s model this situation in TDL syntax as a system with an attributive concept:

([spatial relations (road, pedestrian, car)]) property 'to block the road'.*

Turn the situation around:

*spatial relations ([road, pedestrian, car *]) property 'to block the road'.*

We see that without much effort, in a purely formal way – by shifting the descriptors in the hierarchy, we got a meaningful systems scheme of the situation in question, which complements the dual attributive model. Apparently, the traffic police officer investigating the traffic accident will initially work with the scheme represented by the last formula before formulating a conclusion, which, in turn, would be natural to give in a form of the attributive system model. What exactly will be the attributive concept of the conclusion will be revealed during the investigation, when the police will figure out who has been blocking the road to whom.

Now, let's consider something a little bit more appropriate for our topic, using this dual systems framework. For example, our primary sensory zones of the neocortex work hard constantly processing sensory information about particular features of a perceived object. After some time of processing, patterns of signals go up the cortical hierarchy into association areas, where the integrated inputs construct or awake an invariant patterns, which are then send down the cortical hierarchy, then to thalamus and, eventually, to our senses, so we can perceive what we are dealing with, what kind of the object we are encountered with [12, p. 113–117]. The actual perception can begin only after that invariant model of an object has been sent back by the cortical hierarchy. Perception, especially a conscious one, works through prediction. That is, to perceive *any* thing, it is necessary that some features (properties) of that thing were accessible during some time (i.e., unconsciously adjusted relative to each other). Thus, the process of unconscious constituting of an object can be conveniently grasped by the relational systems model:

time relations ((some 'object') features of 'something' being constituted)).*

And when, eventually, that information is processed down the cortical (and farther) hierarchy, beginning with association areas, we finally 'recognize' what kind of thing is that and can consciously 'perceive' it (i.e. predict it):

([time relations (recognized object)]) features of a constituted object.*

We can assume that when I unconsciously sense some object, the functioning of my cognitive system can be better described by the relational

systems model, when my cognitive system gathers information during some time to eventually give me the invariant of an object that I perceive. In the next step, my cognitive system prescribes to that object the status of being that kind of object, which it has predicted. This step is better described in terms of an attributive systems model. It is interesting that, theoretically speaking, conscious and unconscious work of the cognitive system can be understood as being realized through the switching of dual systems models. And the structure of the complete instant of the process of perception can be described by the formula: $(\mathcal{U})\{\{ua ((\mathcal{U} *) ua) \rightarrow ([ua (* \mathcal{U})]) ua\} \bullet \{ua \rightarrow \mathcal{U}\}\}$.

Thus, dual systems modeling can provide us with the heuristic method of system interpretation of the work of our cognitive system. Given that it works by switching from relational to attributive model (and vice versa) and it can be modeled formally, we can assume some far reaching consequences for consciousness study, e.g., finding system differences between conscious and unconscious perception, or, to paraphrase famous NCC, – systems correlates of consciousness (SCC).

6. The problem of the adequacy of GPST to the study of consciousness

6.1. The principle embodiment in GPST

Let us recall that adequacy of a method to an object of study is realized when one system (method) is relevant (i.e., is iso-conceptual) and divergent (substrate difference) from the other. Our three necessary principles delineate the concept's level, i.e. – the relevance. Having examined the essential features of Uyemov's system approach, we can, at first glance, state that this approach does not fully meet the requirements of the adequacy. That is, of the three necessary conditions (neutrality, differentiation, embodiment), only two are directly fulfilled: the principles of neutrality and embodiment.

The first one is explicitly formulated at a metaphysical basis of GPST as a principle of indifference to metaphysical choice, when the nature of things (material or ideal), considered as a system, is of no importance.

The embodiment principle in GPST is realized through the combined interaction of two systems descriptors of three. To build a system model of an object you should pick up a concept, choose the appropriate structure which, in turn, will affect the substrate. But what can be said about the feedback from the substrate to the structure?

As there cannot be a system without a concept, in the same way there is no one without two others descriptors. For example, pure structural approach can proceed without explicitly stated elements [30]. This cannot be said about GPST. Nevertheless, the substrate descriptor alone doesn't have enough power to represent the principle of embodiment, because it is too 'passive' due to the double 'weight' of two other descriptors.

Let's consider an example with functionalism. Functionally speaking, the fact is that a given body (and the brain as a part of it, if it is present) is just another device for consciousness to function (on functionalism and its problems see [5, p. 111–12; 6; 28, p. 43–52]). From our point of view, functionalistic approach in general meets the requirement of neutrality, but fails to satisfy the embodiment principle, because the substrate plays the role of passive elements here, and only the relationship between them matters. To put it formally, if t stands for a human consciousness, A stands for any set of objects, and a – for some specific relations responsible for the emergence of human consciousness, then: $[a (*A)] \rightarrow (A) t$ – *some relations, realized on/in the brain, give us human-like conscious brain.*

From here functionalism takes its next step: $[ua (*A)] \rightarrow ([ua (A)]) t$. This means that if we manage to realize some specific kind of relations on *any* thing A (from neurons to beer cans to silicon chips), we will get as its *definite* outcome t the same kind of consciousness on different substrates (A 's in antecedent and in consequent aren't *ioted* and can differ from each other). This is one reason why functionalism is the metaphysical foundation of AI studies.

If take into account the principle of embodiment, the same relations, realized on different substrates are not likely to give us the same result, because matter matters (at least structurally). To put it symbolically: $[ua (*A)] \rightarrow ([ua (A)]) a$, which means that some specific set of relations ua , realized on any object A , gives as its outcome an object A in specific relations ua , which have an indefinite property a (e.g., relations corresponding to the neural correlates of consciousness transferred to beer cans give us 'beer cans correlates of something', but doubtfully (if at all) consciousness).

There is much evidence that our body shapes our mind to the core by its form, structure or organization, and not just influences it by its material content (see, e.g., [14; 20; 24; 33; 41]). So, let's preliminary disclose the structure of the idea of the embodiment using TDL: $\{[ua (*A)] \rightarrow ([ua (A)]) t\} \bullet$

$\{ t \rightarrow (t) \{[(t)[ua(\mathcal{A})]]\} \}$, where \mathcal{A} represents some particular substrate that is organized by the structure ua , which in turn, being realized on that substrate, is responsible for the emergence of a human-mind-like property t , that has as its *internal property* that substrate \mathcal{A} with those relations ua (on internal properties and relations in Uyemov's theory see [26; 36]). E.g., if we have some specific relations ua between human brain-body and human eco-socio-cultural context \mathcal{A} , then that brain-body in that context $[ua(\mathcal{A})]$ can generate human-like consciousness t , and if there is that consciousness t , then it is internally influenced by those specific elements and their relations to each other $(t)\{[(t)[ua(\mathcal{A})]]\}$. With different body structures we would have different relations with our environmental context, and would have different minds, and of course, the brain alone is never enough for consciousness understood systemically [24].

So, for the proper realization of the embodiment principle in GPST we should use a twofold relation of the structure and the substrate of the system. Figuratively speaking, we are dealing not just with an 'in-formed matter' here, but more with a 'mattered form'. Thus, the principle of embodiment is expressible through the second order relation of systems descriptors, i.e., as an attributive system parameter that differentiates *substrate feedback systems* from those, which do not possess such property.

6.2. The principle of differentiation in GPST

As for the principle of differentiation, for obvious reasons (General (!) systems theory), it doesn't exist explicitly within the framework of GPST as a part of its meta-language. Nevertheless, the notion of concept as a system's descriptor can be traced back to different epistemological perspectives, because the concept always presupposes the point of view, the system of reference, but there is nothing about experiential modes here. And without the differentiation principle, experiential (qualitative) aspects of the mind cannot be distinguished in GPST framework from the very beginning. But actually, we don't need them from the very beginning. Because of its neutrality to metaphysical choice and of its intensional (qualitative) nature, GPST could be adequately enriched by some phenomenological or similar perspectivist interpretation from other frameworks. And with this understanding in mind, we can fulfill the requirement of all three necessary principles for a non-reductive study of consciousness at the object-language

level. This can be demonstrated by a tentative systemic definition of consciousness.

6.3. Systemic definition of consciousness

How to define consciousness as a system? First of all, we need a main and general feature of it. What could it be? I hypothesize that the term *perspective modeling of reality or experience* can do the job. But let's consider it in an appropriate order.

We should begin with the intuitive explication of consciousness as *experience*. Here we can ask about the subject matter of this experience. Is it an experience of objective reality, or the experience of subjective 'reality', or maybe both of them? According to the principle of differentiation, we are to choose the third variant, i.e., the experience of subjective or/and objective reality. Principles of differentiation and embodiment lead us into distinguishing not just subjective and objective, but along with them the intersubjective (dialogical, cultural) perspectives which stem from corresponding ontic modes of experiences (cf., [4, p. 297–315; 7; 8; 20, p. 180–235; 25, p. 411–420; 27, p. 263–281; 32, p. 233–242; 42]).

To anticipate accusations of ontological dualism, ternarism, or even quadrolism of some sort, we should remember that here we act strictly under the regulative power of the principle of structural-ontological neutrality. Thus, these 'realities' or ontic modes of experience should be considered simply as structural modes of either one Reality, or, if you wish, three-four realities – it doesn't matter for now. We are not dealing with some sort of substances or essences of any kind, neither accept, nor deny the substantial aspects of essentialist views, if at all, we are looking at structural coherence of those views.

Anyway, the point is that there are many facts about consciousness mined from all these so called 'realities' (or different modes of the single Reality). For example, neuroscience, evolutionary biology, cognitive linguistics, philosophy of mind, cultural anthropology, logic, mathematics, cybernetics, psychology and psychiatry, computer science, physics, spiritual traditions of all sorts – to name just few – all of them give us more than enough empirical and theoretical data from different 'realities' to proceed with the definition.

Thus, the application of the principle of differentiation to the intuitive rendering of consciousness as experience tells us that the necessary

condition for the emergence of consciousness is the ability of a system to make a distinction (create a perspective) between itself and everything else (cf., [19, p. 56–57; 27, p. 296]. Adding here the principle of embodiment, we get that this difference arises through different ways of experiencing: subjective (e.g., qualia, intentionality), intersubjective (e.g., language, cultural meaning, collective intentionality), objective (e.g., body, brain, material world); from which correlative epistemological points of view ultimately arise.

It is interesting in this context, that one of the main criteria of mental process, formulated by Gregory Bateson, was the ability of a system to draw the difference between its parts and between itself and other systems [1, p. 89–93]. What do conscious beings need this difference for? This differentiation is the basic instrument of their efficient functioning and/or survival, especially when the situation has some unknown variables in it. The differentiation is a necessary (but not sufficient) condition for *modeling*. Using the difference, a conscious system can explain or predict something in *reality*, i.e. to model it.

As evolutionary biology and neuroscience tell us, we need consciousness for modeling of possible exterior outcomes in a safe virtual mode of existence – in experiential subjectivity of our consciousness (see, [27; 31]). This subjective modeling of objective is needed for a prediction of what is about to happen, so that we can function in adequacy with our own survival. But as mathematics and logic, psychology and psychiatry, Husserl's phenomenology tell us (directly or indirectly), modeling can be not of only objective outcomes – it can involve higher-order modeling of modeling (ad infinitum) sometimes without direct connection to objective at all (e.g., mathematical or philosophical, or any pure theoretical reflection, introspection, meditation, imagination, hallucinations, dreaming) [21, p. 189–195]. In case of subjective aspect of consciousness, we are dealing both: with subjective modeling of something objective or with a higher-order subjective modeling of something subjective. There are others logical possibilities, e.g., objective modeling of subjective or even objective modeling of objective (as proposed by speculative realism).

Thus, we have a set of different approaches to consciousness from different disciplines from which we take our concept – *t*: subjective, objective, intersubjective epistemic structures of various sorts. The

corresponding structure is expressed by relation of modeling, for example, objective experience through subjective experience. At last, the elements of a system (the substrate) are those objective and/or subjective experiences where, or through which consciousness as a whole is constituted or structured. Thus, we can define consciousness as a system with attributive concept and relational structure:

(4) (*[modeling (*ontic experiences)] epistemic perspectives*)

Let's use the principle of duality to convert the attributive form into the relational one:

(5) *modeling ([ontic experiences*] epistemic perspectives)*

In our definitions, for the brevity sake, we do not include the feedback from the substrate.

The basic feature of consciousness is the property of modeling of ontic modes of experience in or through different epistemic perspectives. The formula with the relational concept represents, to some extent, a case of a complex (many-featured) approach to consciousness. We are dealing with almost 'raw' empirical data from different disciplines through which experience is modeled. These data must be organized in a proper systemic way. To do that, we assume that the basic property of consciousness is perspective modeling of experience. Using the principle of duality, we are able to give a systems non-reductive definition of consciousness *as modeling of ontic experiences (subjective, objective, intersubjective) through different epistemic perspectives (subjective, objective, intersubjective), which in turn are formed and structured by those ontic experiences*. Obviously, the last definition can be enlarged very quickly if we bother to use more structural details.

6.3.1. Two types of modeling and the system of consciousness

The appropriate question can be asked: what do I mean by 'modeling'? For the brevity sake, let's consider two wide types of modeling. There is an epistemic or E-modeling, and there is the ontic or O-modeling. The basis of the epistemological modeling is the analogy method, and it is needed when we have a target system which is more conveniently to study through its substitute (a model). The substitute represents the target system in some or other aspect. O-modeling happens when we are concerned more with the constitution or development or using of a model, then with the target system.

We can for a moment (for all time needed) forget that a model substitutes a target system, and deal with it as if it were the target system. O-modeling happens everywhere through our life, both ordinary and scientific. The simplest example is the use of language (e.g., natural or mathematical). Language models reality. It would suffice to say that we model or represent objects or situations with words, usually without thinking where a model or a target system is and how to gain information of one from another by an appropriate analogy; it would be very inconvenient to live without ontic mode of modeling.

Let's show what the definition of consciousness has to do with two types of modeling with the help of simple examples. First goes E-modeling. Everyone is familiar with the situation when one wants to know the other person's mind. What is she thinking about? Why is he so sad? Such and related questions mean that we want to have the access to the content of the person's subjective experience, subjective consciousness. How do we do that? We usually do it by analogy, or – as Husserl would put it – by “appresentative mirroring” [13, p. 149]. There are some objective facts, e.g., behavior (which is modeled in this case), and there is a subjective experience of a person (a target system), and we are modeling the latter with the former, i.e., we represent one with another. And we are doing this modeling by analogy with our own subjective experience, had we express it in such and such behavior. Schematically, the case when we encounter person's behavior can be put in this way:

modeling ([[*objective behavior*, *subjective experience**) *subjectivist analogy*])

And the case when we have made our mind about our interlocutor's inner life is described by an attributive systems model:

([*modeling* (**objective behavior*, *subjective experience*)]) *subjectivist analogy*

Imagine another situation when you need to predict what would happen if you encounter Mike Tyson in the ring. What are the odds of a victorious or at least not harmful outcome? Maybe it'd better not to meet at all? I.e., it's rather convenient to be able to 'rehearse' the harmful situation without any harm for the health in order to avoid it. The process of modeling in this example is slightly different regarding to the previous one: we are modeling

or substituting objective situation by the subjective experience, using objectivistic epistemic perspective (how it would *really* happen):

modeling ([[*objective experience, subjective experience**] *objectivistic perspective*]), or in a dual systems form

([*modeling* (**objective experience, subjective experience*)] *objectivistic perspective*).

Let's give two simple examples of O-modeling of a system of consciousness. First goes the concept of consciousness as a subjective experience. The attributive concept is *consciousness as subjective experience* is modeled through the specific relational structuring of intersubjective, objective and subjective experiences. I.e., the system's structure models the substrate (ontic experiences) in particular order in accordance with the given epistemic perspective. That particular order can be represented as the structure of epistemic perspectives that organizes ontic experiences into a cortege: *<basic subjective experience, intersubjective experience, objective experience, consciousness as subjectivity>*. Loosely speaking, this means that consciousness as subjectivity is a result of modeling of the primary ability to have subjective experience by the socio-cultural impacts on the brain-body within some eco-niche. In comparison, *consciousness as the objective experience* (e.g., neural correlates of consciousness) could be described as a result of modeling of objective ontic experience by an objective, intersubjective, and subjective experiences e.g.,: *<brain-body-eco-niche, population-culture, subjective experience, neural correlates of consciousness>*. And so on.

It is obvious, that in order to have a non-reductive definition of consciousness, we should not lose it conceptually, in the first place. In a non-reductive approach to consciousness we are not producing it from nothing, we assume some non-reducible conscious experience from the start [5; 6]; hence the category of primary experience (subjective, objective, intersubjective experiential modes), of which consciousness – in its different modes – is a higher level of systemic modeling.

6.4. Resume on the adequacy of TDL for the consciousness study

As we have seen, the embodiment principle or the 'voice of the substrate', represented through the attributive systems parameter of substrate feedback systems, shows us that epistemic perspectives stem from the structural

aspects of ontic modes of experience (the substrate), in order to form or structure those modes of experience in accordance with the concept. As for the principle of differentiation, it can be used at the object language level, i.e., at the level of the interpretation of GPST framework. The latter is possible, first of all, due to the principle of neutrality and to the qualitative nature of GPST categorical framework. It turns out that even the meta-language lack of the principle of differentiation does not restrict GPST from an adequate non-reductive study of consciousness. GPST can be enriched with methodologies which have the principle of differentiation (or alike) in their framework from the beginning and are consistent with GPST. We assume that that role can be played by an approach based on the Husserl's transcendental phenomenology or some other possible frameworks (e.g., [8; 42]).

After completion of the systems definition of consciousness, we can proceed with the development of the 'logic' of system research by building a parametric model of consciousness, and continue with the search for systems patterns as a necessary part of the constituting of the non-reductive systems theory of consciousness.

7. Conclusion

The science of consciousness still waits for its hour to emerge from the 'metaphysical soil'. A possible way to start the development of such a science is to assume a system-theoretic framework for its construction, governed by several non-reductive principles. Three criteria or principles outlined in this work, I believe, will be helpful for those theoreticians who try to study consciousness non-reductively (without or with the use of any type or form of system approach). Question remains how far we can move in this direction and will it be enough to rely on the metatheoretic nature of systems science alone in order to create a science of consciousness. Without a doubt is that an adequate system approach, at least, can help make first comprehensive steps towards the goal without falling into one or other popular metaphysical trend.

References:

1. Bateson, G. (1979/2002). *Mind and nature: a necessary unity*. Cresskill: Hampton press.
2. Bausch, C. K. (2001). *The Emerging consensus in social systems theory*. N.Y.: Springer Science+Business Media.
3. Bennet, M.R., Hacker, P.M.S. (2003). *Philosophical Foundations of Neuroscience*. Chicester: John Wiley and Sons Ltd.
4. Capra, F., Luisi, P. (2016). *The systems view of life: a unifying vision*. Cambridge: Cambridge UP.
5. Chalmers, R. D. (2010). *The character of consciousness*. N.-Y.: Oxford UP.
6. Chalmers, R. D. (1996). *The conscious mind: in search of a fundamental theory*. N.-Y.: Oxford UP.
7. Combs, A. (2009). *Consciousness explained better: towards an integral understanding of the multifaceted nature of consciousness*. Saint Paul: Paragon House Publishers.
8. Davidson, D. (2001). *Subjective, intersubjective, objective*. Oxford: Oxford UP.
9. Fields, D.R. (2011). *The other brain*. N.-Y.: SIMON AND SHUSTER.
10. Gazzaniga, M.S., Doron, K.W., Funk, C.M. (2009). Looking toward the future: perspectives on examining the architecture and the function of the human brain as a complex system. In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neuroscience* (4th ed., pp. 1247-1254). Cambridge, MA: MIT Press.
11. Goertzel, B. (2006). *The hidden pattern: a patternist philosophy of mind*. Boca Raton: Brown Walker Press (FL).
12. Hawkins, J. (2004). *On intelligence: how a new understanding of the brain will lead to the creation of truly intelligent machines*. N.-Y.: St. Martin's Press.
13. Husserl, E. (1960). *Cartesian meditations: an introduction to phenomenology* (Trans. Dorian Cairns). The Hague: Martinus Nijhoff.
14. Lakoff, G., Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh: the embodied mind and its challenge to western thought*. N.-Y.: BASIC BOOKS.
15. Leonenko, L. (2000–2001). The language of ternary description and its founder. *Modern Logic*, 8(3–4), 31–52.
16. Lindemann, B. (2014). *Mechanisms in world and mind: perspective dualism, systems theory, neuroscience, reductive physicalism*. Thorverton: IMPRINT ACADEMIC.
17. Luhmann, N. (2012). *Introduction to systems theory* (Trans. Peter Gilgen). Oxford: Polity Press.
18. Lyashenko, D. (2019). Towards a metaphysical neutrality of the neurophenomenological and neurophilosophical approaches of consciousness study. Proceedings of the *Relevant issues of the development of science in central and eastern European countries: international scientific conference (Riga, Latvia September 27th, 2019)*. Baltija publishing, pp. 169–172.
19. Maturana, H. (1988). Reality: the search for objectivity or the quest for compelling argument. *Irish journal of psychology*, 9(1), 25–82.
20. Maturana, H., Varela, F. (1998). *The tree of knowledge: the biological roots of human understanding* (revised ed.). Boston: Shambala.

21. Maturana, H., Verden-Zoller, G. (2008). *The origin of the humanness in the biology of love*. Thorverton: IMPRINT ACADEMIC.
22. Mobus, G. E., Kalton, M.C. (2015). *Principles of systems science*. New York: Springer science.
23. Noble, D. (2017). *Dance to the tune of life: biological relativity*. Cambridge: Cambridge UP.
24. Noe, A. (2010). *Out of our heads: why you are not your brain, and other lessons from the biology of consciousness*. N.-Y.: Hill and Wang.
25. Penrose, R. (1995). *Shadows of the mind: a search for the missing science of consciousness*. London: VINTAGE.
26. Rojek, P. (2020). Internalisation of relations. *Philosophia*, 48, 1575–1593.
27. Roth, G. (2013). *The long evolution of brains and minds*. Dordrecht: Springer.
28. Searle, J. (2004). *Mind: a brief introduction*. N.-Y.: Oxford UP.
29. Siegel, D.J. (2016). *Mind: a journey to the heart of being human*. N.-Y.: WW Norton and Co.
30. Shapiro, S. (1997). *Philosophy of mathematics: structure and object*. N.-Y.: Oxford UP.
31. Soloviev, O.V. (2015). Neuronal networks responsible for genetic and acquired (ontogenetic) memory: probable fundamental differences. *Neurophysiology*, 5(47), 419–431.
32. Tegmark, M. (2015). *Our mathematical universe: my quest for the ultimate nature of reality*. London: Penguin books Ltd.
33. Thompson, E. (2011). *Mind in life: biology, phenomenology, and the sciences of mind*. Cambridge, Mass: HARVARD UP.
34. Tononi G. (2012). *Phi: A voyage from the brain to the soul*. N.-Y. Pantheon Books.
35. Tsoufnas, A. (2006). Universalism and parametric systems theory. *Dialog and universalism*, 11-12, 35–55.
36. Ujomov, A. I. (1965). *Dinge, Eigenschaften und relationen*. Berlin: Akademie Verlag.
37. Uyemov, A. I. (1999). The ternary description language as a formalism for the parametric general systems theory: part 1. *International Journal of General Systems*, 28, 351–366.
38. Uyemov, A. I. (2002). The ternary description language as a formalism for the parametric general systems theory: part 2. *International Journal of General Systems*, 31, 131–151.
39. Uyemov, A. I. (2003). The ternary description language as a formalism for the parametric systems theory: part 3. *International Journal of General Systems*, 32, 583–623.
40. Van Gulick, R. 2014. Consciousness. *Stanford encyclopedia of philosophy*. Retrieved from: <http://plato.stanford.edu/entries/consciousness/> (accessed 15 October 2021).
41. Varela, F., Rosch, E., Thompson, E. (2017). *The embodied mind: cognitive science and human experience* (revised ed.). Cambridge: MIT Press.
42. Wilber, K. (2000). *Integral psychology: consciousness, spirit, psychology, therapy*. Boston: Shambala.
43. Zahavi, D. (2017). *Husserl's legacy: phenomenology, metaphysics and transcendental philosophy*. Oxford: Oxford UP.

**RESEARCH OF PHILOSOPHICAL PROBLEMS
OF NATURAL SCIENCE BY SCIENTISTS OF THE KYIV
OUTLOOK-EPISTEMOLOGICAL SCHOOL DURING
60-70'S OF THE XXTH CENTURY**

Vitalii Turenko¹

Maryna Moskalchuk²

Nataliia Yarmolitska³

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-46>

Abstract. This study analyzes the focal points of research on philosophical problems of natural science carried out by Soviet philosophers of the Kyiv outlook-epistemological school in the 60-70's of the XXth century. The main emphasis is on current issues of research of the Kyiv philosophical tradition, as well as outlines and clarifies the specifics of the Kyiv Philosophical School of this period to reproduce a holistic picture of the development of Ukrainian philosophical and scientific knowledge. In particular, the peculiarities of explication of philosophical and methodological problems of biology, physics, cybernetics, mathematics, chemistry, cosmogony, astronomy and geology are studied, as well as the interaction of natural sciences and humanities in solving complex problems of complex human measurement systems is traced. The basis of this study was the issue of the journal «Philosophical Problems of Modern Science», which actively published the works of philosophers founded in 1964 N.T. Kostyuk scientific school «Philosophy of Science», as well as naturalists from all over the USSR. At that time these were quite decisive studies, which attempted the creative development of dialectical materialism, based on the latest achievements of natural science, attempts to move away from the theoretical and methodological doctrine of Marxism-Leninism, contrasting the development of philosophical problems of science, epistemology, methodological issues for scientific knowledge. this a certain revolution in

¹ Candidate of Philosophical Sciences,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

² Candidate of Philosophical Sciences,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

³ Candidate of Philosophical Sciences,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

philosophical research. The methodological basis of this study were: specific historical, comparative and interdisciplinary approaches, which involve the integrated use of methodological principles of historical and philosophical, scientific research and conceptual generalizations, modern methodological standards and prescriptions in philosophical and natural sciences, structural and functional content analysis. The method of bibliometric analysis was also used to determine the development, evolution and features of scientific research, to identify real problems raised by Kyiv Soviet philosophers and naturalists. The purpose of the authors of this study is to analyze the dynamics of development and change of research topics of Kyiv philosophers to trace how the Kyiv worldview and epistemological school developed, what problems were raised and studied by scientists of this school in the Soviet period. Such a study makes it possible to understand what Ukrainian scientists fed and worked on during the existence of the totalitarian and communist regimes in the USSR. Will help to reconstruct the scientific picture, showing the real situation with the status, nature and functions in the systems of contemporary science and education in the USSR in the field of philosophical and scientific research, will help reveal the practical significance of scientific research of philosophers, physicists, mathematicians, biologists, sociologists scientific-theoretical and methodological achievements of Kyiv scientists. To show how the value ideological and humanistic worldview of the representatives of the Kyiv worldview-epistemological school influenced the formation of the spiritual philosophical and natural-scientific culture of the Soviet and post-Soviet eras.

1. Introduction

The main source of formation and development of the Kyiv outlook-epistemological school was a powerful humanistic tradition of world and Ukrainian philosophical thought. First of all, these are the philosophical works of P. Kopnin and V. Shynkaruk, which in the 60-70s of the twentieth century. caused a wide resonance in Soviet philosophy, actualizing the study of Marxist-Leninist philosophy in terms of studying the unity of outlook and methodological functions of Marxist-Leninist philosophy, the unity of dialectics, logic and theory of knowledge. The development of the Kyiv school was also facilitated by the «scientific achievements of researcher, who considered the dialectical way of thinking as the property of centuries-old development of philosophy, which is no less valuable than philosophical materialism» [1].

Thus, the appeal to dialectics and its consistent immersion in the whole world «pre-Marxist» philosophical tradition (in the Ukrainian field, Volodymyr Shynkaruk constantly took care of it) transformed «dialectical materialism» into a kind of explosive mixture for the official ideology» [2, p. 93]. These and other events prompted Kyiv scientists to study the socio-philosophical problems of social science, which consistently continued in the development of philosophical problems of science. The formation of the Department of Philosophy of Natural Sciences at the Faculty of Philosophy of Kyiv State University in 1963 also contributed to the study of philosophical problems of natural science, which also had a beneficial effect on strengthening the ties between the Faculty of Philosophy and the Faculty of Natural Sciences.

It should be noted that the ideological requirements of the time necessitated «the use of dialectical-materialist methodology for the development of modern natural science knowledge, for scientific research and forecasting ways to solve natural science problems. In the process of teaching philosophy, the goal is to show that the front of ideological confrontation covers the natural sciences, that the worldview and methodological principles that guide scientists in constructing natural science pictures of the world, theoretical conclusions are evidence that scientific knowledge is involved in ideological struggle. although this circumstance (the presence of an ideological context in natural science) is not always taken into account by representatives of specific sciences» [1, p. 249].

Quite intensively in the 60's of the XXth century. philosophical problems of natural science are developed by scientists founded in 1964, under the influence of research ideas of prof. N. Kostiuk, scientific school «Philosophy of Science». N. Kostiuk for many years studied the philosophical and methodological problems of biology and prepared a team of students who worked and still work in this field. Over the years, the field of research of the school has significantly expanded, philosophical problems of physics are beginning to be widely studied (cooperation with Kyiv physicists of the university, who created living physics, helped to clarify the philosophical foundations of this new science), research in philosophy of mathematics, biology and geology. There is a large area with diverse and extensive research topics: studying post-classical scientific practices in various fields of modern science, tracking the interaction of natural sciences and humanities in solving complex problems of complex human measurement systems [34].

Since 1964, an interdepartmental collection «Philosophical Problems of Modern Natural Science» was launched within the Kyiv School «Philosophy of Science». The collection publishes articles in which the main attention was paid to the study of biological issues in philosophy, taking into account the advanced achievements of modern biological science. Articles are also published in which methodological issues related to natural science in general, the relationship of the most important categories of dialectics in the study of natural phenomena and the development of natural sciences, methodological problems of modern physics, cybernetics, mathematics, cosmogony, psychology and others.

A significant number of scientific publications (G. Aliayev, I. Bychko, V. Gorskyi, V. Yevdokymenko, S. Yosypenko, P.Yolon) are devoted to the formation and study of various philosophical schools and directions in the period of the 60-80s of the XX century, I. Ogorodnyk, S. Proleev, M. Popovych, S. Rudenko, M. Rusyn, V. Tabachkovskiy, etc.). However, these studies do not exhaust all possible ways to study the history of Soviet philosophy, especially those related to the study of philosophical problems of science, carried out by Kyiv scientists. Therefore, there is a need to explicate the definition of such a phenomenon as the Kyiv outlook-epistemological school, a systematic and in-depth study of the least studied stages of its formation and development in the Soviet era.

2. Methodological traditions of natural science

Since the 60's of the XXth century, Kyiv philosophers together with natural scientists from various educational institutions paved a new direction in science, developed natural science in collaboration with philosophers. However, it should be noted that in Soviet times, such studies, for the most part, were aimed at combating idealism, metaphysics and philosophical relativism, for the establishment of dialectical materialism. But there are some studies in which the ideas of the historical approach to the analysis of scientific knowledge are developed, the problems of science methodology are developed with the use of significant material of the history of natural science. Natural science is becoming the subject of scientific research, it has been shown that it is natural science as an object of study. Such studies are based on the fact that natural science has no clear boundaries. If the quantitative criterion for estimating the amount of knowledge is the number of sciences

that are part of the natural sciences, disciplines, theories, etc., then the natural sciences will have about six hundred constituent elements. Therefore, there is a need to classify the natural sciences. As a result of this classification, natural science is divided into separate branches which include dozens of sciences, each of which is a system of coexistence of scientific theories, which have their own subject and method of development (O. Kedrovskiy) [6, p. 34].

Paying considerable attention to the study of the main problems of the relationship of the philosophical method with the methods of natural sciences, Kyiv scientists noted that the concept of method can be defined as a way of organizing human activity that contributes to the goal of this activity. Therefore, the development of certain methods is of great importance in the practical and theoretical activities of people's lives. This is because each method reflects certain patterns of the real world. However, the reflection of such patterns becomes methods only when it consists in the appropriate human activity. When a person, based on knowledge of the laws, assumes the coincidence of the consequences of their activities with the phenomena that are subject to these laws, then such knowledge becomes a method of its activities. The most accurate reflection of the laws of the real world is achieved only in scientific knowledge.

This is how Kyiv researchers explain the emergence of the dialectical-materialist method. This method arises and develops through the disclosure of the general trend of the history of cognition, the generalization of the laws of practical cognitive activity of people. Therefore, it plays the role of methodology of activity, revealing the general principles of various system-scientific methods. Disclosure of the laws of interaction of philosophical theory with the methods of natural sciences requires the development of transitional stages that lie between these methods, ie philosophical questions of science, the picture of the world of natural sciences so-called specific methodologies of these sciences, and solving the problem of «information crisis». the whole system of cognition in the philosophical method (V. Lutai) [23, p. 3–12].

Without denying the method of materialist dialectics, which follows from the Marxist-Leninist methodology, scholars of the Kyiv school pay considerable attention to the study of the system-structural method, explaining that it embodies the requirements of dialectics, which are expressed in the principle of historicism. requirements of the method of ascent from the abstract to the concrete. It was noted that this method is

widely used in various fields of science because it reflects the objective trend of modern science based on dialectics (G. Vdovychenko) [23, p. 58].

Also, the issues of theoretical and cognitive function of the axiomatic method in natural sciences are investigated. The clarity of scientific knowledge involves the application of the axiomatic method, which in different sciences differs in theoretical and cognitive functions, due to the different nature of the objects of study (V. Droshkevych) [23, p. 58–64]. Quite new for Soviet times were the studies of analytical and synthetic methods in the development of genetic ideas. Such research is associated with the development of molecular biology, which increasingly needed to improve the concepts in genetics, adequate to the content of biological objects and their properties (V. Kolodyazhnyi) [23, p. 85].

The complementarities of theoretical information and energy methods, which were recognized as equal and had a deep relationship, are intensively studied. Due to a certain methodological limitation of the principle of addition, the philosophical analysis of this problem involves the disclosure of the dialectic of discontinuity and continuity, certainty and uncertainty in the relationship of energy and theoretical information methods (O. Kotova) [28, p. 67].

It should be noted that considerable attention of Kyiv scientists was focused on the study of logical and methodological problems of application of the system-structural method in natural science. Such a study was based on a form of atomistic doctrine based on the principle of structure, which necessarily follows from Lenin's idea of the inexhaustibility of matter. The system-structural method of research, which was widely used in various branches of science, is the result of the objective requirement of developing science, the penetration of dialectical-materialist methodology into modern science (G. Vdovychenko) [16, p. 3].

Further research by scholars of the Kyiv School of Philosophy concerned the possibility of strengthening the union of philosophy and science. To do this, they believed, it is necessary to take into account two aspects of the development of knowledge, namely: significantly increased the active, transforming role of science in human society and the development of a single, universal language of science – what is called mathematization, symbolization of science. Such actions are the main way to strengthen cooperation between philosophy and representatives of natural sciences (G. Ivanov) [10, p. 12].

Soviet scientists considered two concepts concerning the role of philosophy in the development of natural science:

1. natural-philosophical, its essence is that philosophy by its own means is able to some extent to build a scientific picture of nature;

2. dialectical-materialist, formed by F. Engels and developed by V. Lenin according to which Marxist philosophy is a worldview and the most general method of natural science, ie acts as a methodology of natural science (P. Dyshlevyi, A. Uyomov) [22, p. 45].

In this aspect, the supporters of the first concept came under criticism from their opponents, among them P. Kopnin, E. Zharikov, V. Bosenko and others, who were accused of an irresistible nihilistic attitude to the philosophical issues of social, natural and technical sciences. It was noted that «there is a widespread view of the so-called epistemologists, who consider the real task of philosophy to develop only the theory of knowledge and logic, as for the development of philosophical, methodological problems of social, natural and technical sciences, it is not philosophers but only naturalists». P. Kopnin was especially criticized, accusing him of erroneously excluding from the subject of Marxist-Leninist philosophy the philosophical problems of modern science, calling them «epistemology», natural philosophy [12, p. 4].

However, despite all the accusations, Kyiv philosophers continue their research, in which they substantiate the impossibility of the development of natural science without philosophy. Exact sciences, which deal with the cognition of certain specific forms of motion of matter, at a certain stage of their development come to know such movements, through which the essence of motion in general is revealed. Since the object of cognition becomes not only directly perceptible things, but also such realities, which are revealed as relations (atom, meson, proton, etc.), the latter appear before us as rational categories in relation to which thinking must decide. Where the very concepts and thinking become the object of knowledge, philosophy must decide. For natural science, which has entered the theoretical field, the task is largely to express movement in the logic of concepts. Therefore, the further development of knowledge of the exact sciences without the ability to operate with concepts, without taking into account the genesis of the formation of concepts and their relationship, is impossible. Thus, natural science in the course of its own development invades the field

of epistemology, logic and sets such tasks that independently, without philosophy, without the application of philosophical principles can not solve (V. Bosenko) [5, p. 71].

In this context, Kyiv scientists study the main categories of natural science in relation to relative philosophical categories such as phenomenon and essence, chance and necessity, cause and effect, etc., shows the transience and secondary categories, concludes how methodologically correct in the materialist spirit are general judgments about these categories in science [3, p. 16]. Also, based on a comprehensive approach, the problems of systematization of categories of philosophy are considered, the position is substantiated that in solving this problem philosophers should work together with representatives of the exact sciences. Attempts are made to reveal some general principles of interrelation of all categories of cognition with practice as a basis of cognition, based on materials devoted to the formation of human thinking and language in phylogeny and ontogenesis (V. Lutai) [6, p. 29; 9, p. 31].

Scientific publications do not do without criticism of the idealistic understanding of the category of time as one of the means of proving the insubstantiality of physical phenomena. Currently, the idealistic understanding of the concept of time by G. Reichenbach, who considered the idealistically and metaphysically logical function of the category of time, is criticized. He tried to prove that physical phenomena do not have a substantial genetic identity, they oppose any identity that has an objective meaning. Also, a critical analysis of Russell's scientific postulates is made: quasi-constancy, independent causal lines, spatial continuity in causal lines, structural postulate, postulate of analogy. It is concluded that an important element of their logical structure are the categories of space, time and reason, which were idealistically interpreted by B. Russell (V. Pavlov) [3; 6, p. 116].

Among the philosophical categories, the problems of the relationship between interpretation and intuition, which have been little studied in Soviet literature, are considered. Scientists focus on the study of the interdependence of interpretation and intuition in the knowledge of objective reality. Intuition is defined as a direct «contemplation» of the truth, it takes place not only at the «beginning», the result, but also in the process of interpretation (I. Voloshko) [18, p. 107–113]. Also, Kyiv scientists study the

relationship between such concepts as «law» and «principle» in the system of scientific knowledge. They substantiate such a study by increasing the level of theorizing of scientific knowledge, which necessarily requires epistemological analysis of the basic principles of construction of a scientific system. Clarification of the generally accepted definition of the concept of «principle», solving the problem of its relationship and correlation with another fundamental concept, with the concept of «law» becomes the subject of their study (I. Ogorodnik) [30, p. 3–9].

In the Soviet philosophical literature in the field of reflection theory collected a significant amount of scientific material, the content of which is recorded in a number of philosophical categories. As noted by Kyiv scholars, in this aspect one of the urgent problems facing philosophy is the problem of systematization of accumulated knowledge, the problem of systematization of its categories. Therefore, attempts are made to subordinate some categories:

- relation – external relation – influence;
- internal relation – interaction;
- external reflection;
- internal reflection (V. Muzychenko) [18, p. 24–30].

Also, a number of articles are published in which the issues of relativity of mappings and determination of their number depending on the number of objects and bodies displayed are published. Such studies are based on the Marxist-Leninist theory of reflection, which shows that the concepts of object and device, object and frame of reference in physics are relative. It is shown that the influence on the form of reflection is manifested not only in the change of structure and properties of objects, but also in the structure and properties of reflecting bodies, which act in physics in the form of devices, reference systems. The relativistic effects are interpreted using matrices. The introduction of the mapping matrix was applied to the interpretation of the relativistic effects of the special theory of relativity. Their general methodological significance and the fact that they can be applied in a specific form in all fields of science that studies the unity of quantitative and qualitative definition of subjects, including the theory of measuring political economy, the theory of measuring classical physics, quantum theory and etc [3, p. 38–51].

Scientists have also studied the expression of ideas of reflection and development in mathematical form. In this regard, six types of mapping

matrices have been derived that can be used both for the statistical case and for the case of measuring motion, development in time of certain objects and reflecting bodies, and so on. Also, the obtained matrices of mappings have a general methodological significance, so they can be used in the field of measurement theory of classical and modern physics (O. Shugailin) [4, p. 3–12].

The center of scientific research of the Kyiv School of Philosophy was the creation of a theory of scientific research, which can be an effective means of finding new knowledge, if it will be a generalization of the historical development of specific fields of science. In this regard, Kyiv scientists are working to reflect the history of science in a formalized form, in mathematical form. This idea of presenting development in mathematical form was deeply developed by O. Shugailin on the basis of the matrix apparatus. O. Shugailin's ideas influenced further research in the mathematical form of reproduction of the historical process of the emergence of basic mathematical operations, pointing to some predictable moments that arise during such research (O. Kedrovskiy) [9, p. 110]. The thesis is substantiated that practice is the basis and ultimate criterion of truth in mathematics, as well as in biology, chemistry, in any other natural science field of knowledge. The epistemological essence of mathematics is traced and its inseparability from formal logic is proved [3, p. 87].

3. Logical and epistemological research in the system of natural science knowledge

Scientific research of logic problems took place on the basis of the original Kyiv school of logic and methodology of science initiated by P. Kopnin in the 60s of the XX century, in which the principles of combining meaningful and formal-logical analysis of scientific knowledge were developed. Within this school, a number of studies by prominent scientists continue to be created, among which were M. Popovych, S. Krymskiy, P. Dyshlevyi and others. Research in the field of philosophical and methodological problems of the history of natural science adjoined the development of the logic and methodology of science and philosophical problems of natural science. In the early 1960's, conferences and symposia on the logic of scientific research and seminars on logic took place. Thus, in 1962, a symposium on the logic of scientific research was held at the

Kyiv Order of Lenin State University Shevchenko, in which philosophers from Kyiv, Moscow, Leningrad, Tbilisi, Odessa, and others took part. cities, as well as teachers of philosophical and natural sciences of higher educational institutions of Ukraine. The symposium considered and discussed issues of dialectical logic and the development of the logic of scientific research, analysis of the problems of the science of logic based on the apparatus of contemporary formal logic, content-genetic analysis of scientific knowledge, methodological problems of contemporary physics and biology [13, p. 3].

These measures had a positive effect on the activity of research of Kyiv scientists on philosophical problems of natural science. During this period, the center of logical and epistemological research is the analysis of important logical elements of empirical knowledge – non-demonstrative inferences. The structure of non-demonstrative inferences, as well as the problem of confirming the empirical hypothesis are studied, the logical problems of induction are analyzed. Soviet scientists set themselves the task of studying the question of inference analysis as logical elements of the structure of experimental science. In logic, inference is divided into two major groups: demonstrative and non-demonstrative. The correct demonstrative inferences are inference. With their help it is impossible to obtain a logical conclusion from the true foundations, which is not contained in the foundations. The scheme of demonstrative inference is a logical method by which a conclusion is drawn from the basics. In non-demonstrative inferences, there is no conclusion in the basics (I. Semenov) [19, p. 104–114].

Also, the possibility of expressing important provisions of dialectical logic in mathematical form, namely in the form of reflection matrices, continues to develop their ideas. These mapping matrices are derived from a combination of axioms of general dependence, development, and mapping in mathematical form. It is concluded that the matrices of reflection have both ontological, epistemological and logical significance, and therefore express the identity of dialectics, logic and theory of knowledge of dialectical materialism. Research in the field of identity of dialectics, logic and theory of cognition in physics is carried out [5, p. 3–19; 7]. Also, attempts are made to identify the basic principles of dialectical logic, which can be put into mathematical form, manifested in

the general relationship, reflection, change of objects and reflected bodies in space and their development in time, in practice as a basis for cognition, reflection and concrete truth, moving from ignorance to knowledge, from incomplete, inaccurate knowledge to more complete and accurate. Based on these principles, a general matrix of reflection of objects in the displayed bodies is derived, which change in space and develop in time (O. Shugailin) [6, p. 58].

Kyiv scientists reveal the logical structure of mathematical research, in which the research process is considered as the basis of self-movement, self-development of knowledge. It is noted that this approach requires that the logical structure of the study was closed, in the end the study should come to the starting point, the result of one study should be the starting point of the next. The starting point of the study should be – the acquisition of socially known knowledge – learning, the next stage is the choice of research area, then – problem statement, problem, problem solving – idea, deployment of the idea into a hypothesis, substantiation of the hypothesis, theory and, finally, inclusion of theory in society known knowledge (O. Kedrovskyi) [7, p. 101].

Scientists of the Kyiv school study Hegel's scientific heritage in great detail, paying special attention to the substantiation of differential calculus by scientists in the «Science of Logic». They conclude that Hegel fully understood the difficulties of that period in the development of mathematical analysis, which is called mystical differential calculus, and tried to eliminate them by applying dialectics; it was he who showed that in a derivative a certain quantity disappears, the relation of the infinite small is quality. Hegel eliminated the one-sided quantitative approach to the basic concepts of differential calculus and thus paved the way for some important ideas of Marx (M. Bulatov) [15, p. 105].

Thus, the study of scientists in the late 50's – early 60's of the XXth century can be characterized as a discussion of the relationship between dialectical and formal logic, when analyzed in more detail some of the main issues of traditional logic in its philosophical justification. However, the specifics of the then formulation of questions of logic and the form of their study was due to the need to criticize various «idealistic tricks» in the field of logic. This made it possible to further analyze a number of logic problems related to science (mathematics).

4. Philosophy and mathematical knowledge

The original research of the Kyiv outlook-epistemological school includes scientific investigations of philosophical problems of mathematics by professors of the Department of Philosophical Problems of Natural Science O. Kedrovskiy and L. Solovyov. At present, O. Kedrovskiy pointed out the lack of organic unity between substantiation and research in the process of developing a mathematical method and the consequent lack of provability and heuristics. By supplementing purely mathematical studies with historical philosophical context, he demonstrates the emergence of new methodological circumstances that form a specific organic historical unity between justification and research in the process of deploying a particular mathematical method [34, p. 134].

It should also be noted that studying the informational nature of thinking, scientists of the Soviet era note that the development of natural sciences, especially physics, chemistry, physiology, which deal with the study of relationships between molecules, atoms, elementary particles and waves, elementary changes in organisms, lead to the study of continuous, infinitesimal changes that occur in bodies, processes, organisms. This gave rise to differential equations, quantitative and functional analysis, topology and other areas of mathematics and contributed to their rapid development. For further research in this area, Kyiv scholars turn to the disclosure of some issues related to the content and quantity of information. This directly relates to such issues as: the ratio of information and reflection, methods of quantitative and functional analysis of information, analysis of problems of application of information theory to reveal psychological and mental activity, to clarify the possibility of creating a general theory of information relations that could quantify side of information and create algorithms and models of psychological processes that occur in humans during the emergence and creation of sensations, ideas, concepts, judgments, inferences, ie in the process of its active cognitive activity [4, p. 111–118].

Along with this, research on the relationship between the system of information signs and the ideal image is actively developing. Analyzed in terms of form and content of the ratio of information signs and ideal images that arise under the influence of a set of signs in the human head, reveals the dialectic of the so-called «psychophysiological paradox», ie the mismatch

of qualitative homogeneity of nerve signals from peripheral receptors caused by various agents information (V. Shovkoplias) [5, p. 139].

The study of the specifics of mathematics, its logical maturity has always attracted the attention of philosophers, which contributed to the development of both mathematics and philosophy. In this aspect, the field of scientific research is significantly expanding, among which a special place was occupied by Hegel's philosophy. Kyiv scientists analyze the connection of Hegel's philosophy with mathematics, show the role of mathematics in the formation of Hegel's philosophy, as well as the influence of Hegel's philosophy on the development of mathematics (V. Shevtsov) [15, p. 106].

Also, some importance is attached to the study of mathematical axioms and their role in science and practice. It is noted that the axiomatic method is such that characterizes modern, at that time, mathematics. Its essence is that at the heart of each mathematical theory there is a certain number of propositions that are accepted without proof (axioms or postulates), after which from them in accordance with the rules of formal logic, the consequences are derived – theorems. It follows that all abstract categories of mathematics are nothing but a modified form of reality in human consciousness (L. Kovantsova) [21, p. 73–78].

It should be noted that in the period of 60-70's the subject of scientific research of Soviet scientists was in the consideration of the two most common methods of mathematics of that time: 1) the method of complete mathematical induction; 2) the method of proof from the opposite. The application of these methods was based on a logical strength, which at that time was considered questionable, so it needed a detailed study. Scientists have argued that the principle of complete mathematical induction, on which the method of mathematical induction is based, is a simple tautology – the statement is valid for any natural number, if it is valid for any natural number as well (M. Kovantsov) [24, p. 75].

The study of the epistemological functions of the algorithm in mathematical cognition was quite innovative in the Soviet period. Kyiv scientists, based on the main features of the algorithm, try to find out its special epistemological nature, which allows the algorithm to be a very effective form of scientific research and fixation of mathematical knowledge. Its essence lies in the ability of the algorithm to give knowledge an objective character and use not only the mathematical result or theory, but also the way, the method of finding them (L. Solovei) [31, p. 62].

Thus, addressing the relationship of mathematics with other sciences, Kyiv practices allowed to establish the importance for the positive progress of a particular science, including mathematics, the connection not only with philosophy but also with other sciences [34, p. 137].

5. Problems of scientific knowledge in physics and cybernetics

Special attention of the philosophical community in the 60-70's of the XXth century. focused on the study of natural sciences, paid considerable attention to the scientific pictures of the world and their changes during the scientific revolutions. Kyiv scientists (P. Dyshlevyi) are actively working on this issue. It is interesting that the change of scientific pictures of the world and styles of scientific thinking (S. Krymsky) was considered a sign of scientific revolutions, and not only the creation of new physical theories. These ideas resonated with the understanding of the scientific revolution as a paradigm shift (and a corresponding view of the world), which were expressed by T. Kuhn. In the late 1970s, a scientific revolution unfolded related to the emergence of nonlinear science. In high-energy physics, it manifested itself in the creation of unified theories of fundamental physical interactions. Further development of theories of great unification (which involved strong interaction) in its application to cosmology led to the emergence of the concept of multiplicity of worlds. The Kyiv School of Philosophy publishes a book by S. Krymskyi and V. Kuznetsov «Worldview categories in modern natural science» (1983), in which V. Kuznetsov covered in detail the physical aspect, and S. Krymskyi made an extremely interesting philosophical review of the understanding of philosophical and philosophical principles. pictures of the world» [34, p. 124].

Also during this period, many articles are published on the study of conservation principles in cybernetics. Scientists explained the interest in such research by the fact that modern cybernetics as a scientific theory was not fully formed, it did not have a system of basic laws such as conservation laws, which are characteristic of many established branches of knowledge. Therefore, a philosophical analysis of the basic theoretical principles of cybernetics, comparing them with the basic principles of more advanced sciences, including physics, will contribute to the development of the theoretical basis of cybernetics. The justification for the existence of conservation principles in cybernetics is the comprehensive contradiction

of stability and variability of motion. The principles of conservation are one of the forms of reflection of this contradiction [3, p. 110–114].

Much attention is also paid to the philosophical analysis of the relationship between semiotics and cybernetics. Semiotics is a fairly new science, but it has achieved important results, semiotic analysis has quickly spread to new areas of knowledge. The pace of development of semiotics resembles the pace of development of cybernetics. Although these sciences were formed in different fields of knowledge, they have much in common: a similar process and formation, such a rapid pace of development; both semiotics and cybernetics are closely related to mathematics; their cooperation in solving the problems of other sciences is fruitful. This commonality indicates that both sciences are a manifestation of a single trend in the development of modern science – cybernetics. Cybernetization satisfies the requirements of increasing accuracy, it is one of the types of formalization (O. Kedrovskiy) [4, p. 120–126].

Soviet philosophers are working quite intensively on the methodology of physical cognition. The progress of physics of that time is characterized not only by the expansion of the field of cognition, but also by the construction of theories that analyze new micro-phenomena discovered by the practice of physical cognition. Therefore, scientists believed that the creation of these theories puts before them the task and goal – to explain a large amount of experimental information on the basis of a single fundamental principle. In this process, as noted, a significant role is played by categories and concepts of scientific methodology and epistemology of dialectical materialism, among them – clarity, observation, measurability, which are not identical concepts of modern physical cognition (V. Doroshkevych) [19, p. 132].

There are articles that study the dialectical-materialist concept of determinism in quantum mechanics. They boil down to revealing the objective existence of the laws of nature it studies, resolving the contradictions between the wave and corpuscular nature of the electron, between the quantum description of atomic volume and the classical description of the device, between the properties of an individual object and their statistical manifestations, between probability and causality, etc. Such research was recognized in Soviet times as a new stage in the «latest revolution» in science, which is organically linked to Einstein's theory of relativity and is a continuation of a number of physical discoveries in the late nineteenth century. However, the study of the philosophical foundations of quantum

mechanics does not do without a critical consideration of these issues and is accompanied by increasing criticism of positivism (V. Perederii) [4, p. 84].

Research on the problems of the unity of scientific knowledge, the unified nature of reflection, as the basis for the convergence of sociology and cybernetics is quite interesting. Such studies were explained by Soviet philosophers by the need to study the problem of the unity of scientific knowledge, which is caused by the need to deepen the methodological foundations of modern science and social science. The convergence of two branches of scientific knowledge – sociology and cybernetics is due to the very nature of science and some trends in their development. The deeper the study of nature and society, the closer scientists approach the discovery of the general properties of the objective world, the more science is filled with general content, strengthening their unity. The path to the convergence of sociology and cybernetics lies through the internal development of both sciences (G. Gorak) [18, p. 67–74].

Kyiv scientists study the philosophical issues of relativistic mechanics, show the historical movement of cognition in the field of physics and the process of complication of simple structures in it, draw a parallel between logical and historical research methods. Hegel's legacy in the field of logical and methodological problems of physics is also considered. It was noted that the complex nature of the process of cognition in modern physics gives rise, on the one hand, to many directions in the development of theory, on the other – stimulates the search for objective criteria for further development of physical theory. Therefore, more and more often the views of physicists turn to dialectics. Ukrainian philosophers have considered the role that Hegel's logical scheme can play in saturating it with specific content in problematic situations of modern physics [15, p. 118]. Problems of methodological analysis of high-energy physics are also considered. Such studies are carried out by identifying stable logical forms, imaginary models, accompanying the entire history of physics. The study of imaginary models as a special logical form that reflects the essential features of the theory of a certain structural level, allows us to understand the main trends in the «movement» of concepts (V. Kostiev) [21, p. 98].

It should be noted that in the 1970's, scientists of the Kyiv School of Philosophy actively studied the reflection of the dialectic of the continuous and the continuous in physical theories. They trace the development of physical knowledge, based on the principle of the presence in its history

of stages, similar stages of knowledge of the nature of contradictions in philosophy in accordance with the logic of reflection of cognitive situations. It was noted that modern theoretical physics uses concepts of a fundamentally new type (quantum fields, quasiparticles). In contrast to the one-sided idealized concepts of classical physics, these concepts contain in a condensed form the unity of opposites. In this aspect, an analogy is made between the stages in the movement of philosophical thought to create dialectics as a doctrine of the unity of opposites and the corresponding stages of the movement of physics on the way to knowledge of the dialectic of continuous in essence its object (I. Dobronravova) [28, p. 97–103].

In the same aspect, research on the disclosure of dialectical contradictions in physics continued. It was noted that the application of the general provisions of dialectical materialism to the phenomena of nature is the general methodological basis of all natural sciences. Synthesizing the achievements of individual natural sciences, we can talk about the relevant natural sciences of the world – physical, chemical, biological and others, which together constitute a single natural science worldview, inherent in a certain period of development of science (P. Cholpan) [29, p. 52].

A number of phenomena related to the then stage of development of physical knowledge, such as the problem of the status of phenomenological theories, the tendency of phenomenologization, etc., are studied. Understanding the relationship between these phenomena can be achieved by developing a new style of thinking in science. There are three styles of thinking in the history of natural science: classical, non-classical (probabilistic) and modern. Each of them corresponds especially to the form of organization of methodological functions of the theory (description, prediction and explanation) and its ideal of development of scientific knowledge. Therefore, the study of the structure of modern physical theories allows us to understand the patterns of modern scientific style of thinking (V. Kostiev) [32, p. 11].

In general, attention is drawn to the fact that at a certain stage in the development of natural science, the methods of physics are increasingly used to study chemical phenomena. The role of mathematical research methods in chemistry is also growing significantly. The question of the ratio of methods used to study the chemical form of motion is actively considered, the significance of the achievements of quantum mechanics for the development of theoretical research methods in chemistry, etc. is revealed. (Yu. Ponomarenko) [5, p. 98].

These were the main areas of research on the philosophical foundations of physics in the second half of the twentieth century. These studies were carried out by Kyiv scientists in close connection with research in the fields of philosophy of mathematics, biology and geology.

6. Philosophical problems of biology

Kyiv School of Philosophy of Biology was formed under the influence of research ideas N. Kostiuk, who for many years studied the philosophical and methodological problems of biology. It belongs to the proposed in the late 60's of the twentieth century. an interesting conceptual version of the solution of the main worldview problem of biology, which is considered to be the problem of the essence of living things. A significant event in the formation of the Ukrainian branch of philosophy of biology was the work of N. Kostiuk «On the essence of life» (1967), which stated an important methodological task – the construction of a general theory of life. Interestingly, the methodologists of science – philosophers and naturalists – soon formulated the problem of theorizing biology. Significant scientific forces in foreign and Ukrainian philosophy of biology have joined in its understanding. Considering the philosophy of biology, it should be emphasized that university specialists together with colleagues from the H.S. Skovoroda Institute of Philosophy, are the core of a powerful Kyiv school in this area, which stood out due to its scientific achievements [34, p. 126].

The rapid development of new industries in the second half of the twentieth century. in physicochemical and molecular biology – caused an avalanche of knowledge about living things, «closed» specialists on their special issues and the loss of «the general picture of living things». Theorists and methodologists of biology found a way out by proclaiming the task of building a «theoretical biology» that would organize knowledge about living things and define its essential parameters. In the 70's the search for such a theory was defined as «the problem of theorizing biology» [34, p. 128]. Scientists of the Kyiv School of Philosophy began to work actively on its implementation. They actively explore the specific position of biology in the system of natural sciences, man and society, the empirical and theoretical levels of biological knowledge, the problems of the relationship between man and nature in philosophy and biology.

Quite new at the time were studies of the geochemical aspect of the approach to life. They revealed the place of living nature in the mechanism

of the earth's crust, the characterization of life as a paid, geological phenomenon. This study of the geochemical approach to living things is explained by the fact that organisms in geological, geochemical processes are manifested differently than in biological or physicochemical. The rationale is that the living being of the biosphere is of interest to the geologist not in terms of physiological or morphological processes occurring in it, but in terms of work that reproduces the organism in the biosphere in the form of migration of elements [5, p. 163]. The issues of the essence of life from the biophysical aspect of the approach to its cognition are also investigated, living systems as open, dynamic-equilibrium systems are analyzed, and also features of bioenergy (N. Kostiuk) are considered [8, p. 85].

In the late 60's of the twentieth century. Related problems of biology and sociology, aspects of joint scientific research of biologists and sociologists concerning human life remain quite relevant. Human life is social in nature and therefore determined by social laws, but at the same time man remains a living being, whose life is impossible without organic laws. Thus, the task of sociologists and biologists is to clarify the specifics of the manifestations of biological laws in human activity. Finding such social ways to meet human needs, which would positively affect its organic nature – is one of the possible aspects of cooperation between biologists and sociologists (G. Gorak) [6, p. 73].

Kyiv scientists are also studying some tendencies of theorizing biology. It is noted that the problem of theorizing biology has not only purely special aspects, but also aspects related to the solution of important epistemological and methodological issues. The importance of this problem is growing due to the fact that it is on the ways to solve it that the main directions of biology development are determined, the predominant importance of its individual branches. At that time, the literature widely discussed issues related to the peculiarities of the development of biology, especially the ways and methods of its theorizing. These studies mainly had two points of view. The first of these is represented by logical (physical) reductionism, whose proponents believed that theoretical biology could be constructed as a logical consequence of physical theories. The opposite extreme point of view is adjacent to the concepts of vitalism, reviving its tendencies at a higher theoretical level. According to Kyiv scholars, the abandonment of the metaphysical method of thinking and the transition

to the dialectical method was the main result of the revolution in physics. That is why the use of the physical method of thinking in modern biology helps to solve the problem of the relationship between physics and biology in terms of their mutual use and limitation, development of principles and means of synthesis of different levels of research of biological object (N. Depenchuk) [17, p. 3–8].

Quite innovative, but not devoid of ideological component, in the Soviet period look research by Kyiv scientists of physiological science in Ukraine, which in the late nineteenth and early twentieth centuries. stood on the basis of consistent materialism. It was noted that a significant contribution to the development of the materialist tendency of domestic natural science was made by Ukrainian physiologists, who fought against idealistic ideas and mechanistic structure in biology. The scientific approach, the close connection between experiment and theory, the materialist orientation and the connection with the elements of dialectics in the works of Ukrainian physiologists were a favorable ideological precondition for the successful reorientation of physiological science in Ukraine to the methodological basis of Marxist-Leninist philosophy (I. Ogorodnik) [17, p. 27].

The problem of organic expediency is the most important and interesting problem, which due to its methodological and ideological nature occupies an important place in biological and philosophical science. Kyiv scholars choose to study the problem of expediency in the concept of neovitalism. They explore how this problem is posed and solved in the concept of neovitalism, which is in the position of idealism, as well as what issues of theoretical biology neovitalists associate with the problem of organic expediency and how to explain the specifics of solving problems in the concept of neovitalism [21, p. 15–21].

However, the study of these issues does not do without a critical analysis of the neo-vitalist understanding of the relationship between empirical and theoretical in the development of biological knowledge. The problem of empirical and theoretical, their place and role in the process of cognition, and in particular in biological cognition, occupies one of the important places in the understanding of scientific knowledge. This explains the fact that it is the subject of a sharp struggle between dialectical materialism and idealism. Therefore, these questions are studied by Soviet scientists from the standpoint of dialectical-materialist

position, analyze the interpretation of this issue by the idealistic concept in biology – neovitalism (T. Pikashova) [25, p. 56].

Also within the Kyiv School of Biology a number of issues related to logical and epistemological problems of biology are studied. Philosophical analysis of the use of general natural concepts in biology in their accordance with consonant philosophical categories, will help to clarify not only the patterns of development of modern science in general and biology in particular, but also the possibility of enrichment of individual philosophical categories. Logical and epistemological problems arise during various aspects of cognition of living things (biochemical, biophysical, biocybernetic, biogeochemical, cosmic, etc.), they are largely related to the need to define concepts, especially in connection with the need to periodically review the content of fundamental concepts biology («life», «heredity», «evolution», «species», etc.) in order to clarify their content and bring the latter in line with the current level of knowledge (N. Kostiuk) [26, p. 36]. Forms of manifestation of unity of historical and logical in biological cognition are investigated. Manifestation of integrative tendencies in biological cognition makes it necessary to find adequate methodological tools for the implementation of optimal synthesis of knowledge about living things. Successful implementation of this task is possible on the basis of the dialectical-materialist principle of the unity of historical and logical in biological cognition. approach (L. Sidorenko) [33, p. 39–43].

Such was the Kyiv School of Philosophy of Biology and the scientific achievements of its representatives in the second half of the twentieth century. Post-classical assessments made by modern philosophy of biology allow us to see new perspectives of biology in its study of living things, in influences on humans, in understanding cognitive processes, in expanding civilizational paths of development, to move towards a comprehensive representation of the living world [34, p. 134].

7. Conclusion

As a result, the authors of this study traced the general trends and directions of research in the field of philosophical problems of science, which were carried out by scientists of the Kiev School of Philosophy, analyzed the thematic evolution of these studies. It is established that the ideological factor became the main one among those that helped to determine the direction, subject field and results of the

analysis of philosophical and natural science research in the USSR. The scientific research of Kyiv scholars of new points of contact of philosophical and natural-scientific knowledge in the period of 60-70s of the XX century, which became the impetus for further intensive development in the field of institutionalized philosophical knowledge, stimulated the rejection of Marxist-Leninist philosophical orthodoxy, communism ideologist and contributed to the formation of a new culture of scientific work in conditions of freedom, the development of the Ukrainian philosophical tradition in the post-Soviet period.

References:

1. Konverskyi A.E., Bychko I.V., Ohorodnyk I.V. (2005). *Filosofska dumka u Kyivskomu universyteti: istoriia i suchasnist* [Philosophical Thought at Kyiv University: History and Modernity] / Za zah. red. prof. A.Konverskoho. Kyiv: Tsentr navchalnoi literatury. (in Ukrainian)
2. Tabachkovskiy V.H. (2002). *U poshukakh nevtrachenoho chasu: Narysy pro tvorchu spadshchynu ukrainskykh filosofiv-shestydesiatnykiv* [In Search of Lost Time: Essays on the Creative Legacy of Ukrainian Sixties Philosophers]. Kyiv: PARAPAN. (in Ukrainian)
3. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1964). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 1.
4. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1964). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 2.
5. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1965). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 3.
6. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1965). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 4.
7. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1966). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 5.
8. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1966). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 6.
9. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1967). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 7.
10. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1967). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 9.

11. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1968). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 10.
12. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1968). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 12.
13. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1969). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 14.
14. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1969). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 15.
15. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1970). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 21.
16. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1971). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 22.
17. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1971). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 23.
18. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1971). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 24.
19. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1972). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 26.
20. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1972). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 27.
21. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1972). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 28.
22. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1972). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnytstvo Kyivskoho universytetu. Vypusk 29.
23. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1973). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnyche obiednannia «Vyshcha shkola». Vydavnytstvo pry Kyivskomu derzhavnomu universyteti. Vypusk 30.
24. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1973). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnyche obiednannia «Vyshcha shkola». Vydavnytstvo pry Kyivskomu derzhavnomu universyteti. Vypusk 31.

25. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1973). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnyche obiednannia «Vyshcha shkola». Vydavnytstvo pry Kyivskomu derzhavnomu universyteti. Vypusk 32.

26. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1973). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnyche obiednannia «Vyshcha shkola». Vydavnytstvo pry Kyivskomu derzhavnomu universyteti. Vypusk 33.

27. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1974). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnyche obiednannia «Vyshcha shkola». Vydavnytstvo pry Kyivskomu derzhavnomu universyteti. Vypusk 35.

28. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1974). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnyche obiednannia «Vyshcha shkola». Vydavnytstvo pry Kyivskomu derzhavnomu universyteti. Vypusk 36.

29. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1974). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnyche obiednannia «Vyshcha shkola». Vydavnytstvo pry Kyivskomu derzhavnomu universyteti. Vypusk 37.

30. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1975). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnyche obiednannia «Vyshcha shkola». Vydavnytstvo pry Kyivskomu derzhavnomu universyteti. Vypusk 38.

31. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1975). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnyche obiednannia «Vyshcha shkola». Vydavnytstvo pry Kyivskomu derzhavnomu universyteti. Vypusk 39.

32. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1976). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnyche obiednannia «Vyshcha shkola». Vydavnytstvo pry Kyivskomu derzhavnomu universyteti. Vypusk 40.

33. Kyivskiy derzhavnyi universytet (1976). *Filosofski problemy suchasnoho pryrodoznavstva* [Problems of modern science]. Mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk. Kyiv: Vydavnyche obiednannia «Vyshcha shkola». Vydavnytstvo pry Kyivskomu derzhavnomu universyteti. Vypusk 41.

34. Kyivska svitohliadno-hnoseolohichna shkola druhoi polovyny XX stolittia [Kyiv outlook-epistemological school of the second half of the twentieth century]: monohrafiia (2020) /L.V.Huberskyi, V.H.Kremen, A.E.Konverskyi ta in. Kyiv: VPZ «Kyivskiy universytet».

**RELIGIOUS SECURITY DURING COVID-19:
FOREIGN EXPERIENCE – LESSONS FOR UKRAINE**

Yevhen Kharkovshchenko¹

Olena Predko²

Vitalii Turenko³

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-47>

Abstract. The study reveals the features and specifics of the functioning of religious security in a coronary pandemic, which began in late 2019 and continues. The conceptual model of religious security is an interconnected multilevel system of relations of practice of a new format of communication, which is possible only in the system of dialogue – «religious organizations-man-state-society» in conditions of internal and external pandemic threats and identifying heuristic opportunities that can affect new trends in the context of the coronavirus pandemic.

The implementation of new communicative forms between believers of different denominations testifies to the need for a new perspective on the religious practices of religious organizations, which, falling into the contextual field of the pandemic, undergoes transformational changes in the system of «safety-danger». The degree of trust in church hierarchs and authorities, the number of patients, the rate of spread of the coronavirus, the approach of major religious holidays, etc., and the individual perception of the situation. The conceptual model of religious security should be characterized by flexibility, mobility, adaptability, openness, and take into account regulatory, institutional, resource, information capabilities, mental, ideological and ideological guidelines of the Ukrainian state.

Western European countries adapted relatively quickly in the context of a new model of state-religious relations during the pandemic. At the same time, it should be noted local protests and/or ignorance of quarantine

¹ Doctor of Philosophical Sciences, Professor,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

² Doctor of Philosophical Sciences, Professor,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

³ Candidate of Philosophical Sciences,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

measures taken by the authorities of a particular country, which led to the detention of responsible persons and/or increased morbidity among the population. In our opinion, this is due to the fact that most religious leaders in Western Europe demanded strict implementation of quarantine measures imposed by the authorities of a particular country. If there were covid dissidents, they were not representatives of the higher clergy (as in some Eastern European countries), but representatives of the middle clergy and laity. Relations between the authorities and religious organizations during COVID-19 in Eastern Europe are characterized by a certain diversity and ambiguity. This is due to the decisions of the authorities of a country. At the same time, despite some confrontation and conflicts (hidden or overt) in this region of the world, the Church changed both the practice of worship and was forced to improve the doctrine, to make adjustments to the ritual and cult activities.

Paying attention to the international experience of overcoming the coronavirus pandemic, its state-confessional and inter-confessional connotations, in Ukraine it is expedient to use the following positive potential: prevention of illegal and destructive activities against various denominations, including religious minorities, religious institutions it is advisable to constantly monitor their safety, creating an appropriate information center, etc.); religious security, as a component of national security, needs proper legal consolidation, first, it is worth including this concept in the legislative process of Ukraine, as no law provides even its definition; secondly, the place and role of ethno-confessional communities in the religious space of Ukraine, prevention of formation on their basis of the regional dominant confession in this or that territory needs legislative fixing; thirdly, it requires the introduction of constant monitoring of identification / assessment of religious security risks at the national and regional levels, taking into account local, demographic, geographical and socio-cultural aspects, which must be constantly reflected in the infographics of the coronavirus pandemic .

1. Introduction

The coronavirus pandemic, «shaking» today's civilization and changing interstate and interpersonal relations, introduced unprecedented restrictive measures and, restricting the constitutional human right to freedom of

religion and movement, reformatted its activities in the information and virtual space. Rationality (often manipulative, affective rhetoric began to displace criticism and argumentation) and morality (the emergence of an ethical problem – when it comes to the different «value» of human life) came under pandemic influence. Undoubtedly, these changes, reflecting on religious security, have been a catalyst for a number of problems inherent in the modern religious space (for example, in Ukraine, the reformatting of the Orthodox landscape, the military conflict in the East, lack of constructive partnership between religious organizations and the state; religiousization of public authorities, unregulated legal documents in the field of interfaith and state-religious relations, etc.). The result is a rather multivariate reaction of denominations to the relevant prohibitions during the coronavirus pandemic in ritual and cult practice – from understanding and assisting the authorities to showing disobedience and deliberate violation of the quarantine regime. Among religious movements such as Al Qaeda and the Islamic State, COVID-19 is even seen as an additional weapon against infidels.

The coronavirus pandemic, which swept the world in late 2019 and continues to this day, remains a threat to the population of many countries, including European countries, radically affecting both public and private life. In this context, the effects of the pandemic have affected various spheres of society, including religious organizations, the system of state-confessional relations. Public authorities in almost all European countries, both Eastern and Western, have been forced to develop new policies on religious institutions to prevent mass illnesses among the population and large numbers of deaths.

In turn, religious organizations find themselves in a situation of dilemma:

- either to completely submit to the authorities and cease to operate their religious buildings;
- to partially restrict the access of their believers to worship so that they are not sanctioned and at the same time protect the population from many diseases. life and health.

On this basis, religious security undergoes a certain reformatting, its peculiar algorithm is formed, the factors of which are, on the one hand, the worldview and value crisis, which is most pronounced in ritual and cult practices, and on the other – a significant part of religious hierarchs. God's

election, charisma among the adherents of the organization, resorted to even more spread eschatological ideas, new forms of religiosity, which are cultivated as an alternative to the established traditions of state-confessional and inter-confessional relations.

Based on this, it became important to comprehend the experience of state-confessional relations during the coronavirus pandemic in Europe, in particular, to identify the relationship between religion and government in Eastern and Western Europe, to identify the positive aspects that need to be implemented in Ukraine.

Based on the monitoring of sociological research [3; 16; 17], including a study conducted by the project «Religious Security in Ukraine in a Coronavirus Pandemic» [2], we can distinguish two views on the impact of the global pandemic on the religiosity of the population:

- on the one hand, it is the growth of religiosity;
- on the other hand, on the contrary, a decrease in the level of religiosity or its immutability.

In this case, we are talking about religious security:

- firstly, in the context of strengthening faith as personal security;
- secondly, the role of religious faith for the security of the state and society.

Thus, the space of religious security extends to the personal security of man and the national security of society and the state. Thus, a Pew Research Center survey conducted in the summer of 2020 in 14 economically developed countries among 14,276 people showed that the vast majority of respondents in different countries declared both the strengthening of personal faith and its role in the lives of compatriots:

- US 28% (personal faith) and 28% (in the country as a whole);
- in Italy – 15% and 19%, respectively;
- in Canada – 13% and 16%;
- in Australia – 10% and 15%;
- in the UK – 10% and 14%;
- France – 10% and 11%;
- Belgium – 9% and 13%;
- the Netherlands – 7% and 17%;
- Germany – 5% and 10%;
- Japan – 5% and 5%, etc. [17].

66% of countries say that the religious faith of the people in their country is about the same as before the pandemic, while 15% say that the faith in their country has become stronger and 8% weaker. conducted by D. Meza, showed that the hypothesis of the growth of religiosity in the Catholic environment was not confirmed [16]. In Ukraine, there is also a slight increase in the level of religiosity 2%) [3, p. 28]. Also, the authors of this study show a small percentage increase in the level of religiosity compared to the pre-pandemic period (3.5-4%) [2]. The coronavirus pandemic also tracked intolerance, discrimination against religious minorities in many parts of the world, and entire religious communities were stigmatized, harassed, and accused of «bringing COVID-19 to their countries».

Many studies have focused on the mental state of believers, which is similar to that during religious epidemics, [18] long-term cognitive impairments, such as dementia, those who have contracted the coronavirus (University of Texas at San Antonio), and COVID pandemic prevention factors. COVID-19 and its impact on psychology, environment and economic perspective [11], analyzes the psychological impact of coronavirus on university students and its socio-economic determinants [13; 14], reveals the short-term and long-term consequences of the COVID-19 pandemic for mental health population [20; 21], analyzes the role of quarantine measures and social distancing from depression, anxiety [12]. New research reports that 60% of the 400 coronavirus survivors have experienced long-term cognitive impairment [17]. Cognitive problems were found in those who experienced mild to moderate COVID symptoms, as well as in those who experienced more severe symptoms. One in three survivors experienced severe cognitive symptoms similar to dementia. The presented results of an expert survey of research psychologists and psychologists-practitioners on the socio-psychological aspects of the COVID-19 pandemic showed the psychological consequences of the coronavirus pandemic for the individual, interpersonal relationships and society as a whole [9]. Survey participants predict, on the one hand, an increase in the importance of family and friendships, and on the other – an increase in tension, anxiety, as well as mass psychological trauma, the search for psychotherapeutic means to relieve depression, insecurity. Religious psychopractices often become such a refuge; sometimes they are quite exalted, variously motivating others

to drastic changes in organizational, dogmatic, ritual and cult activities. Religion often acts as a factor that mitigates the borderline situations of human existence (serious illness, death of loved ones, physical and moral suffering, etc.). At the same time, these peaks of the giant iceberg of psychic life are exacerbated by shifts in the coronary crisis, which is rapidly changing history, affecting and influencing the fate of many people.

Today there is also a rather ambiguous situation with vaccination. For example, a survey conducted by the Razumkov Center's sociological service from May 21 to 26, 2021 [10] using a face-to-face interview at the respondents' place of residence showed the following results. 2017 respondents aged 18 and over were interviewed in all regions of Ukraine, except for the Crimea and the occupied territories of Donetsk and Luhansk oblasts, according to a sample representing the adult population according to the main socio-demographic indicators.

«Compared to March 2021. from 51.5% to 43% decreased the share of respondents who answered that they do not intend to be vaccinated against coronavirus, from 12% to 19% increased the share of those who intend to do it in the near future (or have already done so), from 16% to 19% – the share of those who intend to do so, but later, 10% (as much as in March) intend to do so only when required by formal requirements (for example, for a trip to border).

The older respondents. the more often they express a lack of desire to get vaccinated (their share increases from 38% among those aged 18 to 29, to 51% among those aged 60 and over).

Among those who do not give up their intention to get vaccinated against COVID-19, 59% are ready to do it only if it is free (this is 7% more than in March), 23% of them are willing to pay for him, and another 6% are willing to pay to be vaccinated out of turn. The older the respondents, the more often they answer that they are ready to be vaccinated only free of charge (the share of such people increases from 49% among those aged 18 to 29 to 77% among those aged 60 and over).

Respondents who do not intend to be vaccinated are more likely to say that the vaccines they use in Ukraine are not effective or safe enough, but they are willing to be vaccinated with “some other” vaccine (this answer is given by 31% of those who do not intend to get vaccinated). Although compared to March, the proportion of those who do not trust the vaccine

has decreased (then it was 45% of those who refused to be vaccinated). 30% of them motivate their refusal by the fact that in their opinion, the risks of vaccination outweigh the risks of the disease itself, 15% – by those who have already contracted the coronavirus, 12% have medical contraindications, 7.5% believe that the probability that they will get COVID-19 is very low» [10].

2. Different approaches to the understanding of religious security in the conditions of a coronavirus pandemic

Monitoring of works on religious security allowed us to identify the main areas in which its research is conducted: legal (O. Aftakhova, O. Ovchinnikov, I. Tarasevych, M. Fominskaya, etc.); political science (O. Bilokobylskyi, S. Zdioruk, A. Maigari Ibrahim, I. Ebrahimzadeh, N. Orizu, A. Sahraei, etc.); state administration (K. Vashchenko, O. Kornievskyi, S. Teleshun, O. Pavlov, Y. Saenko, etc.); historical and cultural (B. Nosenok, S. Rudenko, V. Turenko, etc.); theological (A. Kuraev, O. Filonenko, M. Cherenkov, etc.); religious studies (V. Zaporozhets, Y. Jansen, A. Kolodnyi, M. Nesterova, O. Predko, E. Kharkovshchenko, L. Fylypovych, S. Shapravskyi, etc.). These areas are important for a holistic study, as they form the methodological basis of this study.

The coronavirus pandemic has affected various social institutions, including and religion. As one of the clearest evidences is that already in the English-language Wikipedia there is a rather voluminous article called «Impact of the COVID-19 pandemic on religion», which still has 6 versions in other languages. In turn, work on the impact of the coronavirus epidemic on religion and vice versa to some extent is already in the Ukrainian humanitarian discourse in general and religious discourse in particular.

First of all, it is necessary to mention information-analytical materials (D. Gorevoy, V. Tokman, K. Shchotkina) and sociological studies (D. Belanenko, I. Volosevych, D. Savchuk), devoted to the reactions of religious organizations to pandemic challenges and clarifications. public opinion on the coronavirus pandemic, the threats and dangers it has caused in Ukraine. A number of researchers ask questions about changes in the system of «sacred-profane» (O. Shchipkov). Also, a series of scientific and journalistic materials on the impact of the coronavirus pandemic on religious

relations, ritual and cult practice was posted on the leading Internet sites of domestic religious studies «Religious Information Service of Ukraine», «Church». To understand the position of various religious organizations in Ukraine, it is important to use the materials of official websites and printed periodicals (including the «Local Church» of the PCU, the «Patriarchate» of the UGCC and others).

Heuristically fruitful for the disclosure of the research topic are the works of V. Lukanova [4–7], which presents the socio-philosophical understanding of the pandemic as an antisystem in the unity of its structural and functional characteristics, as well as the study of R. Lunkin [8], who raises questions European identity during the corona crisis, the semantic axis of which is the thesis: «From the» new responsibility «to the» new manageability».

The work «Psychology and Pedagogy in Counteracting the COVID-19 Pandemic: An Internet Guide», edited by V.G. Flint.

A number of legal documents (in particular, «On the prevention of the spread of coronavirus COVID-19 in Ukraine», etc. [1].) Have provoked different views (V. Krivorot, A. Martynenko) on interference with human rights, restrictions on her freedom, personal inviolability, as well as restrictions on the right to hold religious events. These legal issues highlight a number of issues related to religious (insecurity) regarding the interference of state authorities in the activities of religious organizations during pandemics.

This study is based on a set of methods that will allow a comprehensive and detailed study of its subject field. The authors consider religious security not in a static, unchanging form, but in the context of its historical dynamics – the synchronous method allows semantic correlation of religious security issues related to the coronavirus pandemic in Ukraine and other countries; instead, the diachronic method allows us to track the social dynamics of the process, which unfolds under its influence.

The semantic range of research requires the implementation of interdisciplinary approaches, the meaning and significance of which contributes to the combination of knowledge, their integrative capabilities. Such polydisciplinarity made it possible to outline various interpretive «slices» of the study of religious security, to reveal their methodological possibilities in the context of both the semantic horizon of the synergetic paradigm and the network approach and to introduce

them into the context of research goals and objectives. It is the synergetic approach (characterized by openness, self-organization, nonlinearity) and the network approach that is the most productive in terms of obtaining practice-oriented results, as the focus of the network approach is not state authorities and religious institutions, but connections. and the relationship between them, as their intensity, the level of mutual involvement of these subjects of network interaction in activities, and their transactional, communication, instrumental, ideological, personal nature) allow «building» methodological synthesis as the deployment of integrative research strategy – transdisciplinarity. In this case, in the field of research under the pressure of problematization «falls» not only the cycle of socio-humanitarian disciplines, but also natural science knowledge, in the context of which are considered both religious security and religious epidemic, pandemic, etc.).

The methodology of studying the content of religious security is based on a comparative method, which reveals both the defining characteristics of the pandemic (extreme and extreme situations, etc.) and the general and specific elements used to influence believers; a systematic method used for a comprehensive study of the processes of religious influence; the method of typology, which is important in describing the relationship between public authorities and religious institutions; phenomenological method, which is used to analyze religious meanings that are constructed during the interaction of religious ideas and religious consciousness.

In addition to special methods inherent in certain sciences, the analysis of religious relations should be based on general methods of scientific knowledge, among which should be noted: methods used in both theoretical and empirical aspects of research (analysis and synthesis, induction and deduction, abstraction and generalization, comparison and analogy, modeling), methods of empirical research (observation, comparison, measurement, experiment), as well as methods of theoretical research (ascent from the abstract to the concrete, the method of unity of logical and historical, etc.). Particularly important for the presented study are the principles that are considered fundamental in academic religious studies – objectivity, non-confessionalism (rather than confessional supremacy), tolerance (rather than prejudice), ideological pluralism (rather than ideological bias), which allow a scientific approach.

3. Religious security during COVID-19: foreign experience

As part of the study, this problem was monitored in six countries – Ukraine, Georgia, Poland, Turkey, Italy, Greece. For analysis, we took these countries, focusing on the fact that the process of religious genesis, the religious space in general in each country reflects the problems, «pain points», areas of concern in Ukraine. Undoubtedly, the coronavirus pandemic has significantly affected both the world confessional community in general and religious security in particular. It encouraged the reformatting of religious practices, due to direct restrictions on ritual and religious activities. In each country, these restrictions have their own specifics and depend on the current situation, a number of contextual factors, in particular, the relationship between the status of religions (churches) and state-confessional relations – the basis of state-church relations – the principle of state support – Poland Greece, Georgia, the basis of state-church relations – the principle of separation of church and state – Ukraine, Italy, in Turkey, religion is separated from the state by law, but in fact is state); differences in the capabilities of the health care system; socio-economic and cultural differences. The team of authors of the project «Religious Security in a Coronavirus Pandemic» built a comparative table, which, taking into account regulations, the specifics of state-religious relations, the reaction of state and religious institutions, identifies criteria and tracks the pandemic in different countries (Poland, Georgia, Georgia , Turkey, Italy, Greece).

As we can see, during the coronavirus pandemic in different countries, the range of religious security issues is quite variable. For example, in Italy, personal worship services were suspended, and as a result, many churches broadcast Mass through online broadcasts, radio, and television. Church funerals could not be held due to a nationwide lockdown. In some northern cities, the authorities had trouble storing large numbers of coffins, and churches offered to look after them. In the cities of Seriate and Bergamo, the Italian army voluntarily transported some of these coffins from churches and morgues to cemeteries and crematoria in other provinces.

The comparative state of religious security in the context of the coronavirus pandemic has shown that religious organizations are becoming a very powerful factor of perception among believers; usually this situation is completely different than among other ordinary citizens. The situation is quite clear, as religious organizations in a crisis situation

to combat the coronavirus were able to sacrifice the most important – the real ritual and cult activities, which are the basis of life of believers in all denominations and religions. For most believers, this refusal has been a test of the stability of the faith, as the lack of common prayers leads to the disunity of members of religious communities, the cessation of activities of individual parishes, and the deprivation of part of their income. People who do not go to churches and mosques also do not make donations. Although in many churches (among Catholics and in almost all churches in Russia and Europe among Protestants, to a lesser extent among Orthodox), the practice of online donation is becoming widespread, it can be done without leaving home on the religious association's website. In general, Christians, Muslims, and Jews took the necessary measures, in accordance with the recommendations of the national authorities. Therefore, the question of the attitude to the performance of worship and the reception of the sacrament has become a kind of test for the «tradition» in various European countries, in particular, in Western Europe.

Moreover, state-confessional relations in Western European countries have not always been harmonious. We can state the existence of both implicit and explicit protests against the restrictive measures of the authorities of a country regarding the functioning of certain religious activities. At the same time, it should be emphasized that the protests and conflicts took place mainly among the middle clergy and the laity; instead, the higher ranks of the clergy (for example, bishops, cardinals, etc.) supported the urgent need to comply with all quarantine restrictions.

Undoubtedly, a significant educational and psychotherapeutic role during the coronavirus pandemic belongs to religious leaders. They provide pastoral and spiritual support, helping the most vulnerable. «Religious leaders and faith-based organizations can strengthen their communities and combat self-isolation through regularly checking in on individual members, preferably via phone. This is particularly important to account for individuals who may be living alone, who are elderly, who have disabilities or are otherwise vulnerable. They can ensure that community contact lists are up-to-date and accessible to their members. Organizations can create “calling trees” in which individual members volunteer to phone several other members regularly to check on their well-being. In-person visits should be avoided where possible and if necessary, should employ appropriate physical

distancing and other preventive measures. Additionally, religious leaders are encouraged to prevent family separation and promote familybased care options in situations where children are separated from their families» [18].

At the same time, we can argue about some confrontations and conflicts (hidden or overt) in many parts of the world. Although there are differences in the basis of these conflicts: if in Catholic countries (eg Poland) the protest was associated with memories of the recent atheistic past, when churches were closed, in Orthodox countries (Ukraine, Greece) it manifested itself in a possible transformation (sometimes radical) form of participation in the sacraments, especially in connection with the celebration of the Eucharist.

It is noteworthy that the regulations of Ukraine and Georgia at different times have identified similar priority areas of national security, which, firstly, are the most sensitive to threats, and, secondly, determining the activities of public authorities. However, the analysis of these documents showed that the focus is primarily on the security of society and the state, while the individual and the citizen are only formal objects of national security. As for the place of religion in the national security systems of these countries, for a long time the religious factor remained largely on the sidelines of their national interests.

It can be concluded that the traditionally Orthodox countries of Eastern Europe, namely Greece and Ukraine, were dominated by the idea of the need to preserve traditions and permanence of worship. In particular, in these countries there was a discussion about the form and type of participation in the Eucharist. In March 2020, the Permanent Holy Synod of the Greek Church, discussing the coronavirus epidemic, issued an encyclical, which was sent to the dioceses of the Greek Church. It stated that the Holy Eucharist could not be a way of transmitting disease, and the Permanent Synod decided to continue to celebrate the Holy Eucharist. At the same time, in Ukraine there was a discussion about the possible transformation of the form of the sacraments. The UOC clergy also often ignored quarantine restrictions, especially in large monasteries. We believe that such intransigence of the UOC representatives to the recommendations and restrictions imposed by the state authorities is due to the fact that it is in this Orthodox denomination that a large part of the fundamentalist believers are present.

In our opinion, if we innovate in worship in accordance with the recommendations and restrictions imposed by the authorities, including

those concerning participation in the sacraments, we must be very careful, tolerant, taking into account the psychology of believers. After all, by avoiding health hazards, you can provoke the other side of religious danger – conflicts and clashes between supporters of different views on this issue. Thus, the main task is not so much the introduction of new forms of sacraments, but the protection from potential religious conflicts that may arise, depending on what radical decision can be made or rejected. Thus, the process of modernization of ritual practice for some churches is painful because of the rigidity of the ritual tradition, the low quality of education of the clergy, the priority of rites over values. Therefore, the implementation of ritual practices on the Internet poses new challenges to traditional religions, the sacred space of which is an integral part of their organizational, dogmatic activities.

4. Lessons for Ukraine

Based on the processed information, recommendations were developed to public authorities to ensure religious security at both the national and regional levels.

First, in the context of ensuring religious security in Ukraine, we emphasize the need to develop updates for legislation aimed at rethinking the phenomenon of religion and the role of religious organizations in society, especially in the event of a coronavirus pandemic. Thus, at the moment, there are certain disagreements, problems in communication between the secular authorities and religious communities, at least regarding the observance of quarantine norms. As a result, it hinders the activities not only of religious organizations, but also prevents public authorities from fully ensuring the interests of religious communities in the field of religious security.

That is why we are convinced that in the context of a coronavirus pandemic, faith should be considered as a primary necessity of a religious person. Consequently, public authorities must ensure that citizens can freely realize their spiritual and religious needs. Therefore, it is logical to introduce a functional paradigm of interaction between church and state, which will be based on the actual needs of religious organizations in the implementation of religious activities. This requires the development and implementation of active dialogue practices, both offline and online. A significant role is given to dialogue, which should be aimed at finding common solutions that

can be reached by consensus. It is necessary to form an unbiased, objective view of the real state of religious security in Ukraine in the context of the coronavirus pandemic, which should be formed in the field of neutrality in relation to one or another religious organization. Moreover, it is necessary to integrate the believers themselves in understanding how organizational and social processes take place within the interaction of religious organizations with public authorities, which helps to express their own ability to express their will to find common solutions.

Secondly, it is recommended to pay attention to the formation of such a phenomenon as «online religion». In our opinion, this phenomenon is clearly ambivalent. The fact is that, on the one hand, due to the tendency to virtualize religion, there is a high probability of establishing interfaith contacts, there is a possibility of dialogue between different religious movements. Discovering the diversity of religious experience, the ability to communicate with completely different people remotely opens the possibility of free, unbiased exchange of information. Awareness and understanding of the other, albeit different, opens up new opportunities for the formation of religious tolerance and empathy. Due to this, worldview pluralism develops, the ability to find and rationally weigh the spiritual potential of different religious denominations, even without leaving home. It seems that this, on the contrary, should contribute to the active renewal of church life both online and offline; application of new technologies in covering the activities of religious communities, focusing on online broadcasts of sacraments and services. Finally, the ritual potential of new technologies in the religious sphere is revealed in the so-called convergent practices, ie an active form of adaptation of religious rituals to the format of online interaction, which, in turn, can stimulate the emergence of new and uncharacteristic past behaviors (online sermons), online churches, etc.). All this allows even deeper involvement of adherents of religion in the virtual space of religious life, through the maintenance of social networks, the development of various religious applications for smartphones.

However, one cannot fail to notice the ambiguity of such an impact of the virtualization of religion. Free access to any, in particular, religious information, gives unlimited space for the creation of certain «online religions», which is, rather, a religious simulation, a game. An important participant in the action and later a mediator between the person and the

«higher powers»), becomes an IT specialist who is responsible for the installation, configuration and operation of the device. In this context, religious competence is complemented by technical ability. Thus, a new religious space is being formed. At the same time, the entire information space can become a wide field for missionary activity of these quasi-religions, which are likely to provoke tendencies to violate religious security in the country. Uncontrolled information flows are often replete with unverified, fake information that can be disseminated by specific religious organizations in order to incite religious hatred. The consciousness of the individual, which exists within a rather religious worldview, is extremely vulnerable to all sorts of religious manipulations, especially in cyberspace. This, in turn, can lead to increased social tensions between adherents of various religious organizations, provoke aggression and unwillingness to understand a different position. In view of this, a certain constructive and destructive social potential of virtualization of religion in the context of ensuring religious security in Ukraine is obvious. However, public authorities should not underestimate the impact of such communities on human consciousness.

Third, it is considered important to provide the media with only verified, official information from representatives of both public authorities and leaders of religious organizations. At the moment, you can find a large amount of fake information on various Internet resources, which only provokes the undermining of religious security in Ukraine. Existing information wars, especially with the aggressor country, provoke the emergence of a bifurcation of religious identity, distort the value component of the individual and affect its perception of reality. The main trends that can be seen in this are the encroachment on religious security in the country through the formation of religious conflicts in cyberspace and the gradual, methodical destruction of the spiritual and cultural identity of both adherents and the general population. All these things pose a threat to the implementation of religious security, and therefore must be taken into account by public authorities at the legislative level to ensure the rights and freedoms of the individual in cyberspace.

Thus, having analyzed the trend towards virtualization of religion and the possible consequences of this phenomenon, we consider it necessary to ensure religious security in Ukraine, especially during the coronavirus

epidemic, in the Internet space. The activity of various religious organizations in cyberspace and the formation of a new existential dimension of spirituality requires, above all, the education of tolerance, tolerance among different religious denominations. On the part of the state, we consider it necessary to take measures to ensure information security in the field of religious communications, as well as control and analysis of the activities of destructive religious organizations in the information space of society.

5. Conclusions

The conceptual model of religious security is an interconnected multilevel system of relations of practice of a new format of communication, which is possible only in the system of dialogue – «religious organizations-man-state-society» in conditions of internal and external pandemic threats and identifying heuristic opportunities that can affect new trends in the context of the coronavirus pandemic. Therefore, in determining the content of religious security, the following aspects must be taken into account: first, it is the protection, preservation and dissemination of those communities that spiritually develop and improve modern man, form in him a human-centered consciousness that is responsible for itself, the state, humanity, the world. ; secondly, it is a state of stable functioning and original development of the “religion-man-state” system, which can have both constructive and destructive manifestations; thirdly, it is a person’s assessment of the situation in the system «efficiency-economy-humanity».

The implementation of new communicative forms between believers of different denominations testifies to the need for a new perspective on the religious practices of religious organizations, which, falling into the contextual field of the pandemic, undergo transformational changes in the system of «safety-danger». the degree of trust in church hierarchs and authorities, the number of patients, the rate of spread of the coronavirus, the approach of major religious holidays, etc., and the individual perception of the situation. The conceptual model of religious security should be characterized by flexibility, mobility, adaptability, openness, and take into account regulatory, institutional, resource, information capabilities, mental, ideological and ideological guidelines of the Ukrainian state.

Western European countries adapted relatively quickly in the context of a new model of state-religious relations during the pandemic. At the

same time, it should be noted local protests and/or ignorance of quarantine measures taken by the authorities of a particular country, which led to the detention of responsible persons and/or increased morbidity among the population. In our opinion, this is due to the fact that most religious leaders in Western Europe demanded strict implementation of quarantine measures imposed by the authorities of a particular country. If there were covid dissidents, they were not representatives of the higher clergy (as in some Eastern European countries), but representatives of the middle clergy and laity.

Relations between the authorities and religious organizations during COVID-19 in Eastern Europe are characterized by a certain diversity and ambiguity. This is due to the decisions of the authorities of a country. At the same time, despite some confrontation and conflicts (hidden or overt) in this region of the world, the Church changed both the practice of worship and was forced to improve the doctrine, to make adjustments to the ritual and cult activities.

The author of this study, using legal documents of Greece, Poland, Italy, Kazakhstan, Italy, Turkey, carefully studied the situation regarding religious security on government portals, websites of religious denominations, speeches at conferences. Paying attention to the international experience of overcoming the coronavirus pandemic, its state-confessional and inter-confessional connotations, in Ukraine it is expedient to use the following positive potential: prevention of illegal and destructive activities against various denominations, including religious minorities, religious institutions it is advisable to constantly monitor their safety, creating an appropriate information center, etc.); religious security, as a component of national security, needs proper legal consolidation, first, it is worth including this concept in the legislative process of Ukraine, as no law provides even its definition; secondly, the place and role of ethno-confessional communities in the religious space of Ukraine, prevention of formation on their basis of the regional dominant confession in this or that territory needs legislative fixing; thirdly, it requires the introduction of constant monitoring of identification / assessment of religious security risks at the national and regional levels, taking into account local, demographic, geographical and socio-cultural aspects, which must be constantly reflected in the infographics of the coronavirus pandemic.

References:

1. Pro zapobigannja poshyrennju na terytorii Ukrainy gostroi respiratornoi hvoroby COVID-19, sprychynenoi koronavirusom SARS-CoV-2: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 11 bereznja 2020 r. № 211. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/211-2020-%D0%BF#Text> (in Ukrainian)
2. Anketa sociologichnogo doslidzhennja: «Religijna bezpeka v umovah koronavirusnoji pandemiji». Retrieved from: https://docs.google.com/forms/d/1M1bg31Q4R15-GWr3WWXcf_gsPmTSQcplaxeEkvUzLlc/viewform?hl=en&edit_requested=true&fbclid=IwAR0EPdjjG3B8uc3aCAwDe519-Os46vTwP-G2T6omnBvhdKP8Q59Rly_BsjVo (in Ukrainian)
3. Aristova A. V. (2021) Vplyv svitovoji pandemiji COVID-19 na religijnist' naseleння // Filosofija religiji ta medycyny v postsekuljarnu dobu: materialy III Mizhnar. nauk.-prakt. konf., prysvjachenoji pam'jati svt. Luky (V. F. Vojno-Jaseneč'kogo). Kyiv: NMU im. O. O. Bogomol'cja, VR IF im. G. S. Skovorody NANU, pp. 26–28. (in Ukrainian)
4. Lukanova V. V. (2017) Pandemiya u konteksti suchasnyh global'nyh procesiv: cyvilizacijne pidgruntja – binarna opozycja «ljudstvo/dovkillja». *Gileja: naukovyj visnyk*, vol. 127, pp. 229–232. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gileja_2017_127_61 (in Ukrainian)
5. Lukanova V. V. (2019) Fenomen pandemii: pidgruntja, sutnist', dynamika (socialno-filosofskyy analiz): dys. ... kand. filos. nauk: 09.00.03. Dnipro, 239 p. (in Ukrainian)
6. Lukanova V. V. (2019) Fenomen pandemiji: pidgruntja, sutnist', dynamika (social'no-filosofskij analiz): avtoref.dys. ... kand. filos. nauk: 09.00.03 / Lukanova Viktorija Viktorivna; Dniprov. nac. un-t im. Olesja Gonchara. Dnipro, 17 p. (in Ukrainian)
7. Lukanova V. V. (2017) Filosofs'ko-antropologichnyj vymir fenomena pandemiji: binarna opozycja «zdorov'ja / hvoroba» u konteksti problematyky cilisnosti ljuds'kogo isnuvannja. *European Humanities Studies: State & Society*, vol. 4(I), pp. 238–252.
8. Lunkin R.N. Budushchee evropejskoj identichnosti na fone koronakrizisa. Retrieved from: <http://www.instituteofeurope.ru/images/uploads/analitika/2020/an193.pdf> (in Russian)
9. Ushakov D.V., Yurevich A.V., Nestik T.A., Yurevich M.A. (2020) Social'no-psihologicheskie aspekty pandemii COVID-19: rezul'taty ekspertnogo oprosa rossijskikh psihologov. *Psihologicheskij zhurnal*, no. 5, pp. 5–7. Retrieved from: <http://elibrary.ru/art2020/bv2866.pdf> (in Russian)
10. Stavlennja gromadjan Ukrainy do vakcynaciji vid COVID-19 (traven' 2021 r.). Retrieved from: <https://razumkov.org.ua/napriamky/sotsiologichni-doslidzhennia/stavlennia-gromadian-ukrainy-do-vaktsynatsii-vid-covid19-traven-2021r> (in Ukrainian)
11. Abdulkadir Atalan (August 2020) Is the lockdown important to prevent the COVID-19 pandemic? Effects on psychology, environment and economy-perspective. *Annals of Medicine and Surgery*, vol. 56, p. 21.
12. Benke C., Autenrieth L. K., Asselmann E., Pané-Farré C. A. (2020) Lockdown, quarantine measures, and social distancing: Associations with depres-

sion, anxiety and distress at the beginning of the COVID-19 pandemic among adults from Germany. *Psychiatry Research*, no. 293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113462>

13. Cao W., Fang Z., Hou G., Han M., Xu X., Dong J., Zheng J. (2020) The psychological impact of the COVID-19 epidemic on college students in China. *Psychiatry Res.* DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.112934>

14. Elmer T., Mepham K., Stadtfeld C. (2020) Students under lockdown: Comparisons of students' social networks and mental health before and during the COVID-19 crisis in Switzerland. *PLoS ONE*, no. 15(7). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236337>

15. Irfan M., Shahudin F., Hooper V., Akram W., Ghani R. (2020) The psychological impact of coronavirus on university students and its socio-economic determinants in Malaysia. *SSRN*. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3720759>

16. Meza D. (2020) In a Pandemic Are We More Religious? Traditional Practices of Catholics and the COVID-19 in Southwestern Colombia. *International Journal of Latin American Religions*, no. 4, pp. 218–234. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41603-020-00108-0>

17. More Americans Than People in Other Advanced Economies Say COVID-19 Has Strengthened Religious Faith. Retrieved from: <https://www.pewforum.org/2021/01/27/more-americans-than-people-in-other-advanced-economies-say-covid-19-has-strengthened-religious-faith/>

18. Practical considerations and recommendations for religious leaders and faith-based communities in the context of COVID-19. Retrieved from: <https://www.who.int/publications/i/item/practical-considerations-and-recommendations-for-religious-leaders-and-faith-based-communities-in-the-context-of-covid-19>

19. Predko O., Predko D. (2021) Religious Epidemics on the Territory of Ukraine: Historical Parallels and Essential Characteristics. *Occasional Papers on Religion in Eastern Europe*, vol. 41, iss. 1, pp. 77–90. Retrieved from: <https://digitalcommons.georgefox.edu/ree/vol41/iss1/7>

20. During the COVID-19 Pandemic (2020) *Psychiatr Prax*, no. 47(04), pp. 173–175. DOI: <https://doi.org/10.1055/a-1157-8508>

21. Riedel-Heller S., Richter D. (2021) Psychological consequences of the COVID-19 pandemic in the general public. *Public Health Forum*, no. 29(1). DOI: <https://doi.org/10.1515/pubhef-2020-0121>

Izdevniecība “Baltija Publishing”
Valdeķu iela 62 – 156, Rīga, LV-1058
E-māil: office@baltijapublishing.lv

Iespiests tipogrāfijā SIA “Izdevniecība “Baltija Publishing”
Parakstīts iespiešanai: 2021. gada 29. Oktobris
Tirāža 300 eks.