

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

UDC 502/504

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-1(19)-7-18

*B. Cioruța, M. Coman**North University Centre of Baia Mare –
Technical University of Cluj-Napoca,
Baia Mare, Romania***FROM ENVIROMATICS TO SUSTAINABLE INFORMATICS: BEYOND THE
DEFINITION AND CONCEPTUAL DELIMITATIONS**

Environmental Informatics – as an integrated domain of interest– becomes the only real perspective of the scientific explanation of the environment, and the unique “way of thinking substantially different, so that mankind can survive.” Environmental Information Systems and Environmental Informatics play an important role in decision-making in the field, being closely linked with environmental requirements in decades and with environmental research methodologies, as part of the sustainable development management. The discussion on sustainability, as particular environmental research methodologies, aims to identify characteristic attributes that allowed passage of environmental data to environmental information and environmental knowledge; from Environmental Information System and Environmental Informatics to Sustainable Informatics, starts to interest more and more actors and activists focused on environmental protection – according to the definition spectrum found on internet exhaustive search.

To improve the management capabilities and environmental assessments, specialists should be able to manage and implement the concepts for the effective and efficient environment that can be achieved through information software environment. They should also have a simple and efficient access to knowledge and current information enabling them to take the best decisions both for sustainable development and for the development of economies.

The authors analyze few Romanian contributions in the domain of Sustainable Informatics, which try to incorporate with the main problems at the international level. The authors propose an integrative view on the subject under discussion as a dynamic open-access system, able to perform multiple functions, in particular, to meet the environmental protection goals and for users involved in specific environmental activities. Sustainable Informatics helps scientists define the information processing requirements, analyze real problems, and solve those problems using informatics.

Keywords: Environmental Information Systems (EISs), Environmental Informatics (EI), Sustainable Informatics (SI).

Problem statement. A lot has been written about environmental sciences and much more will be written in the future. In a certain sense, this kind of science is the one underlying everything that mankind has consciously accomplished. Today's civilization would probably have had another appearance without the considerable contribution of scientific work for more than 2,000 years. The scientific knowledge of our world has gradually developed through small steps. Over the course of time, there have been numerous scientific discoveries that have contributed to the cultural dowry and the progress of society (fig. 1) [2–5].

Most of the scientific elements are routine observations and records, contained in research reports, administrative and financial communications, each having its own importance within the intimate mechanism of the information act. The importance of a discovery (as can be considered Environmental Informatics) is weighed by its impact on the economic state of society or the benefit it brings to a large number of people (fig. 2a). It is the case of remote information transmission, modern transport, electricity, and much more, as “mature fruits” of purely scientific epochal discovery (fig. 2b) [4, 5].

An important benefit is, of course, the cultural one. Mankind raises the level of environmental understanding on the environment it belongs to, and, knowing it better, learns to value it more and improve its attitude towards it. The Knowledge Society, according to the multidisciplinary nature of Environmental Science (see fig. 3), cannot be sustained over time by the means at its disposal. This is

mainly because it is based on the exhaustible reserves of fossil fuels, where the progress of society necessarily imposes further reserves in the future. In addition, the human species risk self-destruction, just as a microbe is self-destructing after destroying the entire organism that has maintained it [4, 5].

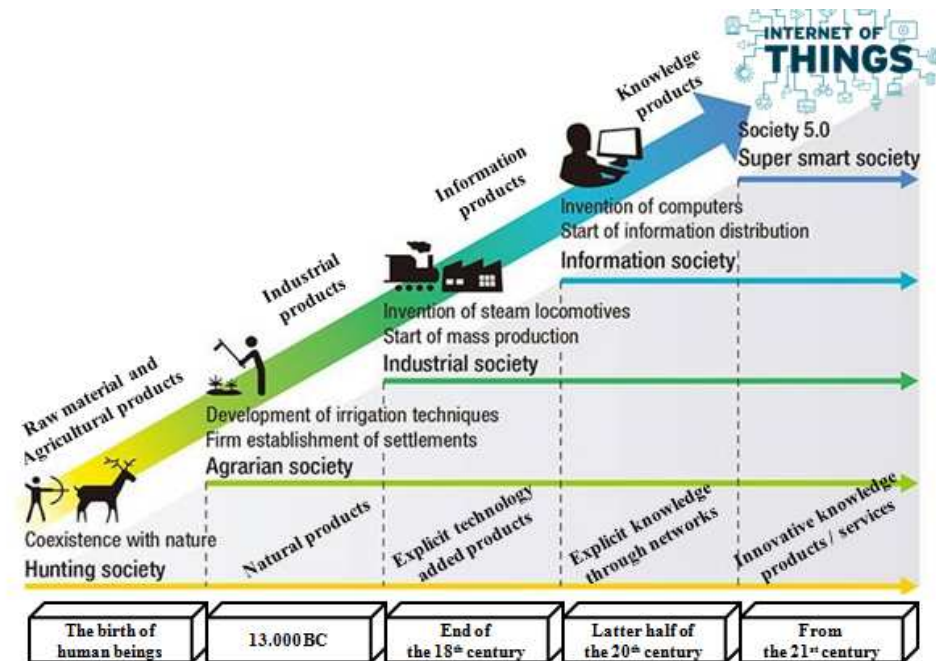


Fig. 1. Evolution of societies from the Hunting Society to Super Smart Society [9]

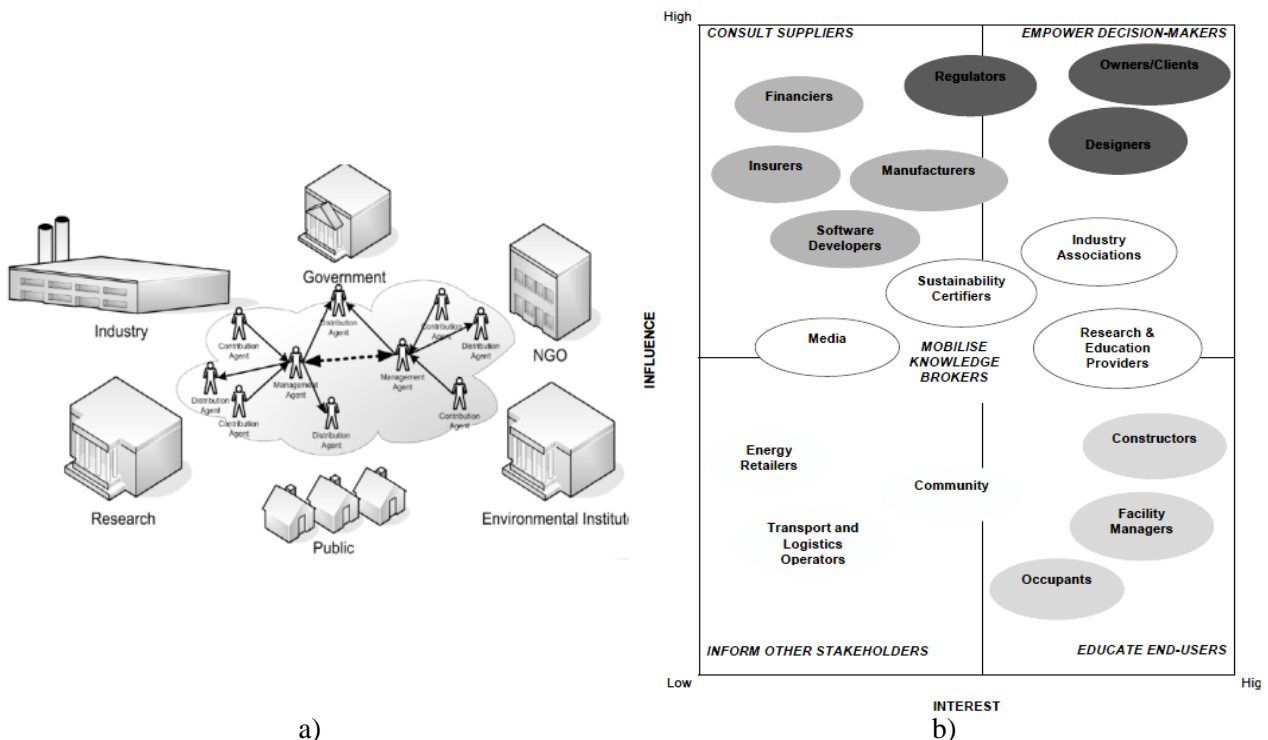


Fig. 2. The main actors interested in Environmental Informatics [3, 6, 9, 40] are:

a) mixture of industry, government, research and the rest of community; b) influence-interest bridge

The reality approach, consisting of an infinity of elements in a particularly complex interconnection, by sectors and subsectors, as branches and sub-branches of reality, was the fruit of the first contact and the first perceptions of man about the environment. Subsequently, from the keen need of knowledge, the scientific branches were dismantled in ever more elementary pieces, the thin slices of reality being ever deeper [5].

But as many elements have become wholly unfathomable in one area or another of science, belonging to practically "frontier science", man has decided to start a more complex and appropriate

Environmental Informatics – as an integrator domain of interest [1, 13] (fig. 5a and fig. 5b) – becomes the only real perspective of the scientific explanation of the environment, and the unique “way of thinking substantially different, so that mankind can survive.”

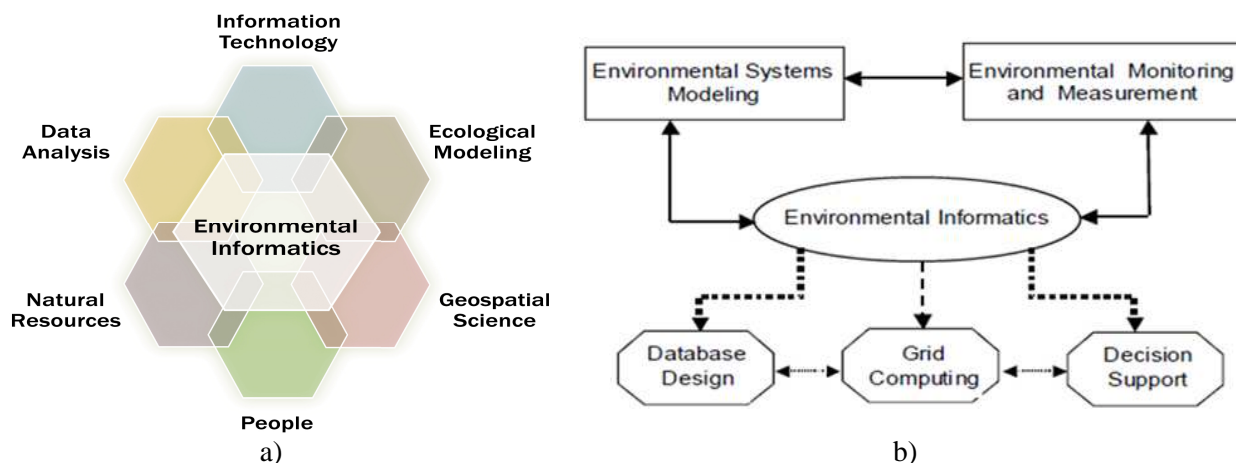


Fig. 5. Different perspectives for Environmental Informatics [40] that:

a) brings together science, technology and resources; b) integrates various environmental systems

As we know, EISs and EI are a new subdomain of Applied Informatics (design as in fig. 6); which comes with specific methods and tools for obtaining procedures that help to investigate, avoid and/or minimize burdens and environmental damage [1, 2–5, 13–15].

From EISs and Environmental Informatics to Sustainability Informatics: conceptual delimitations beyond the definition spectrum. Starting with the United Nations Conference on the Human Environment (also known as the Stockholm Conference), which set up the United Nations Environment Program (UNEP), it became increasingly evident that the collection and analysis of environmental data are of vital importance for humanity:

“Science and technology, as part of their contribution to economic and social development, must be applied to the identification, avoidance and control of environmental risks and the solution of environmental problems and for the common good of mankind.

Education in environmental matters (...) is essential in order to broaden the basis for an enlightened opinion and responsible conduct by individuals, enterprises and communities in protecting and improving the environment in its full human dimension.

Scientific research and development in the context of environmental problems (...) must be promoted in all countries, especially the developing countries. In this connection, the free flow of up-to-date scientific information and transfer of experience must be supported and assisted, to facilitate the solution of environmental problems; environmental technologies should be made available to developing countries on terms which would encourage their wide dissemination without constituting an economic burden on the developing countries.”

(Principle 18-20 from Stockholm Declaration – www.unep.org)

Recently, as a result of the spectacular development of IT and environmental sciences, a new science has emerged – generically named Environmental Informatics. It has taken on unimaginable impulses that have opened the way to unpredictable prospects, raising and bringing back to the present, on a higher plane and through a more comprehensive vision, environmental issues that need present day solutions [7, 8]. The enthusiasm of researchers and the dynamics of ecological manifestations have created a climate favorable to science-oriented research and applications, coagulated in fig. 7.

Classifications and definitions are objective requirements of any science, which must often be reviewed and periodically updated. Classification and definition of EISs and EI concepts have been made since the beginning of the environmental systems study, reflecting in general the level of integrated knowledge about the topic approached at one time and the aim pursued during the research, as presented in fig. 8.

In this respect, the first classifications were based on criteria regarding the structure and role of different categories of EISs or how the environmental information could be framed and supported by different environmental research sectors.

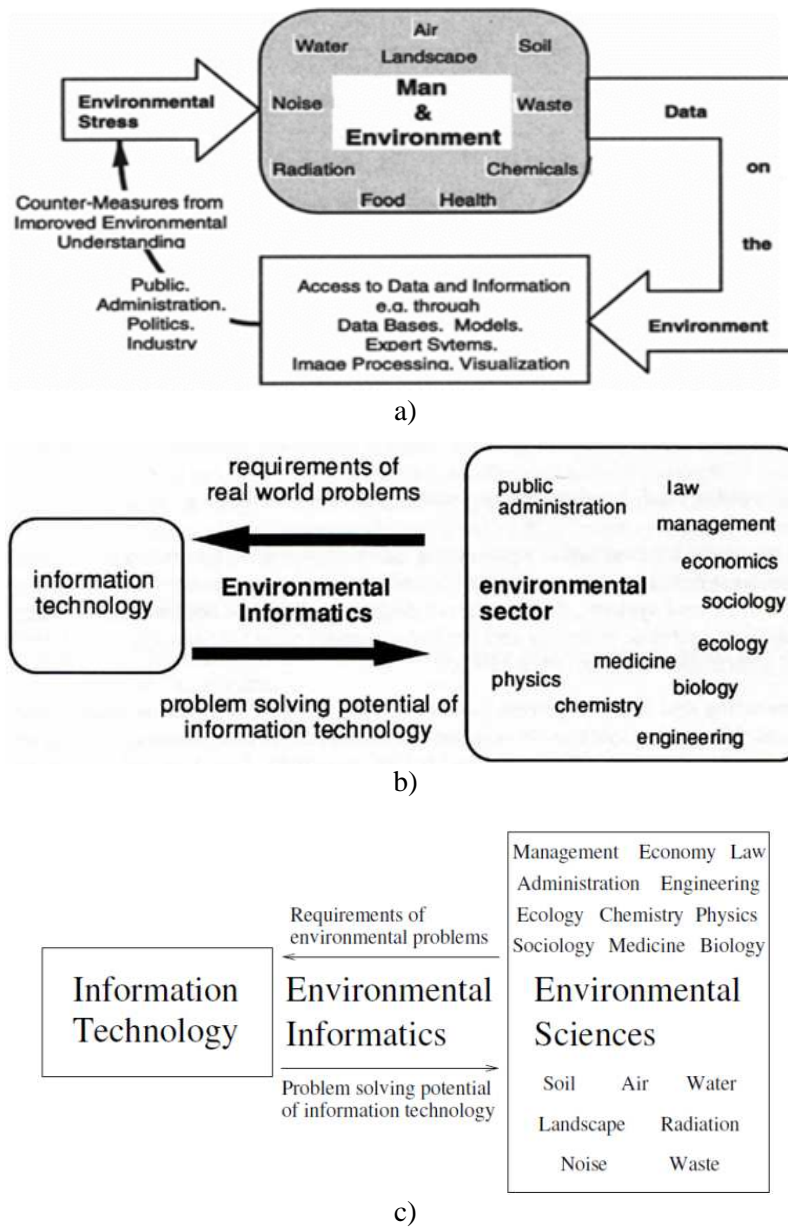


Fig. 6. Different perspectives for Environmental Informatics [3, 4, 6, 9] that brings together Information Technology and Environmental Sciences

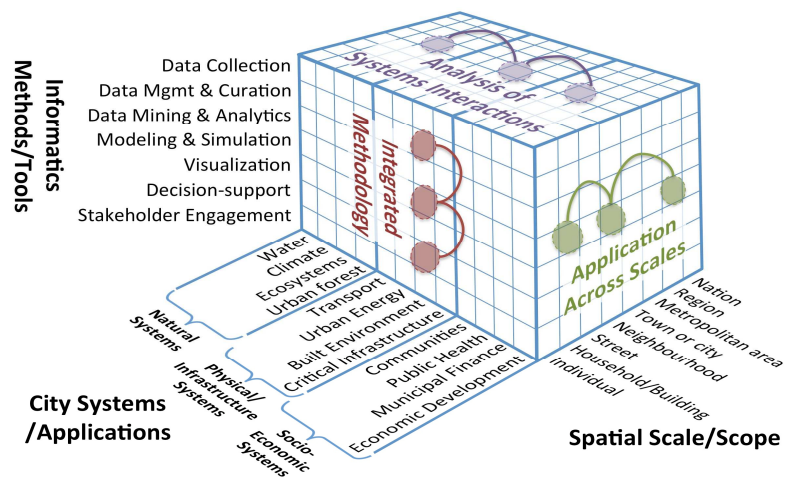


Fig. 7. From EISs and EI to Sustainable Informatics: methodology and specific applications [48]

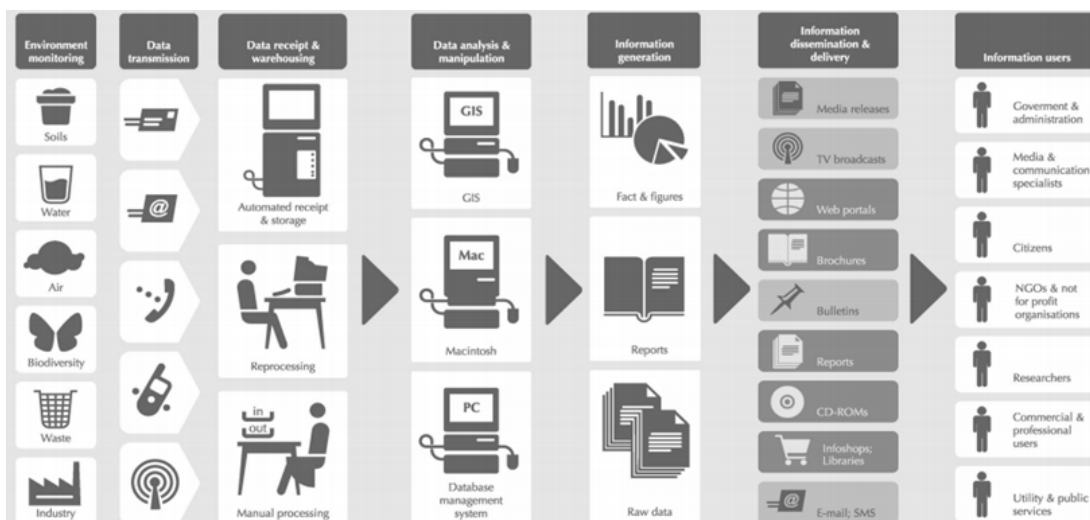


Fig. 8. Sustainable Informatics – example of integrated environmental computing systems
[2, 3, 9]

Some of the cascading abbreviated definitions of the EISs are presented below, while also exposing their source, to complement the examination and the exhaustive exploration of the subject:

“EISs is the umbrella term for those systems used for: monitoring, data storage and access, disaster description and response, environmental impact reporting, state of the environment reporting, planning, simulation modelling and decision making; (...) are an important factor in environmental research, decision support, management and policy; EISs implementations have a number of requirements which are hard to satisfy, even with the information technology of today; the subject is still growing, in a multidisciplinary work environment which changes quickly, both in the IT and the environmental sector.”

(International Symposium on Environmental Software Systems – www.isess.net)

“Environmental Information Systems are computer systems that use a variety of tools and technologies to facilitate the management and use of environmentally-related data and information.”

(ESSA Technologies, Canada – essa.com)

“EISs are concerned with the management of soil, water, air and species in the world around us. This textbook describes a framework for systems based on four phases of data processing: data capture, aggregation, storage and analysis. The first part of the text concerns the collection of environmental raw data. The second part explains how this raw data is condensed and enriched to extract semantically meaningful entities. How aggregated data is then stored in a file or database is described in the third part of the text. In the final section the available information is prepared for decision support purposes.”

(www.ucl.ac.uk/.../paper7.pdf)

It can be noticed, from the above definitions, that there is a complex spectrum of EISs that can be differentiated on the basis of the nature of the processed information [1, 4–6, 11–13]:

– control and monitoring systems – which interact closely with environmental processes and serve to perform automated and control measurements on water, air and soil quality, such as noise and exposure to radiation, while system control targets to directly involve at industrial level the supervision of working conditions and evolution of technological parameters;

– conventional information systems – which are of interest for introducing, storing, structuring, integrating, saving and presenting different types of environmental information in the form of formal, semi-formal and informal documents, such as environmental regulations and reference literature;

– information analysis and evaluation systems – supports the processing of environmental data collection using complex mathematical-statistical analysis methods and specific modeling techniques;

– decision support and planning support systems – directly supports decisions taken by 3rd parties by providing criteria for assessing alternatives or justifying the viability of decisions, including audit and eco-management schemes;

– integrated environmental computing systems – cannot be uniquely associated with a single class of simple systems, proving an affinity for multidisciplinary, integrating an impressive variety of specific concepts and components; this category serves as distributed environmental computer systems.

EISs emerged roughly around the late 1980s in Central Europe. For example, in 1986 Germany's Gesellschaft für Informatik (Society for Computer Science) created the technical committee Informatik im Umweltschutz (Computer Science in Environmental Protection) dedicated to “the whole spectrum of subjects related to informatics in environmental protection” [41].

Since Informatik im Umweltschutz's inception, other groups, both there and in other regions of the world, were created, including The International Environmetrics Society (TIES, founded in 1989) [51] and the International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs, founded in 2000) [53], as well as conferences like the International Symposium on Environmental Software Systems (ISESS, founded in 1995) [55]. Nowadays, EI is a developing field of science that applies information processing, management, and sharing strategies to the interdisciplinary field of environmental science. Applications include the integration of information and knowledge, the application of computational intelligence to environmental data and the identification of the environmental impacts [11, 13–15].

As a normal scientific process, several definitions have been offered for Environmental Informatics, especially by universities, as follows:

“(...) an emerging field centering around the development of standards and protocols, both technical and institutional, for sharing and integrating environmental data.”

(University of California-Berkeley, USA – www.berkeley.edu)

“(...) a new and growing area in the modern environmental sciences; it is based on applying information technology to environmental issues. The size and complexity of environmental related data lead to a need for an advanced computational approach which helps to integrate information from various sources. With environmental informatics, new solutions to environmental problems can be found more effectively, and end users can be offered a higher level of information.”

(University of Eastern Finland – www.uef.fi/.../envi/home)

“(...) a relatively young discipline, that uses environmental data to reveal, quantify and validate scientific hypotheses, with a panoply of tools from the Statistics, Mathematics, Computing, and Visualisation disciplines.”

(University of Wollongong, Australia – niasra.uow.edu.au)

“(...) an integrator of science, methods and techniques and not just the creation of a new 'knowledge-paradigm' or the result of using information and software technology methods and tools for serving environmental engineering needs.”

(Aristotle University of Thessaloniki, Greece – www.auth.gr)

“(...) an innovative use of IT to develop a framework for information sharing among research collaborations, and for information and knowledge access for all stakeholders for environmental and sustainable development tasks.”

(University of Stanford, USA – web.stanford.edu/group/ei/index.html)

“(...) apply numerical and analytical techniques from mathematics and the geosciences to model and simulate environmental phenomena; (...) the use of mathematics and computer modeling to analyze and represent the Earth's environment; put simply, it can be considered to be the science and art of turning environmental data into information and understanding; (...) the use and understanding of quantitative and analytical techniques founded in mathematics and the geosciences to describe and predict the environmental phenomena on planet Earth that continue to challenge human society.”

(University of Waterloo, Canada – uwaterloo.ca/.../earth-environmental-sciences.pdf)

“(...) with major topics such as modelling and simulation, data analysis, geographical information systems (GIS) and software development – applies computer science methods to environmental issues.”

(University of Kassel, Germany – www.uni-kassel.de)

“(...) an integrated subject of bio-, eco- and geoinformatics in addition to computing.”

(University of Göttingen, Germany – www.uni-goettingen.de)

“(…) a new interdisciplinary research field that can facilitate decisions regarding social, economic, ecological, and environmental goals based on a variety of IT measures.”

(Technical University of Wien, Austria – ei.infosys.tuwien.ac.at)

“(…) the study of information and development of information processing tools for the understanding and sustainable management of human impacts on the environment, and for addressing environmental challenges with engineering.”

(Technical University, Denmark – www.enviro5tech.org/.../env-informatics)

“(…) a mediating discipline that has developed over time in the context of changing technologies and environmental challenges.”

(University of Zurich, Switzerland – www.zora.uzh.ch)

“(…) a part of Applied Informatics that supports methods and procedures of IT which contribute to environmental data analysis and environmental protection.”

“(…) it is also a connection link between nature and engineering – applying data sampling and data analysis methods, statistics, simulation models and decision support systems on environmental problems and tasks one gets simulation results and prognoses to explain and to solve environmental problems. Methods of EI form a basis of decision making processes for environmental problems using state-of-the-art computer technology.”

(Brandenburg University of Technology at Cottbus, Macedonia – www.tfb.edu.mk/.../EI2007.pdf)

“(…) studies how information can be acquired, processed, modelled and communicated for environmental sciences and management; it is also an important multidisciplinary research field covering several national research priorities.”

(Griffith University, Australia – www.griffith.edu.au/.../environmental-informatics)

“(…) applies information science to the management of natural resources. It includes aspects of geographic information, mathematical and statistical modeling, remote sensing, database management, knowledge integration, and decision making.”

(Virginia Polytechnic Institute and State University, USA – www.undergradcatalog.edu)

“(…) a broad range of collaborative research projects with academic, governmental, and nonprofit partners that integrate cutting-edge informatics tools with knowledge, theory, and data from ecology, climate science, and other environmental disciplines.”

(Northern Arizona University, USA – nau.edu/informatics-computing-and-cyber-systems)

“(…) the knowledge, skills and tools which enable information to be collected, managed and disseminated to support research in environmental science and to promote sustainability.”

(Dalhousie University, Canada – cdn.dal.ca/content/.../environmental-science-program)

“(…) the science of information in ecology and environmental science.”

(Columbia University, USA – traitnet.ecoinformatics.org/ecoinformatics)

“(…) an interdisciplinary field of study that prepares industry leaders to develop and use analytical and computer-based methods to assess and protect the Earth’s natural resources; students learn to apply these principles across fields as diverse as social sciences, policy analysis, and terrestrial and aquatic ecosystem management.”

(University of Michigan, USA – seas.umich.edu/academics/ms/ei)

Following the same idea, other definitions have been offered, by different institutions and organizations with implications in environmental protection and environmental data management:

“(…) science and techniques of data elaboration and of computer processing of information concerning ecosystems and ecology.”

(European Environment Information and Observation Network – www.eionet.europa.eu)

“(…) the application of research and system development focusing on the environmental sciences relating to the creation, collection, storage, processing, modelling, interpretation, display and dissemination of data and information.”

(The UK Natural Environment Research Council – nerc.ukri.org)

“(…) an emerging discipline applying information science, ecology, and biodiversity to the understanding and solution of environmental problems.”

(Korea Long-Term Ecological Research Network – www.klter.org)

“(...) a trans-disciplinary subject that integrates Ecology, Computational Science, Informatics and Social Sciences, in order to improve our understanding of ecological processes and expand socio-ecological theory to integrate the Earth’s natural systems, human values, human health and well-being.”

(Indian Institute of IT and Management – www.iiitmk.ac.in)

“(...) applies data systems and analytical tools to extract insights and understanding from large volumes of environmental data; (...) combines extensive environmental science experience with world-class data analytics to convert environmental data into usable information, reliable predictions and defensible decisions.”

(Battelle NeuroLife™ Technology – www.battelle.org/.../environmental-informatics)

“(...) the process that transfers data and information from source to user in any field of knowledge of activity applicable to environmental problem solving; (...) the combination of software and environmental engineering methods and tools for the creation of a new “knowledge-paradigm” towards supporting environmental well-being at an international, national, regional, community or personal level.”

(Siberian Center for Environmental Research and Training – www.scert.ru)

In addition to the above definitions, the defining attempts identified in various specialized publications also have an important role, as follows:

“(...) a field of applied computer science that develops and uses the techniques of information processing for environmental protection, research and engineering.”

(Avouris N. & Page B., 1995)

“(...) the field that deals with the development, management and research on EISs.”

(Haklay M., 1999)

“(...) may be viewed as a merging of biodiversity and ecological informatics with geographic information systems (GIS) and other environmental data.”

(Lane M., Edwards J. & Nielsen E., 2000)

“(...) an emerging discipline defined as the design and application of computational techniques for ecological analysis, synthesis, forecasting and management.”

(Recknagel F., 2003)

“(...) an interdisciplinary framework for the management, analysis and synthesis of ecological data by advanced computational technology.”

(Recknagel F. 2009)

“(...) the application of data science that uses large multidimensional, complex datasets to study environmental problems, which can be discrete and continuous in space-time.”

(Frew J. & Dozier J., 2012)

“(...) a new term in the science of information that describes the utilization of informatics in the interest of the natural environment (...) regarding sustainable development.”

(Zacharoula S.A., 2012)

“(...) has the potential to be much broader than classical environmental statistics.”

(Cressie N., 2014)

Conclusions. The specialists that work in the environmental protection or other connected domains need more and more information and knowledge at every level of environmental processes management and evaluation. At the same time, in order to elaborate and develop a project, they need to know and to understand the environmental phenomena and also the conditions. The analysis used must be based on the best available techniques, methods and data, and the knowledge get from self-experience or from another specialist.

Traditionally, this information and knowledge are obtained, in accordance with the temporary requirements, by directly accessing databases, reports and documents, by transferring/sharing information and knowledge with specialists or by the contacts established at the workshops, conferences and symposiums. To improve the management capabilities and environmental assessments, it is necessary for specialists to be able to manage and implement concepts for effective and efficient environment that can be achieved through information software environment. They must also have a simple and efficient access to knowledge and current information enabling them to take the best decisions for sustainable development for both developed economies.

The current approach starts from the few Romanian contributions in SI domain, trying to rally to the main concerns of the international level. We propose an integrative vision on the subject of discussion as a dynamic open-access system, able to perform multiple functions, particularly to meet the environmental protection goals of users involved in specific environmental activities. Sustainable Informatics (SI) helps scientists define information processing requirements, analyze real-world problems, and solve those problems using informatics.

Б. Чоруца, М. Коман

*Технічний університет м. Клуж-Напока –
Північний університет, центр у м. Бая-Маре,
Бая-Маре, Румунія*

ВІД ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАТИКИ ДО СТАЛОГО РОЗВИТКУ: ЗА МЕЖАМИ ВИЗНАЧЕННЯ І КОНЦЕПТУАЛЬНИХ ОБМЕЖЕНЬ

Екологічна інформатика – як комплексна сфера інтересів – стає єдиною реальною перспективою наукового пояснення довкілля і унікальним «способом радикально іншого мислення, щоб людство могло вижити». Екологічні інформаційні системи та екологічна інформатика відіграють важливу роль у прийнятті рішень, оскільки вони тісно пов'язані з екологічними вимогами протягом десятиліть і з методологіями екологічних досліджень і є складовою управління сталим розвитком. Обговорення питання сталого розвитку і раціонального природокористування, як особливих методологій екологічних досліджень, спрямоване на виявлення характерних ознак, які дозволили перейти від екологічних даних до екологічної інформації та екологічних знань; від екологічної інформаційної системи та екологічної інформатики до інформатики сталого розвитку, яка починає цікавити все більше суб'єктів і активістів, орієнтованих на охорону навколишнього середовища – відповідно до спектру визначення, знайденого у процесі вичерпного пошуку в мережі Інтернет.

Для покращення можливостей управління та екологічних оцінок фахівці повинні мати змогу управляти та впроваджувати концепції для продуктивного і ефективного довкілля, що можна отримати за допомогою інформаційного програмного середовища. Вони також повинні мати простий і ефективний доступ до знань і поточної інформації, що дозволяє їм приймати кращі рішення як для сталого розвитку, так і для розвитку економіки.

У статті розглядається невелика кількість румунських внесків у сферу інформатики малого розвитку, які намагаються об'єднатися з основними проблемами міжнародного рівня. Ми пропонуємо інтегративне бачення на предмет обговорення як динамічної системи відкритого доступу, здатної виконувати кілька функцій, зокрема, для досягнення цілей охорони довкілля та для користувачів, залучених до конкретних екологічних заходів. Інформатика сталого розвитку допомагає вченим визначити вимоги до обробки інформації, аналізувати реальні проблеми та вирішувати ці проблеми за допомогою інформатики.

Ключові слова: екологічні інформаційні системи навколишнього середовища (EIC), екологічна інформатика (EI), інформатика сталого розвитку (ICP).

References

1 Avouris N., Page B., (1995) Environmental Informatics – Methodology and Applications of Environmental Information Processing. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

2 Cioruța A., Cioruța B., (2016) Regarding the population dynamics investigation using Environmental Information Systems, International Conference “Scientific Research and Education in the Air Force” (AFASES®), 26–28 mai 2016, Brașov, pg. 411–416.

3 Cioruța B., Cioruța A., Coman M., (2012) Pleoarie pentru necesitatea formării unei culturi informaționale ambientale, Journal of Environmental Research and Protection (Ecoterra®), Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca, nr. 30, pg. 31–39.

4 Cioruța B., Coman M., (2011) Evoluția, definiția și rolul Sistemelor Informatice de Mediu în dezvoltarea strategiilor pentru protecția mediului, Journal of Environmental Research and Protection (Ecoterra®), Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca, nr. 27, pg. 11–14.

5 Cioruța B., Coman M., (2011) Incursiune în cercetarea științifică modernă a mediului înconjurător. De la Sistemele Informatice de Mediu la Informatica Mediului, Journal of Environmental Research and Protection (Ecoterra®), Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca, nr. 29, pg. 17–20.

6 Cioruța B., Coman M., (2012) Environmental Informatics – solutions and emerging challenges in environmental protection, *Studia Universitatis Babeș-Bolyai AMBIENTUM*, vol. 57, nr. 2, pg. 17–30, International Conference „Environmental Legislation, Safety Engineering and Disaster Management” (ELSEDIMAR®), 25–27 octombrie 2012, Cluj-Napoca.

7 Cioruța B., Coman M., (2013) Studying Environmental Problematics and Hazards by Interactive Applications (SEPHIA), *Studia Universitatis Babeș-Bolyai AMBIENTUM*, vol. 58, nr. 1, pg. 39–46, International Conference „Environmental Legislation, Safety Engineering and Disaster Management” (ELSEDIMAR®), 25–27 octombrie 2012, Cluj-Napoca.

8 Cioruța B., Coman M., Cioruța A., (2014) Studying Environmental Problematics and Hazards with help of Informatics Applications, International Conference "Scientific Research and Education in the Air Force" (AFASES®), 22–24 mai 2014, Brașov, pg. 289–292.

9 Cioruța B., Coman M., Cioruța A., Luran A., (2018) From Human-Environment Interaction to Environmental Informatics (I): Theoretical and Practical Implications of Knowledge-based Computing, *Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics (Hidraulica®)*, 1 (2018):71–82.

10 Cioruța B., Coman M., Luran A., (2018) From Human-Environment Interaction to Environmental Informatics (II): the sustainability evolution as requirement of Knowledge-based Society, *Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics*, 2 (2018):33–42.

11 Cioruța B., Coman M., Mateșan V., (2013) Environmental Information Systems: solutions and emerging challenges for modern strategic development of Romanian local communities, International Conference "Scientific Research and Education in the Air Force" (AFASES®), 23–25 mai 2013, Brașov, pg. 372–375.

12 Coman M., Cioruța B., (2013) Environmental Information Systems as a possible solution for strategic development of local and regional communities, Conferința Internațională „Aerul și Apa – componente ale mediului”, 22–23 martie 2013, Cluj-Napoca, vol. 2013, pg. 516–523.

13 Günther, O. (1998) *Environmental Information Systems*. Berlin Heidelberg: Springer

14 Page, B., Voigt, K. (2003) Recent history and development of environmental information systems and databases in Germany. *Online Information Review*, 27 (1), 37–50.

15 Radermacher F., Riekert W., Page B., Hilty L., (1994) Trends in Environmental Information Processing. *IFIP Transactions A: Computer Science and Technology (A-52)* 1994, 597–604.

16 Aristotle University of Thessaloniki, Greece - www.auth.gr.

17 Battelle NeuroLife™ Technology - www.battelle.org/.../environmental-informatics

18 Brandenburg University of Technology at Cottbus, Macedonia - www.tfb.edu.mk/.../EI2007.pdf.

19 Columbia University, USA – traitnet.ecoinformatics.org/ecoinformatics.

20 Dalhousie University, Canada – cdn.dal.ca/content/.../science/environmental-science-program.

21 European Environment Information and Observation Network – www.eionet.europa.eu.

22 Griffith University, Australia – www.griffith.edu.au/.../environmental-informatics.

23 Indian Institute of Information Technology and Management – www.iitmk.ac.in.

24 Korea Long-Term Ecological Reserch (KLTER®) Network – www.klter.org.

25 Northern Arizona University, USA – nau.edu/school-of-informatics-computing-and-cyber-systems.

26 Siberian Center for Environmental Research and Training – www.scert.ru.

27 Technical University of Wien, Austria – ei.infosys.tuwien.ac.at.

28 Technical University, Denmark – www.enviro5tech.org/.../env-informatics.

29 The UK Natural Environment Research Council – nerc.ukri.org.

30 University of California-Berkeley, USA – www.berkeley.edu.

31 University of Eastern Finland – www.uef.fi/.../envi/home.

32 University of Göttingen, Germany – www.uni-goettingen.de.

33 University of Kassel, Germany – www.uni-kassel.de.

34 University of Michigan, USA – seas.umich.edu/academics/ms/ei.

35 University of Stanford, USA – web.stanford.edu/group/ei/index.html.

36 University of Waterloo, Canada – uwaterloo.ca/.../earth-environmental-sciences.pdf.

37 University of Wollongong, Australia – niasra.uow.edu.au.

38 University of Zurich, Switzerland – www.zora.uzh.ch

39 Virginia Polytechnic Institute and State University, USA – www.undergradcatalog.registrar.vt.edu.

40 www.imagenesmy.com/find/environmental-informatics-imagenes-a7.html.

41 en.wikipedia.org/wiki/Gesellschaft_für_Informatik.

42 enviroinfo.eu.

43 github.com/CSIRO-enviro-informatics.

44 socratic.org/questions/what-is-environmental-science.

45 sustainabledevelopment.un.org/milestones/humanenvironment.

- 46 science.utep.edu/geology/index.php/esci-program.
- 47 vtnews.vt.edu/articles/2013/07/072413-cnre-environmentalinformatics.html.
- 48 web.cs.toronto.edu/research/areas/si.htm.
- 49 whatis.techtarget.com/definition/enviromatics-environmental-informatics.
- 50 www.biotecharticles.com/.../Environmental-Informatics-and-its-Applications-3381.html.
- 51 www.environmentmetrics.org.
- 52 www.frontiersin.org/.../sections/environmental-informatics.
- 53 www.iemss.org.
- 54 www.imagenesmy.com/imagenes/environmental-science-diagram-17.html.
- 55 www.isess.net.
- 56 www.limswiki.org/index.php/Environmental_informatics.

Надійшла до редакції 16 травня 2019 р.

РЕГІОНАЛЬНІ ТА ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ

УДК 551.4+477.86

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-1(19)-19-33

О. М. Адаменко*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ЗНАЧЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ ПАМ'ЯТКИ ПРИРОДИ «СТАРУНЯ» ДЛЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ ПРИКАРПАТТЯ ТА УКРАЇНИ

Всесвітньо відоме палеонтологічне місцеперебування викопної фауни плейстоценових (42–10 тисяч років тому) чотирьох волохатих носорогів *Rhinoceros antiquitatis Blum* і мамонта *Mammuthus primigenius Blum* та єдиний у Карпатах діючий грязьовий вулкан оголошені у 1984 р. геологічною пам'яткою природи загальнодержавного значення «Старуня». Розташована пам'ятка на південно-західній околиці с. Старуня Богородчанського району Івано-Франківської області, у 25 км від обласного центру. Виділено кілька аспектів значення пам'ятки для: 1) розвитку природно заповідного фонду, підвищення категорії заповідання від «пам'ятки природи» до «геопарку Льодовикового періоду»; 2) розвитку туристично-рекреаційного бізнесу; 3) вирішення важливих наукових проблем, зокрема, визначення вікових реперів та періодизації глобальних кліматичних змін; 4) оцінювання ролі поверхневих та глибинних джерел мігрування вуглеводних сполук, що важливо для прогнозів нафтогазоносності Прикарпаття; 5) обґрунтування медико-лікувальних можливостей шляхом організації соле-грязе-озотокеритового санаторію; 6) підвищення соціально-економічного рівня села і району, створення нових робочих місць для населення.

В історії досліджень Старуні виділено етапи відкриття мамонтової фауни у 1907 та 1929 рр., появи грязьового вулкану у 1977 р., наукових українсько-польських експедицій з бурінням свердловин, геофізичними та геохімічними дослідженнями у 2004–2008 рр., публікацією монографій у 1914, 2004, 2005, 2009 та 2017 роках. Критично оцінена недостатня увага владних структур до вивчення Старуні та ентузіазм науковців.

Запропонований механізм утворення геоактивної зони у Старунській складці, завдяки постійному тиску карпатських скиб – складок, які витискали з глибин на поверхню нафту, газ, мінералізовані води, грязі тощо. Це створило відповідні умови для формування озокеритового родовища, покладів нафти і газу, грязьового вулкану, сольових грифонів, бальзамування мамонтової фауни. Автор пропонує організувати Старунський геодинамічний полігон та підняти статус геологічної пам'ятки природи загальнодержавного значення «Старуня» до міжнародного геопарку Льодовикового періоду.

Ключові слова: волохатий носоріг, мамонт, плейстоцен, пам'ятка природи, геопарк, туристично-рекреаційний бізнес, грязьовий вулкан, складчасто-скибова структура.

Актуальність досліджень Старуні як всесвітньо відомого палеонтологічного місцеперебування плейстоценових чотирьох волохатих носорогів (*Rhinoceros antiquitatis Blum*) та мамонта (*Mammuthus primigenius Blum*) віком від 42 до 10 тисяч років тому, єдиного у Карпатах активного грязьового вулкану, що виник після землетрусу у горах Вранча (Румунія) 4 березня 1977 р. та десятків стоянок наших предків епох палеоліту, неоліту та мезоліту – важко переоцінити. Наголосимо лише на кількох аспектах значення геологічної пам'ятки природи «Старуня»:

Природоохоронний аспект полягає у збереженні, розвитку та піднятті категорійності цього природно-заповідного об'єкта від нинішнього найнижчого – «пам'ятки природи» до найвищого – «геопарку», згідно з вимогами ЮНЕСКО [25]. Це не тільки підніме престиж «Старуні», але й дозволить створити «Геопарк Льодовикового періоду», як запропонував Адаменко О. М. ще у 2005 р. [1, 2, 12]. Старуня буде одним із перших геопарків в Україні з фінансуванням не тільки з державного бюджету, але й з фондів ЮНЕСКО.

Туристично-рекреаційний аспект досліджень Старуні – це розвиток транспортної інфраструктури з благоустроєм автодороги від траси Івано-Франківськ – Богородчани – Надвірна – Яремче – Буковель – Яблуницький перевал – Закарпаття через село Старуня до геологічної пам'ятки (3 км), це залучення до сільського зеленого туризму мешканців села зі створенням десятків нових робочих місць, це включення «Старуні» до міжнародного туристичного маршруту Краків – копальня Велічко – рекреаційні зони колишніх сірчаних кар'єрів Махув та ін. – кордон з Україною – Яворівська водойма на місці Новояворівського сірчаного кар'єру – Домбровський соляний кар'єр у м. Калусі – Дубівцівські мергельні кар'єри та зразкове в екологічному відношенні ПАТ «Івано-Франківськцемент» – газовий завод свинокомплексів «Гудвелл Україна» у Галицькому районі – Дністровський протипаводковий полігон Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) – Геологічний музей того ж університету з архітектурно-ландшафтним макетом – моделлю парку Льодовикового періоду – геологічна пам'ятка природи «Старуня» – Карпатський національний природний парк у м. Яремче – гірськолижний курорт Буковель – Яблуницький перевал – Солотвинські карстові солені озера Закарпаття і далі – на Румунію, Угорщину або Словаччину.

Такий маршрут або окремі його фрагменти, залучать немалі інвестиції для розвитку туристично-рекреаційної індустрії та відповідного туристичного бізнесу на Прикарпатті та в Україні.

Наукове значення «Старуні» багатогранне. Це не лише аналізування вперше знайдених не кісток, а забальзамованих туш зі збереженою шкірою, м'язами та внутрішніми органами, не лише вивчення решток трав і чагарників у шлунках носорогів і мамонтів, не лише дослідження особливостей грязьового вулканізму. Найважливішим науковим досягненням є те, що стратиграфічна послідовність четвертинних відкладів Старуні – це «місток» між стратиграфічними схемами плейстоцену Західної Європи та рівнинної території України. А ще «Старуня» – це репер, геологічний «годинник», що дозволяє визначати вік глобальних кліматичних змін.

Такі реperi відомі з початку палеозойської ери (570–250 млн р. тому). Вони відмічають екологічні катастрофи в історії Землі: перша – в кінці кембрію (515 млн р. тому), коли вимерли археоциати, тремадонти та ін. – всього 70% біоти; друга – у силурі (420 млн р. тому) спричинена спалахом наднової зірки; третя – це велике пермське (251,4 млн р. тому) вимирання, спричинене виверженням сибірських трапів, коли зникло 96% видів морських і 70% наземних видів хребетних, земноводних, амонітів та інших видів; четверта – в кінці крейдового періоду (65 млн р. тому), коли на півострів Юкатан у Мексиканській затоці упав астероїд – вимерли не тільки динозаври, а й 40% усього живого і, нарешті, п'ята екологічна катастрофа настала в четвертинному періоді (2,5–0 млн р.), коли пройшли не менше ніж чотири льодовикові епохи, розділені міжльодовиковими потепліннями, і з'явилась людина. «Старуня» належить до ряду головних реперів – екологічних криз: Олдувей (Танзанія), 2,6 млн р. тому, *Homo habilis* (людина вміла), коли лісові ландшафти Африки змінились саванами; озеро Чад, 1,2 млн р., *Homo erectus* (людина прямоходяча); острів Ява (Індонезія), 1 млн р., *Homo pithecanthropus* та Гейдельберг (ФРН), 1 млн р., *Homo heidelbergensis*; Неандерталь (ФРН), 230 тис. р., *Homo neandertalensis*; грот Кро Маньйон (Франція), 120 тис. р., *Homo sapiens* (кроманьйонець); печери Вітватерсранд (ПАР), 100 тис. р., *Homo naledi*; переча Денисова (Алтай), 100–80 тис. р., *Homo denisova*; сибірські мамонти Люба та Діма, 50–10 тис. р.; Старуня (Прикарпаття), 42–10 тис. р., волохаті носороги і мамонт, можлива знахідка кроманьйонців; Мальта (Іркутська область), 40–30 тис. р., мамонти; Мізин (Чернігівщина), 15 тис. р., *Homo sapiens sapiens*, художні вироби з бівней мамонта.

Як бачимо, Старуня займає достойне місце серед ряду вікових реперів, що визначають рубежі екологічних криз, пов'язаних із періодичністю глобальних кліматичних змін, про що детально мова йтиме нижче.

Геологічний пам'ятник природи загальнодержавного значення «Старуня» відкриває деякі важливі аспекти нафтогазопромислового комплексу, а саме питання походження вуглеводневих сполук, що формують родовище озокериту, поклади нафти і газу. Детальні ізотопні дослідження вуглеводнів Старуні показали, що вони піднімаються до поверхні з великих глибин. Лише 17 % вуглеводнів Старуні формуються внаслідок розкладання (гниття) біологічних об'єктів рослинної маси торфу, гітїї, біонамулів та великих тварин мамонтової фауни.

Медико-лікувальний аспект Старуні – це величезні перспективи оздоровлення населення з використанням озокериту, природних кам'яних і калійних солей, розсолів, мінеральних вод та

грязей. Ще «за польських часів» (20–30^{ті} роки ХХ ст.) біля криниці Солянка були дерев'яні ванни, у яких поважні пані та пани лікувались у приватних «ескулапів». Нині на 60 га заповідної території «Старуні» зафіксовано кілька десятків мінеральних вод 11 типів [2]. Тому пропонуємо організувати в Старуні соле-грязе-озокеритовий санаторій, а біля криниці Солянка – створити Музей солевидобутку Прикарпаття.

І, нарешті, не менш актуальним аспектом є соціально-економічне значення геологічної пам'ятки природи «Старуня». За архітектурно-ландшафтним проектом геопарку Льодовикового періоду [2, 12] передбачено побудувати ряд котеджей для сільського зеленого туризму, ресторан «Хобот мамонта», мотель «Палеолітр», бар у вигляді носорога, що висунув свій ріг на автомобільну трасу Богородчани – Надвірна, з фірмовою стравою «Шаурма по-неандертальськи» (щоб не конкурувати з традиційними для цієї місцевості чебуреками). Крім того, заплановано побудувати міні-ГЕСи на р. Лукавець Великий та потічку Рінне, підйомник на гору Голиця, автостоянку, туристичні стежки. У селі Старуні за необхідності можна переобладнувати існуючі будинки під сільський зелений туризм.

Усе це додасть нових робочих місць для жителів села і Богородчанського району та поліпшить соціально-економічну ситуацію.

Історія досліджень Старуні довга і драматична. Ще років за двадцять до знахідки носорога № 1 у 1907 році в одній із приватних озокеритових копалень знайшли тушу якогось великого звіра (рис. 1) [13]. Думали, що в шахту упав великий домашній бик. А коли його підняли на поверхню, то злякались невідомої потвори і кинули її знову в шахту. Оцю потвору і знайшли у 1907 р., коли німецька фірма братів Кампе викупила дрібні копальні і заклала шахту № 4, яку пізніше назвали «Мамонтовою» (рис. 2). Ось як пише про ці події отець Ярослав Середюк [10]: «5 жовтня 1907 року...на глибині 12,5 м знайшли бальзамоване тіло мамута...Знахідці спершу не надали значення, а робітники розтягнули по домівках частину шкури, використавши її на пошиття постолів. Лише згодом про мамута доповіли владі в Богородчанах, яка в свою чергу, повідомила науковців. Після проведених наукових досліджень видобуті рештки мамута 7 листопада 1907 року перевезли до музею Дідушицьких у Львові (тепер – Державний природознавчий музей НАН України)...».

Далі о. Ярослав [10] пише про першого носорога: «6 листопада на тій самій копальні на глибині 17,6 м знайдено великий фрагмент забальзамованого волохатого носорога... Після цього розкопки в копальні тривали до 25 листопада, але не дали нових результатів. Знахідку 24 липня 1908 року перевезли до музею ім. Дідушицьких. Тут її разом із мамонтом передали до палеонтологічних зборів і розмістили в одній із найбільших зал 2-го поверху». Лише у 2018 р. перший носоріг був реставрований.



Рис. 1. Реставрована у 2018 р. туша Старунського волохатого носорога № 1 у Природознавчому музеї міста Львів (газета «Галичина» – за 13 березня 2018 року, № 22 (S369))

Є певні неузгодженості про глибину цих знахідок (12,5 і 17,6 м) з даними буріння 2006 – 2008 рр. [18], яке показало, що шар засолених намулів із бітумом давнього болота з товщиною до

2 м, у якому тонули великі тварини, розміщений не глибше ніж 10 м. Мабуть глибини 12,5 і 17,6 м указують на карстові лійки в підстильній давнє болото соленої воротищенській свиті. Карстові порожнини слугували пастками для захоронення та бальзамування нині викопних тварин.

Результати досліджень 1907 р. були опубліковані у 1914 р. у монографії «Wykopaliska Starunskie» [14].

У 1929 р. пошуки були відновлені Академією Вміння із Кракова. У 15 м на північний захід від копальні «Мамонтової» на глибинах близько 17 м були знайдені забальзовані туші другого, третього і четвертого носорогів. Найбільш зберігся носоріг № 2, який експонується нині у Краківському музеї історії природи (рис. 3) [17]. Були зібрані також численні кістки малих хребетних (гризунів), решток мушлів, багатьох видів комах, жуків, паразитичних хробаків, блощиць, метеликів, павуків, слимаків, судинних рослин, насіння і гілок карликової берізки, вільхи та інших представників тундрової флори. Польські вчені організували комплексні вивчення фауни і флори, частково їхні результати були опубліковані у статтях. Але друга світова війна призупинила цей процес [2].



Рис. 2. Затоплена копальня № 4 (мамонтова). Фото В. Прудеуса [2]

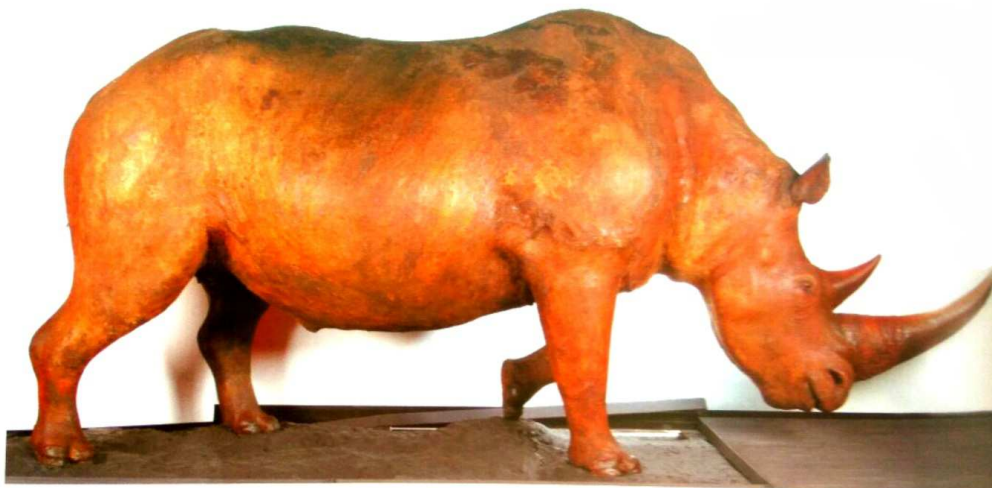


Рис. 3. Носоріг № 2 у Краківському музеї історії природи [17]

У березні 1977 р. у Старуні виник грязьовий вулкан (рис. 4, 5) після землетрусу у горах Вранча (Румунія). Його відкрили і багато років (1977–1988 рр.) вивчали професори ІФНТУНГ доктори геолого-мінералогічних наук Білоус Н. Х. та Кляровський В. М. [3]. Їм вдалось «домогтись» у 1984 р. надання цій ділянці у 60 га статусу геологічної пам'ятки природи загальнодержавного значення. З березня 1977 р. і до сьогодні Старуню досліджує автор цієї статті, а це – 42 із 83 років його життя.



Рис. 4. Грязьовий вулкан (фото Капустинського Р. В., 26.05.2017 р. – вид із дрону, висота знімання – 410 м над рівнем моря) [2]

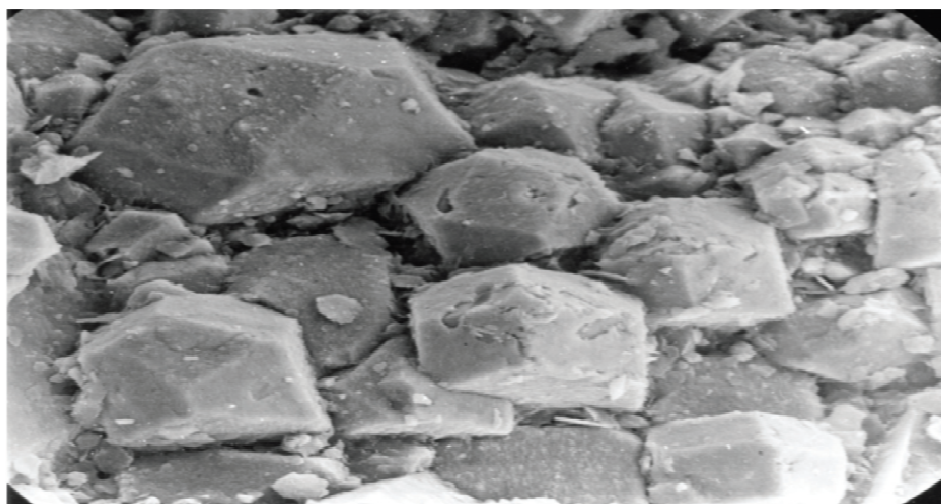


Рис. 5. Сфалерит із Старуні (фото під електронним мікроскопом) [2]

Наприкінці 70-х років ХХ ст. рекогносцирування у Старуні виконували голова Мамонтового комітету із Зоологічного Інституту АН СРСР (Ленінград) Верещагін Н. К. та Корнієць Н. М. із Науково-природознавчого музею НАНУ (Київ). У 70–80 роки Мацкевий Л. Г. із Інституту українознавства ім. І. Крип'якевича НАНУ (Львів) разом із Василенком Б. А. та Кочкіним І. Т. із Прикарпатського національного університету ім. В. Стефаника (м. Івано-Франківськ) виявили навколо Старуні 12 стоянок давньої людини епох пізнього палеоліту, мезоліту та неоліту [8]. Отже, до Старуні як феномену палеонтології і вулканізму додався ще й феномен археології.

У 1988–1989 рр. ІФНТУНГ вперше офіційно організував держбюджетні науково-дослідні роботи за кошти із власних резервів під керівництвом Адаменка О. М. за участю Стельмаха О. Р., Михальської Л. М. та Михайлюк І. Р.

Наближення 100-літнього ювілею (1907–2007 рр.) знахідок мамонта і носорогів активізувало вчених Польщі та України. У 2007 р. вийшла книга краківського професора Ш. Александровича «Старуня» [13], а президент польського наукового товариства «Геосфера» Мацей Котарба запропонував Адаменкові О. М. провести на Старуні спільні дослідження. У 2004–2008 рр. були організовані українсько-польські експедиції за кошти з бюджетного фінансування Міністерства освіти та науки Польщі. На жаль, паралельний проєкт фінансування ІФНТУНГ з боку аналогічного міністерства України не був підтриманий. Пропозиції ІФНТУНГ до обласної влади профінансувати дослідження Старуні у зв'язку зі 100-літнім ювілеєм завершилися формальною відпискою. А результати спільних українсько-польських досліджень 2004–2008 рр. були опубліковані польською стороною англійською мовою у книгах «Polish and Ukrainian geological studies (2004–2005) at Starunia – the area of discoveries of Wolly Rhinoceroses» [16] та «Indisciplinary studies (2006–2009) at Starunia (Carpathian region, Ukraine) – the area of discoveries of Wolly Rhinoceroses» [18]. Тоді ж уперше була опублікована ідея Адаменка О. М. про створення у Старуні Парку Льодовикового періоду [1, 2, 12].

Важливим результатом спільних досліджень польських та українських вчених під керівництвом М. Котарби та О. Адаменка було виявлення найсприятливішої ділянки, де могли на глибині зберігатися ще не знайдені рештки велетенських ссавців і навіть кроманьйонців плейстоцену [18].

ІФНТУНГ за власні кошти організував у 2017 р. у Геологічному музеї архітектурно-ландшафтну модель Парку Льодовикового періоду [2]. Того ж року були підведені підсумки досліджень за більш як столітній період у монографії «Старуня: Парк Льодовикового періоду» (автори Адаменко О. М., Карпаш О. М., Зорін Д. О., Котарба М. Й., Мосюк І. В., Ковбанюк І. І., за редакцією акад. Крижанівського Є. І.) [2]. ІФНТУНГ продовжує «самотужки» досліджувати Старуню за участю викладачів-ентузіастів Омельченка В. Г., Калиній Т. В., Мосюка М. І. та студентів – майбутніх магістрів Діани Винничук, Христини Волос, Ірини Сусак, Тетяни Федорчак та ін. ІФНТУНГ знову звернувся до обласної влади, підготувавши у грудні 2018 – березні 2019 рр. проєкт Обласної комплексної програми «Старуня: від пам'ятки природи до геопарку Льодовикового періоду». На жаль, із чотирнадцяти розділів програми тільки два будуть реалізовані у 2019–2020 рр. Решту обіцяють включити до виконання лише з 2021 року. Черговий раз переконавшись у байдужості влади, ми ще раз звернулися до можливих інвесторів – українських олігархів, народних депутатів від Івано-Франківської області, власників Буковеля та нафтогазових компаній, природознавчих музеїв НАНУ у Львові та Києві, можливих зарубіжних партнерів – Нью-Йоркського та Йельського університетів США, телеканалів Discovery та National Geographic тощо. Відгукнувся телеканал «1+1». Тележурналістка Алла Пасс організувала завдяки цьому каналу експедицію київської фірми разом із фахівцями ІФНТУНГ Адаменком О. М. та Адаменком Я. О., Зоріним Д. О., Мосюком М. І., Ковбанюком І. І. до Старуні. 16 квітня 2019 р. були проведені георадарні дослідження методом електромагнітного зондування, які показали можливість використання цього методу для пошуків нових локацій викопних тварин, а можливо і мисливців на них – наших предків – кроманьйонців.

Тому є сенс бути вдячними ТОВ «Телерадіокомпанія “Студія 1+1”», яке не тільки шукає сенсацій, але й готове підтримувати фахові наукові дослідження феномену Старуні.

Виклад основного матеріалу. *Геолого-геоморфологічні, неотектонічні та палеогеографічні основи формування геологічної пам'ятки природи «Старуня» загальнодержавного значення.* Пам'ятка розташована у Карпатах – гірськоскладчастій структурі, яка, як і Альпи, Високі Татри, Динарські гори, розміщується між Східноєвропейською та Африканською давніми платформами (літосферними плитами). Якщо рухатись від Дністра на захід та південний захід, то спочатку ми перебуватимемо на краю Східноєвропейської платформи, потім на Зовнішній Більче-Волицькій зоні Передкарпатського передгірського (краєвого) прогину, потім на його Внутрішній Бориславсько-Покутській зоні (саме в її межах розташована «Старуня»), далі на захід – Скибові, потім Вододільно-Верховинські, Чорногірсько-Полонинські Карпати, Рахівський (Мармароський) масив, Солотвинська та Чоп-Мукачівська западини, Вигорлат-Гутинська вулканічна гряда, а далі – державний кордон України з Румунією, Угорщиною та Словаччиною.

Карпати – це гірська складчасто-скибова насувна структура, у формуванні якої можна виділити кілька етапів: океанічний, лагунно-острівний, складчасто-гірський, скибово-насувний та ерозійно-аккумулятивний річково-озерно-болотний.

Початок геологічної історії (*океанічний етап*) належить до крейдового періоду, коли між Африканською та Євразійською літосферними плитами простягався океан Тетіс, у якому нагромаджувались багатокілометрові товщі алевролітів, аргілітів та пісковиків так званої флішової формації (верхньокрейдової стрийської, палеогенової ямненської, еоценових манявської, пасічнянської та бистрицької світ).

Починаючи з олігоцену і завершуючи початком міоцену (егеріан) відбуваються перші тектонічні рухи окремих блоків океанічного дна. Тетіс розпадається на острівні дуги та лінійні западини (*лагунно-острівний етап*). Типовий фліш змінюється на переважно аргілітові відклади (менілітова світ) темно-сірого і чорного кольору з великим вмістом органіки. Тому меніліти потім, при складкоутворенні стають нафтоматеринськими.

З середини раннього міоцену (еггенбургіан) починається активне гороутворення (*складчасто-гірський етап*). Острова перетворюються у гірські хребти, а біля їхнього підніжжя формується моласова формація – конгломерати, пісковики, брекчії, соленосні відклади. Фліш стискається у складки під впливом руху Африканської літосферної плити на північ. Вона тисне на Європу. У цьому процесі беруть участь також мікроплити – Паннонська, Марамароська та ін. Осади піщано-аргілітової поляницької, соленосної воротищенської та аргілітової стебницької світ формуються лише у міжгірських западинах.

На наступному *скибово-насувному етапі* тиск Африканської плити та мікроплит зростає і складки в кінці міоцену насуваються у північно-східному напрямку одна на одну, утворюючи дуже складну скибово-насувну структуру. Подібно до того, як під час оранки ґрунту плуг накладає одну луску (скибу) на іншу, так і в Карпатах кожна скиба перекидає попередню. Амплітуда такого горизонтального перекидання Внутрішньою зоною Зовнішньої досягає 10–20 км. Територія пам'ятки природи «Старуня» розміщена в апікальній присклепінній частині Старунської складки, тобто на вершині її. Сусідніми складками є: з заходу Пнівська, а зі сходу – Гвіздецька. За даними геолого-пошукових робіт з 1885 до 1939 р. було пробурено 14 свердловин (Надія-1 та Надія-3, Юліуш-1 і Юліуш-2, Галиція, Гео-1, Корн, Леля, Метцгер-3, 4 і 5, Мігелене, Пришлосьь-2, Тадеуш-1, Граве-1), але тільки Надія-1 глибиною 702 м підтвердила промислові запаси нафти і газу у відкладах еоцену. Менші прояви нафти і газу одержані із воротищенської та менілітової світ з інших свердловин (Граве-1, Метцгер-3, Пришлосьь-2, Надія-3, Юліуш-2 і Тадеуш-1). У 1950–1970 роках у районі Старуні пробурено кілька десятків пошукових свердловин, із них лише Старуня-5, Старуня-15, Старуня-20 і Старуня-25 виявили незначні дебіти і прояви нафти і газу. Отже, лише свердловина Надія-1 давала у 1929 р. добовий видобуток нафти 4000 кг. Він зменшився у 1940 р. до 300 кг. Після другої світової війни ця свердловина завершила експлуатацію з технічних причин [16], але газ над нею горить і зараз (рис. 6, 7). Нафтогазоносність приурочена до низки горизонтів менілітової світи (олігоцен-нижній міоцен) та до середньоеоценових відкладів. Це нафтогазові родовища Гвіздецьке, Південно-Гвіздецьке, Монастирчанське, Битків-Бабчинське, Пасічнянське.

Останній ерозійно-аккумулятивний річково-озерно-болотний етап розпочинається у пізньому пліоцені (3 млн р. тому), коли вже були сформовані карпатські хребти і почалась активна ерозійна діяльність річок. ПраДністер тоді розташовувався північніше від Надвірної, у 30 км від його сучасного положення в районі Галича. Поступово Дністер «спускався» своїми терасами на північний схід, утворюючи ряд передгірних алювіальних рівнин. Ще століття тому W. Tessyere [24] виділив рівні Красної (180-метрова VII тераса) і Лоевої (120-метрова VI тераса). Пізніше працями Полянського Ю. І. [9], Гофштейна І. Д. [5], Цися П. М. [11], Богуцького А. Б. [4, 15], Кравчука Я. С. [6] та ін. були виділені 80-метрова Галицька (V), 20-метрова Маріямпільська (IV), 30 метрова Єзупільська (III), 20-метрова Колодівська (II) та 10-метрова I надзаплавні тераси.

Річка Луковець Великий, притока-доплив р. Бистриці Солотвинської, в районі Старуні має лише II і I надзаплавні тераси, як було встановлено у 2006–2008 рр. бурінням 33 колонкові свердловини зі стовідсотковим виходом керну. Ці тераси утворюють долину у вигляді вигнутої у західному напрямку меандри, під якою розташована переаглиблена долина (рис. 8).

Четвертинні відклади Старунського місцезонашування були у центрі уваги дослідників у останні роки. Геологи та екологи ІФНТУНГ Калиній Т. В., Омельченко В. Г. під керівництвом Адаменка О. М. вперше побудували геологічну карту та схему взаємовідношень плейстоценових утворень (рис. 9).

Південно-західну частину території пам'ятки займає схил вододілу. Такий самий схил розташований вздовж східного кордону. Між ними – долина р. Луковець Великий. Схили складені середньо-верхньоплейстоценовими еолово-делювіальними $eoldQ_{2-3}$, так званими покривальними відкладами вододільних межиріч та схилів річкових долин. Вони представлені 515-метровими товщами лесів, лесоподібних суглинків та супісків, глин із лінзами щебеню та піску.



Рис. 6. Газовий факел, який постійно горить над свердловиною «Надія-1». Фото В. Прудеуса [2]



Рис. 7. Грязь-сольове озеро біля свердловини «Надія-1». Фото В. Прудеуса [2]

У підніжжі схилу вузькою смугою розвинуті верхньоплейстоцен-голоценові делювіальні відклади dQ_{3-4} , що відділяють схил вододілу від поверхні II надзапавної тераси. Це глини бурого кольору товщиною до 5 м. Серед них бувають лінзи щебеню.

Долина р. Луковець Великий, як показало буріння, має досить складну будову II та I надзапавних терас. II тераса – перезаглиблена, тому маючи невисоку поверхню над урізом річки,

характеризується досить потужним (до 10–15 м) алювієм. Внизу залягають руслові гальковики з лінзами намулів, біогенних грязів, торфу. Спостерігається кілька горизонтів руслових гальковиків. Верхня частина розрізу представлена покривними суглинками товщиною до 1 м. Вік, за даними малакофауністичних, палеокаріологічних та палінологічних (спорово-пилкових) досліджень Т. Sokolowski, R. Stachowich-Rybka [22] – нижня половина верхнього плейстоцену (еємпленгліціал або прилуцько-бузький горизонт) $aQ_3^{1-2} II$.

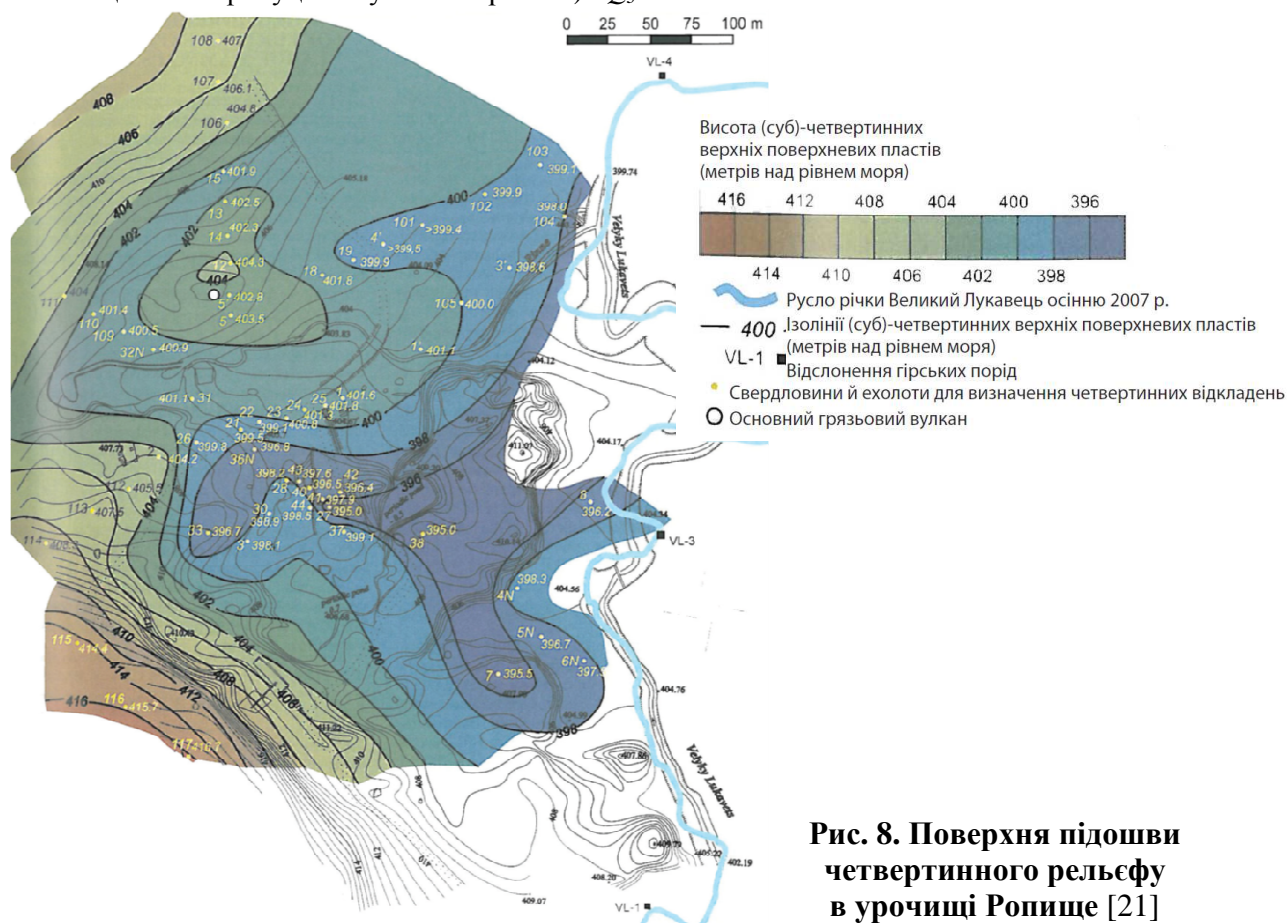


Рис. 8. Поверхня підшови четвертинного рельєфу в урочищі Ропище [21]

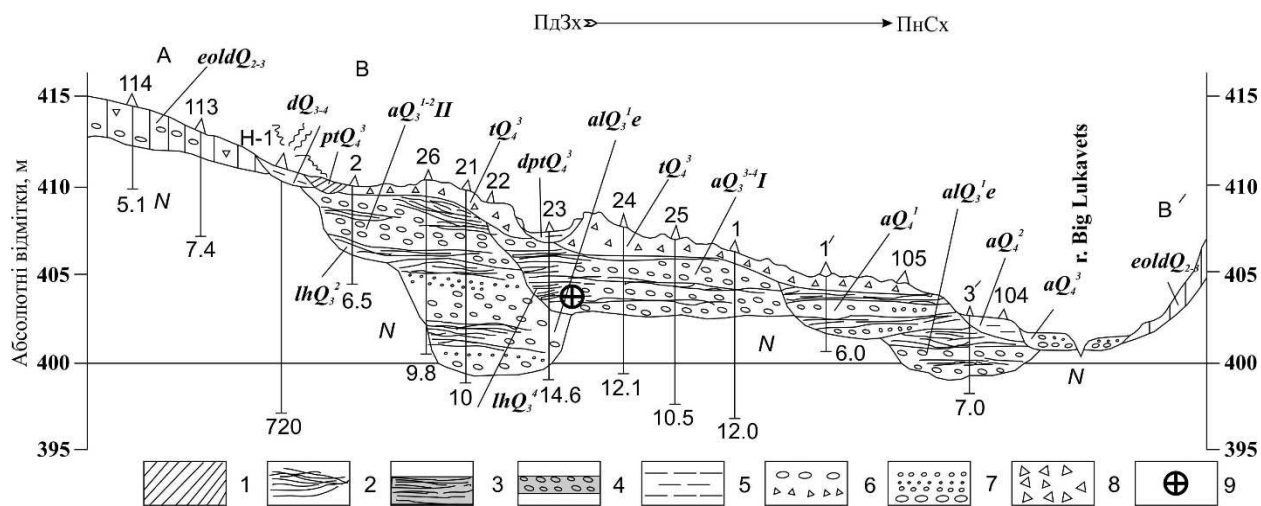


Рис. 9. Поперечний переріз (профіль) долини р. Луковець Великий

І надзаплавна тераса $aQ_3^{3-4} I$ представлена русловими гальковими з тонкими лінзами намулів, часто бітумінозних, торфу та суглинків із включеннями гальки. У низах I тераси, серед 1–2- метрової товщі давнього болота, у шахті (копальні) № 4 (мамонтова) знайдені муміфіковані рештки волохатих носорогів та мамонта. Вік I тераси визначено як друга половина пізнього плейстоцену (дофіновський та причорноморський горизонти) [22].

Голоценова частина розрізу Старуні представлена алювієм трьох заплавноїх терас: aQ_4^1 – нижній голоцен, висока заплава, піски, гравій, суглинки, глини, намули, товщиною до 2–3 м; aQ_4^2 – середній голоцен, середня заплава, піски, намули товщиною 0,5–1 м; aQ_4^3 – верхній голоцен, низька заплава, піски, суглинки, супіски товщиною 0,5–1 м.

Грязьовий вулкан (див. рис. 4) «вінчає» склепінну вершину Старунської антикліналі. Він з'явився після землетрусу 3 березня 1977 р. у горах Вранча (Румунія) і мав тоді чотири жерла діаметром 0,1–0,5 м. Висота конуса – приблизно 3 м, довжина глинистих потоків грязі – 10–50–60 м [2]. Зараз налічується 8 кратерів постійних і до 10–20 тимчасових мікрократерів, що виділяють газ, воду, глинисту пульпу, іноді нафту.

У глині грязьових викидів трапляються кристали сфалериту, піриту, піротину, арсенопіриту, странціобариту, бариту, гіпсу, сірки, кальциту, флюориту, сульфідів міді, у сольових кірках – галіт, сильвін та ін. (див. рис. 5).

На території геологічної пам'ятки «Старуні» виходять близько 100 постійних і тимчасових джерел прісної та мінералізованої води, пов'язані з поперечними розломами і тріщинами. Характерна сучасна сейсмоактивність, а першовідкривачі вулкану Білоус Н. Х. і Клярівський В. М. [3] пов'язують її з землетрусами не тільки у горах Вранча, а й на Кавказі, Італії і навіть Чилі. Довести такий зв'язок можливо лише інструментальними методами, яких поки що не було.

Поряд із конусами і жерлами старунських грязьових і нафтових вулканів є порожнисті тріщини шириною до 0,5–3 см, які закриваються після землетрусу через кілька діб. По тріщинах, із грифонів та мікрократерів викидаються гази, нафта, вода, розсоли різної мінералізації. Біля джерел формуються лінзи лімоніту, самородної сірки, вицвіті різних солей.

Старунський грязьовий вулкан став основною причиною оголошення у 1984 р. території площею 60 га геологічною пам'яткою природи загальнодержавного значення [3].

Археологічні дослідження. У 1976–1982 рр. Передкарпатською археологічною експедицією Інституту суспільних наук (нині – Інститут українознавства ім. І. Крип'якевича, НАНУ м. Львів) [8] були здійснені комплексні дослідження в околицях с. Старуні. У результаті поблизу палеонтологічного місцезросташування було відкрито 12 2–3 шарових стоянок, в яких простежено не менше ніж 17 поселень давньої людини від палеоліту до середньовіччя. Отже, територія протягом тисячоліть була сприятливою для поселення та полювання на великих тварин.

Це відкриває можливості пошуків у Старуні самої людини від кроманьйонців до більш пізніх епох. Такі знахідки можуть бути як на поселеннях, так і на давніх болотах. Стаціонарні розкопки поки що здійснені лише на стоянці доби мезоліту та енеоліту на площі 1649 м². Знайдено понад 5 тис. артефактів та фауністичних решток (Старуня I культури Вороців-Старуня). Доцільно провести, пише Мацкевий Л. Г. [8], розкопки на стоянках Старуня IV і XI, що розташовані найближче до знахідок волохатих носорогів та мамонта.

Ландшафти і клімат. Малакофауна, палеокаріологічні та палінологічні дослідження [2, 16, 18, 22] показали, що для квартеру Старуні характерне багаторазове чергування епох похолодання, з тундровою флорою карликової берези (*Betula nana*), чорної вільхи (*Aenus fruticosus*) та ін., та потеплінь. Це був ландшафт тундростепу (інша назва – мамонтового степу), що простягався через усю Євразію, південніше від льодовикових щитів.

За останній мільйон років четвертинного періоду льодовики наступали на Європу, як мінімум чотири рази, досягаючи у максимальну епоху дніпровського зледеніння (270–180 тис. р. тому) району м. Дніпра по долині р. Дніпро, а на заході України – широти с. Крукеничі на півночі Львівської області. Нас же цікавить та частина четвертинного періоду, яку називають пізнім плейстоценом (150–10 тис. р. тому). Тоді материковий крижаний щит товщиною до 1 км валдайського зледеніння покрив північ Білорусі і Прибалтику. На заході України дво-триразове зледеніння, за даними Е. Romer [19], Н. Swidezski [23], Я. С. Кравчука [7] та ін., було лише у Карпатських горах (Чорногора, Свідовець) у вигляді долинних та карових льодовиків, від яких залишились характерні форми рельєфу – трогові долини, кари, кінцеві морени, озера та ін. Уся інша територія Білоруського та Українського Полісся і Прикарпаття, у тому числі і Старуня, перебувала у перигляціальній (прильодовиковій) зоні, де формувались флювіогляціальні (водно-льодовикові) зандрові (пісчані) рівнини з численними річками та потічками.

В умовах помірного холодного і вологого клімату піщані рівнини були покриті тундростепами з багатою лучною трав'янистою рослинністю, що давала достатньо корму для багатотисячних стад мамонтів та носорогів. А їм потрібно було до 100–150 кг трави кожного дня.

Широкі тундростепові ландшафти межиріч та вододілів займали понад 70–80 % території, по річкових долинах прослідковувались низькорослі дерева, сосни, берези, вільхи, верболози та чагарники. За даними малакофауни, палеокарпологічних аналізів та пилкових діаграм [22], кліматичні умови пізнього плейстоцену характеризувались періодичними потепліннями (сємське міжльодовиків'я Західної Європи або горохівське-прилуцьке потепління України, 129–73 тис. р. з потужними викопними ґрунтами; вітачівське (Дубно-2 і Дубно-1) потепління, 59–28 тис. р. з 2–3 горизонтами викопних ґрунтів Оерел, Хенгело, Денекам; дофіновське (Рівне) потепління, 20–18 тис. р.; потепління бьоллінг (Красилів), 13–10 тис. р.) та похолоданнями (удайське (шалкгольц), 73–59 тис. р. з горизонтами лесів; бугське, 28–20 тис. р. з лесами і соліфлюкцією; причорноморське (дріас), 18–13 тис. р. з горизонтами лесів) [4,15]. Така ж періодична зміна потеплень та похолодань характерна і для голоцену (10–0 тис. р). Особливо теплими і вологими був атлантичний оптимум (5–6 тис. р. тому). Годі на степових просторах України, а степи були вже сучасними, широко розповсюдились поселення трипільської культури. Ось такий геологічний годинник відкрила нам Старуня!

Яке ж *походження* мають старунські феномени – озокеритові поклади, нафтогазові пласти, соляні, нафтові та мінеральні джерела і грязьовий вулкан? Причина цих явищ криється у складчасто-надвиговій (скибовій) структурі досліджуваної території, зумовленій постійним рухом Африканської літосферної плити на північ та північний схід. Вона і мікроплити Панонська, Марамурська та інші наступають на Євразійську плиту, постійно тиснуть на Карпати, стискаючи і ускладнюючи їхню структуру. Старунська складка у північно-східному напрямі насувається на Гвіздецьку, а з південного заходу на першу тисне Пнівська. У результаті Старунська антикліналь у вигляді скиби затиснута між двома насувами, а всередині неї утворилась ціла система взаємно перетинальних розломів та тріщин. Отже, досліджувана територія є геоактивною зоною, у межах якої із глибини Старунської складки відбувається витискання на поверхню флюїдів нафти, соляних розчинів, грязей, що супроводжуються дегазацією надр. У статті [16] Адаменко О. М., Стельмах О. Р., Зінчук М. С. та Которба М. Й. пишуть: «Доведено, що на складці Старуня нижні соленосні воротищенські шари були перетиснені завдяки витисканню менілітових шарів, а високий тиск підземних контурних вод сприяв деструктуризації пасток і міграції вуглеводнів до поверхні. Під час міграції нафти, багатой на насичені вуглеводні, розпочалося утворення озокеритових жил» [16, с. 75]. Аргіліти та алевроліти у зонах розломів та глибинної тріщинуватості були розм'якшені і перетворені у глинисту пульпу, яка і виходить на поверхню через жерла грязьових вулканів.

Правда є й інша точка зору на походження грязьових вулканів: їхнє виникнення спричинене бурінням численних свердловин, через які вода опускається до нафтогазоносних шарів, там відбуваються термічні фізико-хімічні процеси, а їхня продукція у вигляді грязей надходить на поверхню і створює жерла та конуси грязьових вулканів. Основне наше заперечення: геоактивна зона Старуні виникла значно раніше, ніж буріння свердловин, інакше мамонти і носороги не були б забальзамовані бітумом та солями. Геохімічними ізотопними дослідженнями Н. Sechman, М. Kotorba and М. Dzieniewicz [20] показано, що концентрації алканів C_2 – C_5 , метану, гелію, вуглекислого газу, хлоридів у відібраних пробах свідчать про те, що максимум 17 % вуглеводнів мають поверхнєве походження, а все решта піднялось із глибинних нафтогазоносних шарів Старунської складки (1000–700 м від поверхні). Не виключено також, що під стрийською світою складки є другий, а може і третій поверхні глибинних складок, як це спостерігається на сусідній Пнівській структурі.

Отже, усі прояви грязьового вулканізму, нафтогазових грифонів, озокеритових покладів, сольових джерел, бальзамування мамонтової фауни є проявом глибинної геоактивної зони. Тому автор у свій час і запропонував виділяти на досліджуваній території Старунський геодинамічний полігон [1, 2, 12]. Детальне його вивчення здивує нас все новими і новими відкриттями.

Висновки та пропозиції щодо зміни Старуні як геологічної пам'ятки природи загальнодержавного значення на Геопарк Льодовикового періоду. Підняти категорію геологічної пам'ятки природи Старуні до геопарку вперше було запропоновано Адаменком О. М. [1, 2, 12] у 2005 р. Що таке геопарк? Згідно з Вікіпедією, *геопарк* – це статус особливо охоронного регіону, на території якого наочно розкривається історія Землі, формування місцевих ландшафтів, утворення порід та родовищ корисних копалин і збереження у масовому порядку викопної фауни доісторичних тварин. Створення геопарків зародилось у 90-ті роки ХХ ст. З 2002 р. існує спеціальна програма ЮНЕСКО [25] підтримки створення всесвітньої мережі національних

геопарків (*Global Network of National Geoparks*). На жовтень 2018 р. до цієї організації ЮНЕСКО входило 77 геопарків із 24 країн. У Європі – 43 геопарки з 17 країн. Це – Австрія, Німеччина, Греція, Франція, Хорватія, Велика Британія, Фінляндія, Норвегія, Іспанія, Італія, Чехія, Румунія, Португалія та ін. У Китаї – 22 геопарки. Є вони у В'єтнамі, Малайзії, Японії, Південній Корей, Канаді, Бразилії, Ірані, на Тайвані. Європейські геопарки пов'язані між собою організаційно і надають один одному господарську та економічну допомогу [25].

Ідею Адаменка О. М. про створення геопарку «Старуня: геопарк Льодовикового періоду» [1, 2, 12] підтримали львівські географи Я. С. Кравчук, А. Б. Богущкий, Ю. В. Зінько, В. П. Брусак та ін., які запропонували мережу геопарків України [7].

Увесь науковий матеріал, викладений вище, свідчить про високий рівень інформаційного забезпечення пропонованої зміни статусу геологічної пам'ятки природи “Старуня” на геопарк Льодовикового періоду. Ми звертаємось до державної та місцевої влади, природоохоронних органів підняти цей статус згідно міжнародних положень про геопарки ЮНЕСКО [7,25]. Тоді Старуня зможе отримати відповідну організаційну, фінансову, господарську та наукову підтримку і достойно представляти Івано-Франківщину та Україну на Європейському та світовому рівнях.

Література

1 Адаменко О. М. Використання відпрацьованого озокеритового родовища для створення еколого-туристичного центру у с. Старуня на Прикарпатті / О. М. Адаменко, Є. І. Крижанівський, В. І. Векерик, О. Р. Стельмах, Л. В. Міщенко, Н. О. Зоріна, Д. О. Зорін, М. В. Амброзяк // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ, 2005, № 1(14). – ІФНТУНГ. – С.122–129.

2 Адаменко О. М. Старуня: Парк Льодовикового періоду / О. М. Адаменко, О. М. Крапаш, Д. О. Зорін, М. Котарба, І. В. Мосюк, І.І. Ковбанюк, за ред. Є. І. Крижанівського. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2017. – 214 с.

3 Белоус Н. Х. Чудо-Старуня. В кн: Геологические памятники Украины. / Н. Х. Белоус, В. М. Клярковский. – К.: Наукова думка, 1987. – С. 48–49.

4 Богущкий А. Б. Четвертинні відклади: Природа Тернопільської області / А. Б. Богущкий. – Львів: Вища школа, 1989. – С. 28–36.

5 Гофштейн И. Д. Неотектоника Карпат / И. Д. Гофштейн. – К.: Изд. АН УССР, 1964. – 182 с.

6 Кравчук Я. С. Геоморфологія Передкарпаття / Я. С. Кравчук. – Львів: Меркатор, 1999. – 188 с.

7 Кравчук Я. С. Мережа геопарків України: головні засади формування / Я. С. Кравчук, А. Б. Богущкий, Ю. В. Зінько та ін. // Вісник ЛНУ ім. І. Франка. Серія географічна, 2013. Випуск 46. – С. 203–217.

8 Мацкевий Л. Г. Археологічні дослідження у Старуні: підсумки та перспективи / Л. Г. Мацкевий, Г. І. Панахид // Матеріали II Міжнар. конф. до 100-річчя першої знахідки мамонта і волохатого носорога в Старуні у 1907 р. // В кн.: Викопа фауна і флора останнього зледеніння. – Краків: Akariz, 2007. – С. 25–28.

9 Полянський Ю. І. Подільські етюди: тераси, леси і морфологія Галицького Поділля над Дністром / Ю. І. Полянський // Збірка матем.-природ.-лікарської секції НТШ. – Львів, 1929. – Т. 20. – 191 с.

10 Середюк Я. Блаженний із Старуні / О. Я. Середюк, Ю. Боєчко, О. Кузів, О. Глодан. – Івано-Франківськ: Нова Зоря, 2018. – 48 с.

11 Цись П. М. Геоморфологія УРСР / П.М. Цись. –Львів: вид-во Львівського ун-ту, 1962. – 224 с.

12 Adamenko O. M., Kryzhanivsky Y. I., Vekeryk V. I., Stelmach O. R., Mishchenko L. V., Zorina N. O., Zorin D. O., Ambrozyak M. V., 2005. – A concept of a international “Ice-Age-Geopark” as an ecological-tourist center w Starunia former ozokerite mine, fore-Carpathian region, Ukraine. - Polish and Ukrainian geological studies (2004–2005) at Starunia – the area of discoveries woolly rhinoceroses. – Warszawa-Kraków: 205–210.

13 Alexandrowicz S. W., 2004. Starunia and the Quaternary research in the tradition and initiatives of the Polish Academy of Arts and Sciences. (In Polish, English summary). *Studia i materiały do dziejów Polskiej Akademii Umiejętności*, 3: 261 pp.

14 Bayger J. A., Hoyer H., Kiernik E., Kulczynski W., Lomnicki M., Lomnicki J., Mierzejewski W., Niezabitowski W., Raciborski M., Szafer W., Schille F., 1914 – Wykopaliska Starunskie. Muzeum im. Dzieduszyckich we Lwowie, 15: pp. 386 [In Polish].

15 Bogucki A. Stratygrafia lessow Naddniestrza halickiego / Bogucki A., Lanczont M. / Lessy I paleolit Naddniestrza halickiego (Ukraina) // *Studia geologica Polonica* / (Pod red. T. Madeyskiej). – Kraków, 2002. – Vol. 119 – Cz.III. – P.315–341.

16 Kotarba M. J., 2005. Interdisciplinary Polish and Ukrainian studies on the Starunia extinct fauna site in the years 2004 – 2005. In: Kotarba M. J. (ed.), Polish and Ukrainian geological studies (2004 – 2005) at Starunia – the area of discoveries of woolly rhinoceroses. Polish Geological Institute and Society of Research on Environmental Changes “Geosphere“. Warszawa – Krakow: 9 – 20.

17 Kotarba M. J., Dzieńiewicz M., Sechman H., 2005. – Geochemical survey, molecular and isotopic compositions, and genetic identification of near – surface gases from the Starunia area, fore – Carpathian region, Ukraine. – Polish and Ukrainian geological studies (2004 – 2005) at Starunia – the area of discoveries of woolly rhinoceroses. – Warszawa – Krakow: 157 – 174.

18 Kotarba M. J., 2009. – Interdisciplinary studies at Starunia paleontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine) in the years 2006 – 2009: previous discoveries and research, purposes, result and perspectives. – *Journal of the Geological Society of Poland*, vol. 79, no. 3: 219 – 241.

19 Romer E. Erokalodowa na Swidowell / E. Romer // *Kosmos*, t.XXXI. 1906. – S. 363–386.

20 Sechman H., Kotarba M. J., Dzieńiewicz M., 2009. Surface geochemical survey at Societatis Geologorum Poloniae, 79: 375–390.

21 Sokolowski T., 2009. – Development of relief of the Velyky Lukavets River valley near Starunia palaeontological site (Carpathian region, Ukraine). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 79: 243–254.

22 Sokolowski T., Stachowicz-Rybka R., 2009. Chronostratigraphy and changes of environment of Late Pleistocene and Holocene at Starunia palaeontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 79: 315–331.

23 Swiderski E. 1938. Geomorfologia Czarnohorz. Warszawa.

24 Tiessyre H., 1933. Spaczenie teras wschodniopolskiego Podkarpacia w stosunku do kuminacyj fliszu obwodowego. *Geologia i Statystyka Naftowa*, 8: 80–81.

25 UNESCO Geoparks Program – a new initiative to promote a global network of geoparks safeguarding and developing selected areas having significant geological features // Hundred and fifty-sixty session. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: Executive Board. – Paris, 1999. – S. 1–4.

O. Adamenko

*Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas*

SIGNIFICANCE OF THE GEOLOGICAL NATURE MONUMENT «STARUNIA» FOR THE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE PRECARPATHIAN REGION AND UKRAINE IN GENERAL

The world-known paleontological site of the Pleistocene fossil fauna (42-10 thousand years ago) with four hairy rhinos *Rhinoceros antiqutatis* Blum and the mammoth *Mammuthus primigenius* Blum, and the only active mud volcano in the Carpathians were declared as the geological natural monument of national significance “Starunia” in 1984. The monument is located on the south-western outskirts of the village Starunia, in Bohorodchany region, Ivano-Frankivsk oblast, 25 km from the oblast centre. In the article several aspects of the monument’s significance are defined for: 1) the development of the natural reserve fund, raising the category of the conservation area from “the natural monument” to “the Ice Age geopark”; 2) the development of tourism and recreation business; 3) solving important scientific problems, in particular, determining age rappers and periods of global climate changes; 4) assessment of the role of surface and deep sources of migration of carbohydrate compounds, which is important for prediction of oil and gas occurrence in the Precarpathian region; 5) substantiation of the medical and therapeutic potential by opening a salt-mud-ozotokerite sanatorium; 6) raising the socio-economic level of the village and region, creating new jobs for the population.

In the history of Starunia's research, the discovery of the mammoth fauna in 1907 and 1929, the appearance of a mud volcano in 1977, scientific Ukrainian-Polish expeditions with well drilling, geophysical and geochemical surveys in 2004–2008, the publication of monographs in 1914, 2004, 2005, 2009 and 2017 are singled out. The insufficient attention of state authorities to the study of Starunia and the enthusiasm of scientists are critically evaluated.

The author proposes the mechanism of the formation of geoactive zone in Starunia fold due to the constant pressure of the Carpathian sheets – folds, which pushed oil, gas, mineralized waters, muds, etc. from the bottom to the surface. This created appropriate conditions for the formation of ozokerite field, oil and gas deposits, mud volcano, salt craters, embalming the mammoth fauna. The author proposes to organize Starunia geodynamic field and raise the status of the geological nature monument of national significance importance “Starunia” to the international Ice Age geopark.

Keywords: hairy rhino, mammoth, Pleistocene, natural monument, geopark, tourism and recreation business, mud volcano, folded-sheet structure.

References

1 Adamenko O. M. Vykorystannia vidpratovanoho ozokerytovooho rodovyshcha dlia stvorennia ekoloho-turystychnoho tsentru u s. Starunia na Prykarpatti / O. M. Adamenko, Ye. I. Kryzhanivskiy, V. I. Vekeryk, O. R. Stelmakh, L.V. Mishchenko, N. O. Zorina, D. O. Zorin, M. V. Ambroziak // *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*, 2005, №1(14). – IFNTUNH. – S.122–129.

2 Adamenko O. M. Starunia: Park Lodovkovoho periodu / O. M. Adamenko, O. M. Krapash, D. O. Zorin, M. Kotarba, I. V. Mosiuk, I.I. Kovbaniuk, za red. Ye. I. Kryzhanivskoho. – *Ivano-Frankivsk: Symfonia forte*, 2017. – 214 s.

3 Belous N. Kh. Chudo-Starunia. V kn: Heolohycheskye pamiatnyky Ukrainy. / N. Kh. Belous, V. M. Kliarovskyi. – K.: Naukova dumka, 1987. – S. 48–49.

4 Bohutskiy A. B. Chetvertynni vidklady: Pryroda Ternopilskoi oblasti / A. B. Bohutskiy. – Lviv: Vyshcha shkola, 1989. – S. 28–36.

5 Hofshstein Y. D. Neotektonyka Karpat / Y. D. Hofshstein. – K.: Yzd. AN USSR, 1964. – 182 s.

6 Kravchuk Ya. S. Heomorfolohiia Peredkarpattia / Ya. S. Kravchuk. – Lviv: Merkator, 1999. – 188 s.

7 Kravchuk Ya. S. Merezha heoparkiv Ukrainy: holovni zasady formuvannia / Ya. S. Kravchuk, A. B. Bohutskiy, Yu. V. Zinko ta in. // *Visnyk LNU im. I. Franka. Seriiia heohrafichna*, 2013. Vypusk 46. – S. 203–217.

8 Matskevyy L. H. Arkheolohichni doslidzhennia u Staruni: pidsumky ta perspektyvy / L. H. Matskevyy, H. I. Panakhyd // *Materialy II Mizhnar. konf. do 100-richchia pershoi znakhidky mamonta i volokhatoho nosoroha v Staruni u 1907 r.* // V kn.: *Vykopna fauna i flora ostannoho zledeninnia*. – Krakiv: Akapiz, 2007. – S. 25–28.

9 Polianskyi Yu. I. Podilski etudy: terasy, lesy i morfolohiia Halytskoho Podillia nad Dnistrom / Yu. I. Polianskyi // *Zbirka matem.-pryrod.-likarskoi sektsii NTSh*. – Lviv, 1929. – T. 20. – 191s.

10 Serediuk Ya. Blazhennyi iz Staruni / O. Ya. Serediuk, Yu. Boiechko, O. Kuziv, O. Hlodan. – *Ivano-Frankivsk: Nova Zoria*, 2018. – 48s.

11 Tsys P. M. Heomorfolohiia URSR / P.M. Tsys. – Lviv: vyd-vo Lvivskoho un-tu, 1962. – 224 s.

12 Adamenko O. M., Kryzhanivsky Y. I., Vekeryk V. I., Stelmach O. R., Mishchenko L. V., Zorina N. O., Zorin D. O., Ambrozyak M. V., 2005. – A concept of a internacional “Ice-Age-Geopark” as an ecological-tourist center w Starunia former ozokerite mine, fore-Carpathian region, Ukraine. - *Polish and Ukrainian geological studies (2004–2005) at Starunia – the area of discoveries woolly rhinoceroses*. – Warszawa-Kraków: 205–210.

13 Alexandrowicz S. W., 2004. Starunia and the Quaternary research in the tradition and initiatives of the Polish Academy of Arts and Sciences. (In Polish, English summary). *Studia i materiały do dziejów Polskiej Akademii Umiejętności*, 3: 261 pp.

14 Bayger J. A., Hoyer H., Kiernik E., Kulczynski W., Lomnicki M., Lomnicki J., Mierzejewski W., Niezabitowski W., Raciborski M., Szafer W., Schille F., 1914 – *Wykopaliska Starunskie. Muzeum im. Dzieduszyckich we Lwowie*, 15: pp. 386 [In Polish].

15 Boguckiy A. Stratygrafia lessow Naddniestrza halickiego / Boguckiy A., Lanczont M. / *Lessy I paleolit Naddniestrza halickiego (Ukraina)* // *Studia geologica Polonica* / (Pod red. T. Madeyskiej). – Kraków, 2002. – Vol. 119 – Cz.III. – P.315–341.

16 Kotarba M. J., 2005. Interdisciplinary Polish and Ukrainian studies on the Starunia extinct fauna site in the years 2004 – 2005. In: Kotarba M. J. (ed.), *Polish and Ukrainian geological studies (2004 –*

2005) at Starunia – the area of discoveries of woolly rhinoceroses. Polish Geological Institute and Society of Research on Environmental Changes “Geosphere“. Warszawa – Krakow: 9 – 20.

17 Kotarba M. J., Dzieńiewicz M., Sechman H., 2005. – Geochemical survey, molecular and isotopic compositions, and genetic identification of near – surface gases from the Starunia area, fore – Carpathian region, Ukraine. – Polish and Ukrainian geological studies (2004 – 2005) at Starunia – the area of discoveries of woolly rhinoceroses. – Warszawa – Krakow: 157 – 174.

18 Kotarba M. J., 2009. – Interdisciplinary studies at Starunia paleontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine) in the years 2006 – 2009: previous discoveries and research, purposes, result and perspectives. – Journal of the Geological Society of Poland, vol. 79, no. 3: 219 – 241.

19 Romer E. Erokalodowa na Swidowell / E. Romer // Kosmos, t.XXXI. 1906. – S. 363–386.

20 Sechman H., Kotarba M. J., Dzieńiewicz M., 2009. Surface geochemical survey at Societatis Geologorum Poloniae, 79: 375–390.

21 Sokolowski T., 2009. – Development of relief of the Velyky Lukavets River valley near Starunia palaeontological site (Carpathian region, Ukraine). Annales Societatis Geologorum Poloniae, 79: 243–254.

22 Sokolowski T., Stachowicz-Rybka R., 2009. Chronostratigraphy and changes of environment of Late Pleistocene and Holocene at Starunia palaeontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine). Annales Societatis Geologorum Poloniae, 79: 315–331.

23 Swiderski E. 1938. Geomorfologia Czarnohorz. Warszawa.

24 Tiessuyre H., 1933. Spaczenie teras wschodniopolskiego Podkarpacia w stosunku do kuminacyj fliszu obwodowego. Geologia i Statystyka Naftowa, 8: 80–81.

25 UNESCO Geoparks Program – a new initiative to promote a global network of geoparks safeguarding and developing selected areas having significant geological features // Hundred and fifty-sixty session. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: Executive Board. – Paris, 1999. – S. 1–4.

Надійшла до редакції 14 травня 2019 р.

*М. М. Лагойда¹, О. Є. Яремко¹,
Л. М. Архипова²*

¹Мала академія наук України

*²Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ТЕНДЕНЦІЇ ЧАСОВОГО РОЗПОДІЛУ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НА ТЕРИТОРІЇ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Метою дослідження є встановлення тенденцій і закономірностей просторово-часового розподілу кліматичних показників на території Івано-Франківської області шляхом статистичної обробки матеріалів метеорологічних спостережень. За допомогою програмного продукту Caterpillar SSA 3.40 метод сингулярного спектрального аналізу був апробований для прогнозних моделей динаміки гідротермічного коефіцієнта по Івано-Франківській області й відхилення від норми сумарної річної кількості опадів та середньорічної температури повітря за даними метеостанцій Івано-Франківської області за період 1990–2018 рр. на прогнозну перспективу до 2028 р.

Новизна наукової роботи полягає в тому, що дістало подальшого розвитку дослідження тенденцій і закономірностей змін клімату для території Івано-Франківської області шляхом встановлення прогнозної динаміки показників температури та місячних сум опадів, що ґрунтується на обробці багаторічних матеріалів метеорологічних спостережень метеостанцій Яремче, Пожижевська, Коломия, Івано-Франківськ та Долина.

Побудовані методом сингулярного спектрального аналізу прогнозні моделі відхилення від норми кліматичних показників на період до 2028 р. доводять, що глобальне потепління клімату для території Івано-Франківської області приведе до підвищення температурних показників, збільшення кількості опадів та зниження гідротермічного коефіцієнта. Гідротермічний показник має поступову тенденцію до зменшення, що підтверджує загальні кліматичні зміни в Івано-Франківській області. Однак значення ГТК на прогнозний період залишатимуться значно вищими від одиниці, отже, посухи Івано-Франківській області не загрожують.

Результати досліджень можуть бути використані для прогнозних оцінок змін кліматичних параметрів у межах області для прийняття рішень адаптації до глобальних кліматичних змін, у навчальному процесі.

Ключові слова: кліматичні зміни, прогнозні моделі, гідротермічний коефіцієнт.

Постановка проблеми. Дослідження питань глобальних змін клімату є актуальним на рівні одиниць адміністративного поділу для зменшення негативних наслідків. Предметом дослідження вибрано тенденції і закономірності змін кліматичних показників у межах Івано-Франківської області, зокрема просторово-часовий розподіл опадів та температури в області, територія якої належить до паводконебезпечних. Розподіл атмосферних опадів та температури повітря в межах області має специфічні особливості у зв'язку з наявністю рівнинної і гірської частин. Тому дослідження тенденцій прогнозних змін і закономірностей кліматичних характеристик на території Івано-Франківської області є актуальним науково-практичним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підписання Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату представниками 175 країн свідчить про те, що зміна клімату є значною загрозою навколишньому середовищу та економічному розвитку. Дослідженню змін клімату присвячено велику кількість робіт науковців, однак локальні тенденції можуть відрізнятися від глобальних [1–4]. Аналіз попередніх досліджень дозволяє констатувати недостатню вивченість багаторічних змін клімату та його наслідків для Івано-Франківської області [4–6].

Постановка завдання. Метою дослідження є встановлення тенденцій і закономірностей просторово-часового розподілу кліматичних показників на території Івано-Франківської області шляхом статистичної обробки матеріалів метеорологічних спостережень. Для досягнення мети ми визначили такі завдання: узагальнити наукові розвідки за темою дослідження; проаналізувати матеріали метеорологічних спостережень із метеостанцій Івано-Франківської області; провести їхню статистичну обробку з визначенням відхилень від норми показників температури та опадів, виконати часовий прогноз розподілу опадів, температури та гідротермічного коефіцієнта.

Виклад основного матеріалу. Річний хід температур в Івано-Франківській області характеризується невисокими амплітудами в літні місяці і порівняно високими взимку. Вони також суттєво відрізняються в гірських районах і на рівнинах. Так, середні температури липня для Подільської і Передкарпатської частин області становлять 18–18,5°C, а в масиві Чорногора, на висоті понад 1800 м, – від 9 до 11°C. Тобто на кожні 100 м висоти температура знижується в середньому на 0,7°C [2]. У січні менша відмінність між середньомісячними температурами у горах і на рівнинах, відповідно 7–7,6°C і 4,5–5,0°C нижче від нуля [3].

Максимальні температури (понад +38°C) спостерігалися у східній частині області, зокрема, на метеорологічній станції в Коломиї. У горах найвища температура +27 °C зафіксована на схилі Чорногірського хребта станцією Пожижевська (висота – 1450 м). Мінімальні температури для цієї ж метеорологічної станції становлять – 28°C , а для Коломиї – -36°C [2].

Амплітуда середніх температур на рівнинних територіях області, а отже, і ступінь континентальності повітря збільшується в напрямку на південний схід. У Карпатах континентальність згладжується і середні річні амплітуди температур не перевищують 21°C [3].

Для визначення особливостей просторово-часового розподілу опадів та температури на території Івано-Франківської області, проаналізовано дані з метеостанцій Коломия (297 м над рівнем моря), Яремче (531 м над рівнем моря), Пожижевська (1450,8 м над рівнем моря), Івано-Франківськ (280 м над рівнем моря) та Долина (470 м над рівнем моря).

Норма опадів на метеостанції Коломия (297 м) становить 699 мм. Ми проаналізували дані з метеостанції, розрахували відхилення від норми опадів і виявили тенденцію до підвищення річної кількості опадів (рис. 1). Протягом 1990–2018 рр. середньо-багаторічна кількість опадів збільшилась на 13 мм щодо норми. Найбільш посушливими були 1990, 2003 та 2011 роки, а найбільш вологими – 2001, 2008 та 2010 роки.

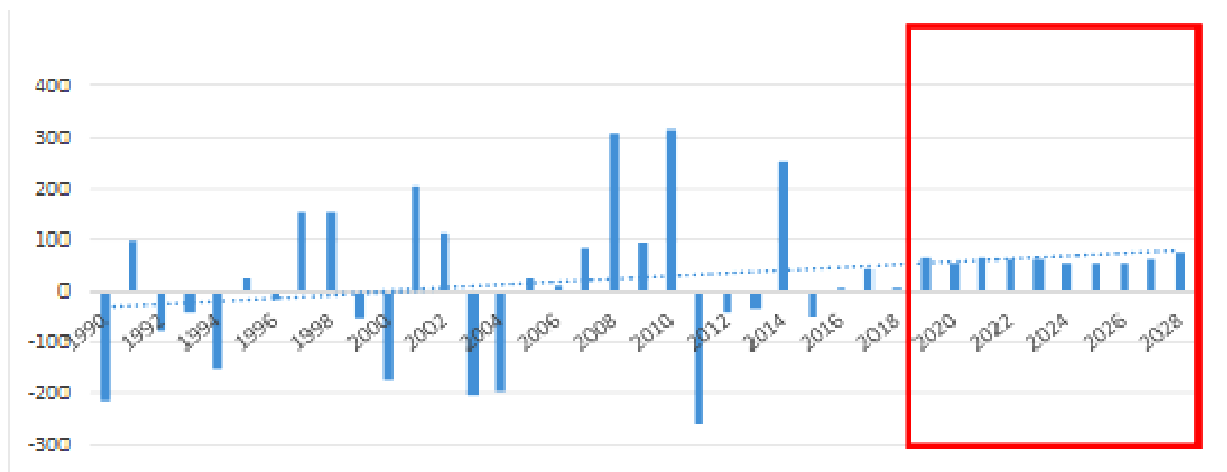


Рис. 1. Прогнозна модель динаміки відхилення від норми сумарної річної кількості опадів (мм) для метеостанції Коломия до 2028 р.

Щодо температури повітря, то норма для метеостанції Коломия становить 7,1°C. Було також розраховано відхилення від температурної норми і виявлено тенденцію до підвищення температури. Протягом 1990–2018 рр. середньо-багаторічна температура збільшилась на 0,96°C відносно норми (рис. 2). У період з 1990 до 2018 рр. температура повітря була вища за норму всі роки, не враховуючи 1993 р. та 1996 р.

Норма опадів для метеостанції Яремче становить 931 мм. Було проаналізовано дані з метеостанції, розраховано відхилення від норми опадів і виявлено тенденцію до підвищення річної кількості опадів. Протягом багаторічного циклу середньо-багаторічна кількість опадів збільшилась на 69 мм відносно норми. Найбільш посушливими були 1990, 2000, 2012 та 2013 роки, а найбільш вологими – 1998, 2001, 2008 та 2010 роки.

Щодо температури повітря, то норма для метеостанції Яремче становить 6,9°C. Було також розраховані відхилення від температурної норми і була виявлена тенденція до підвищення температури. Протягом 1990–2018 рр. середньо-багаторічна температура збільшилась на 1,11°C щодо норми. У період з 1990 до 2018 рр. майже кожного року (крім 1991 р., 1994 р., 1996 р., 1997 р.) температура повітря була вищою від норми.

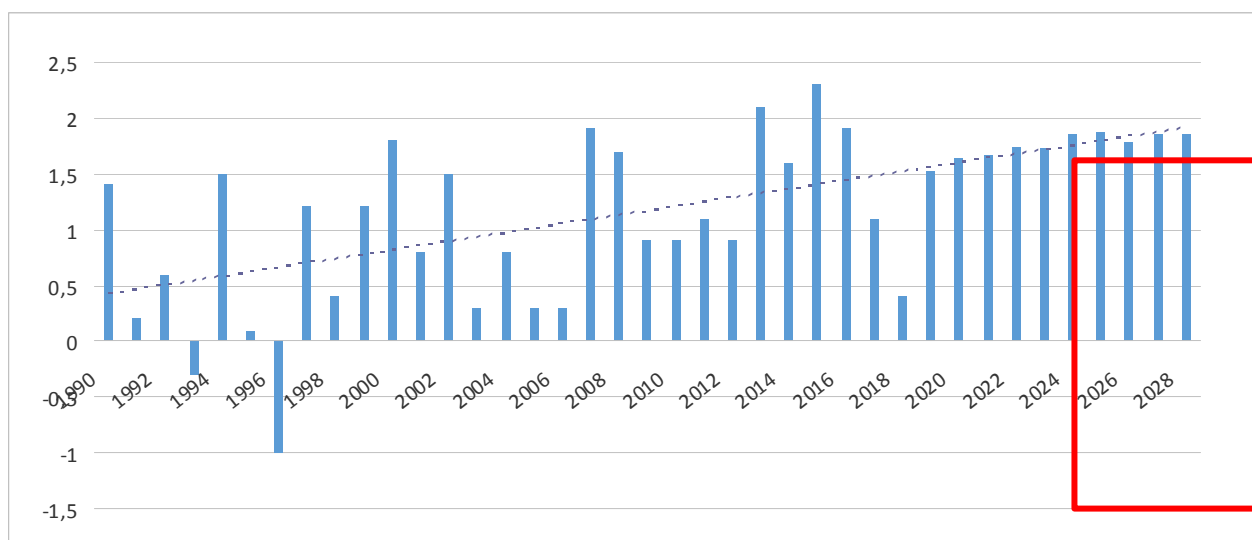


Рис. 2. Прогнозна модель динаміки відхилення від норми середньорічної температури для метеостанції Коломия до 2028 р.

Норма опадів для метеостанції Пожижевська становить 1423 мм. Було проаналізовано дані з метеостанції, розраховано відхилення від норми опадів і виявлено тенденцію до підвищення річної кількості опадів (рис. 3). Протягом багаторічного циклу середньо-багаторічна кількість опадів збільшилась на 68 мм щодо норми. Найбільш посушливими були 1990, 2000, 2003 та 2012 роки, а найбільш вологими – 1998, 2008, 2010 та 2017 роки.

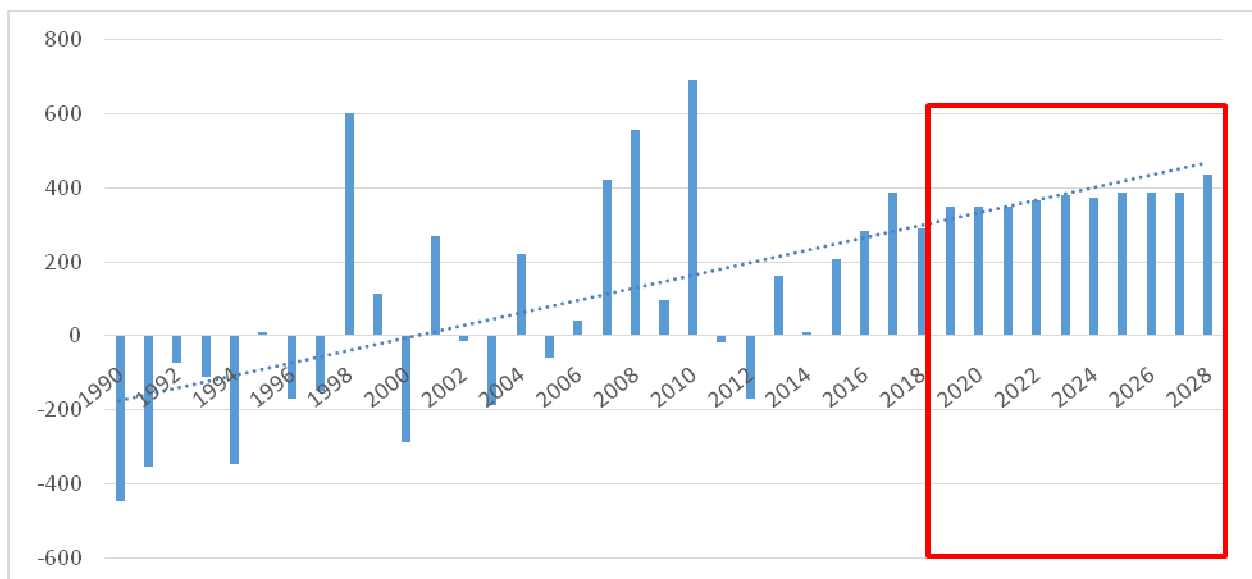


Рис. 3. Прогнозна модель динаміки відхилення від норми сумарної річної кількості опадів для метеостанції Пожижевська до 2028 р.

Щодо температури, то норма для метеостанції Пожижевська складає 2,7°C. Були також розраховані відхилення від температурної норми і була виявлена тенденція до підвищення температури. Протягом багаторічного циклу середньо-багаторічна температура збільшилась на 0,82°C щодо норми (рис. 4). У період за 1990–2018 роки найтеплішими були 2000, 2007, 2008, 2012, 2015 роки.

Норма опадів для метеостанції Івано-Франківськ становить 689 мм. Була виявлена тенденція до підвищення річної кількості опадів. Протягом багаторічного циклу середньо-багаторічна кількість опадів збільшилась на 5 мм щодо норми. Найбільш посушливими були 1990, 1994, 1995 та 2011 роки, а найбільш вологими – 1998, 2008, 2010 та 2016 роки.

Щодо температури, то норма температури складає 7,9°C. Ми також розраховали відхилення від температурної норми і виявили тенденцію до підвищення температури. Протягом 1990–2018 рр. середньо-багаторічна температура збільшилась на 0,15°C щодо норми. У період за 1990–2018 роки найтеплішими були 2000, 2007, 2015 та 2016 роки.

Норма опадів для метеостанції Долина становить 890 мм. Було проаналізовано дані з метеостанції, розраховано відхилення від норми опадів і виявлено тенденцію до підвищення річної кількості опадів. Протягом 1990–2018 рр. середньо-багаторічна кількість опадів збільшилась на 8 мм щодо норми. Найбільш посушливими були 1990, 1994, 2000 та 2003 роки, а найбільш вологими – 1998, 2001, 2008 та 2010 роки.

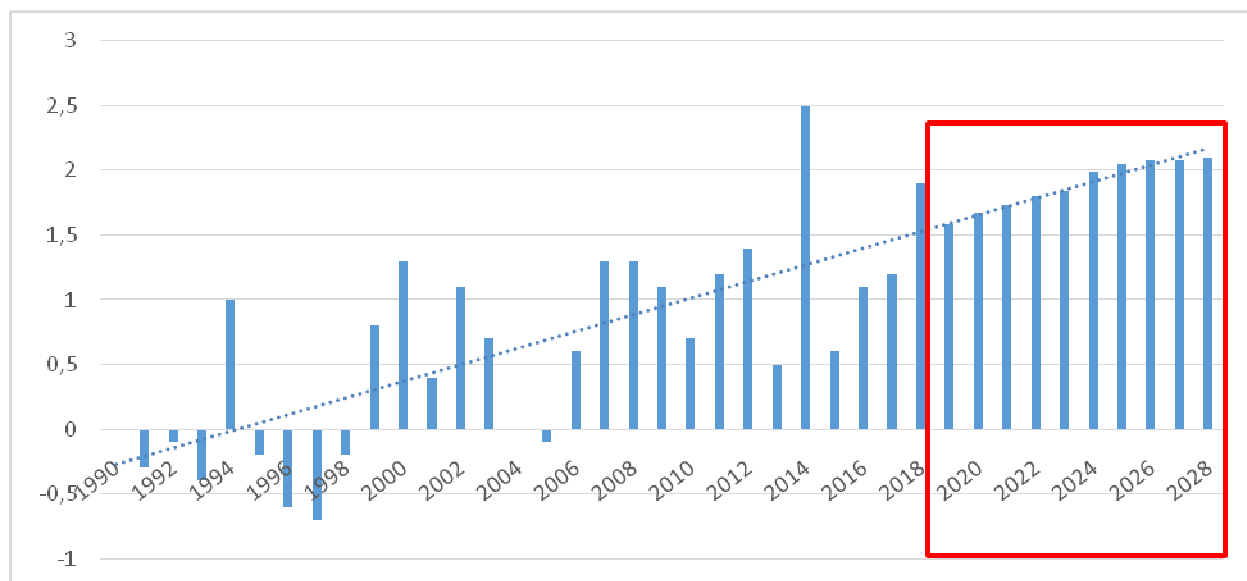


Рис. 4. Прогнозна модель динаміки відхилення від норми середньорічної температури для метеостанції Пожижевська до 2028 р.

Щодо температури, то норма температури складає $7,2^{\circ}\text{C}$. Було проаналізовано дані з метеостанції, розраховано відхилення від норми температури і виявлено тенденцію до її підвищення. Протягом 1990–2018 рр. середньо-багаторічна температура збільшилась на $0,45^{\circ}\text{C}$ щодо норми. У період за 1990–2018 роки найтеплішими були 2000, 2007, 2015 та 2016 роки.

Отже, аналіз статистичних даних місячних і річних сум опадів та середньомісячних і середньорічних температур повітря за період 1990–2018 рр. з існуючих 5 метеостанцій Івано-Франківської області підтверджує глобальні кліматичні зміни, що проявляються у неухильному збільшенні середньорічної температури та середньобагаторічної кількості опадів.

Дослідження щодо підвищення температури повітря підтверджують відомі процеси зміни клімату у межах Європи.

Тенденцію щодо підвищення кількості опадів у межах Івано-Франківської області, на нашу думку, можна пояснити таким чином. Коефіцієнт зволоження на території Івано-Франківської області дорівнює або більший від одиниці. Із зростанням температури підвищується випаровування з підстильної поверхні, отже, збільшується вологовміст повітря, і, як наслідок, кількість опадів. Згідно з проведеними дослідженнями більший приріст опадів порівняно з нормою спостерігається в гірській місцевості, менший – у рівнинній.

Для прогнозування динаміки відхилення від норми сумарної річної кількості опадів по метеостанціях області було застосовано метод сингулярного спектрального аналізу Singular spectrum analysis (SSA), який покладений в основу програмного продукту Caterpillar SSA 3.40. Метод ґрунтується на дослідженні часового ряду методом головних компонент, дозволяє досліджувати структуру часового ряду, виділяти деякі його складники та прогнозувати як сам ряд, так і тенденції розвитку його складових. Метод поєднує в собі елементи класичного аналізу часових рядів, багатовимірної статистики, багатовимірної геометрії, динамічних систем та обробки сигналів. Цей метод широко застосовують для дослідження та прогнозування гідрометеорологічних часових рядів [4].

У межах проведеної наукової роботи за допомогою програмного продукту Caterpillar SSA 3.40 цей метод був апробований для прогнозних моделей динаміки відхилення від норми сумарної річної кількості опадів за даними метеостанцій Івано-Франківської області за період 1990–2018 рр. на прогнозу перспективу до 2028 р. Приклади подані на рис. 1, 3 для метеостанцій Пожижевська і Коломия.

Згідно з отриманими результатами, на всіх метеостанціях Івано-Франківської області (окрім

метеостанції Яремче) спостерігається чітка позитивна тенденція змін у кількісному вираженні на прогнозований період відхилення від норми сумарної річної кількості опадів. На метеостанції Яремче спостерігається не зовсім чітка негативна тенденція змін у кількісному вираженні на прогнозований період відхилення від норми сумарної річної кількості опадів, проте відхилення від норми буде залишатися все ж таки додатним (рис. 5).

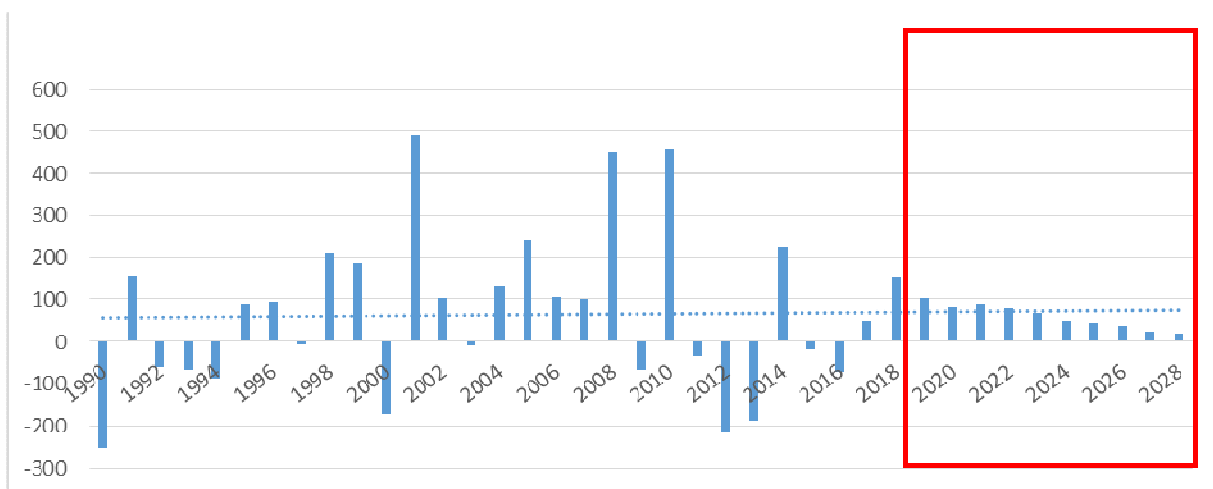


Рис. 5. Прогнозна модель динаміки відхилення від норми сумарної річної кількості опадів для метеостанції Яремче до 2028 р.

У межах проведеного наукового дослідження за допомогою програмного продукту Caterpillar SSA 3.40 цей метод був апробований також і для прогнозних моделей динаміки відхилення від норми середньорічної температури повітря за даними метеостанцій Івано-Франківської області за період 1990–2018 рр. на прогнозу перспективу до 2028 р. Приклади подані на рис. 2, 4 для метеостанцій Пожижевська і Коломия.

Згідно з отриманими результатами, на всіх метеостанціях Івано-Франківської області спостерігається чітка позитивна тенденція змін у кількісному вираженні на прогнозований період відхилення від норми середньорічної температури повітря.

За допомогою гідротермічного коефіцієнту ми перевірили отримані прогнози моделі.

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) увів Селянинов Г. Т. у 30-ті роки ХХ століття і став найпопулярнішим показником посух у вітчизняній агрометеорології та досі має широке застосування, незважаючи на появу нових індексів [5]. Гідротермічний коефіцієнт для окремих станцій (точок) обчислюють за формулою:

$$ГТК = \frac{\sum R}{0,1 \sum t},$$

де $ГТК$ – гідротермічний коефіцієнт;

$\sum R$ – сума місячних опадів (у період вегетації);

$\sum t$ – сума температур повітря за період із середньодобовими температурами, вищими ніж 10°C (у межах того ж періоду вегетації).

Розрахунок ГТК обмежений вегетаційним періодом. Селянинов Г. Т. вважав, що сума температур повітря близька до випаровування з оптимально зволоженого поля і може братися за величину максимально можливого випаровування, тобто за випаровуваність. До того ж, у літні місяці суми температур повітря, поділені на 10, добре збігаються з сумами випаровуваності за місяць, виміряної евапорометром Вільда. ГТК характеризує не тільки припливну частину водного балансу – опади, але й непродуктивне витрачання вологи, пов'язане з випаровуваністю з поверхні ґрунту і рослин [5].

Аналіз просторово-часового розподілу ГТК для території України, виконаний у кліматичний період 1960–1990 рр., дозволив встановити середні характеристики цього параметра протягом вегетаційного сезону. Так, у роботі показано, що для середніх обласних значень ГТК характерно їхнє зменшення із заходу та північного заходу на південь і південний схід. У Поліссі ГТК змінюється від 1,6 (Житомирська область) до 1,2 (Сумська область). У Карпатах значення ГТК максимальні та досягають 2,5. У західних областях Лісостепу ГТК коливається в межах 1,4–1,7, у східних районах ГТК зменшується до 1,0. У північному Степу значення ГТК дорівнюють 0,8–1,0.

У південному Степу ГТК змінюється від 0,7 в Херсонській області до 0,9 в Миколаївській області [6].

Загалом на цей час використовуються такі критерії ГТК для визначення інтенсивності атмосферних посух в Україні: 0,7–1,0 – помірна посуха; 0,5–0,7 – сувор посуха; 0,3–0,5 – дуже сувор посуха [5].

У процесі аналізу структури агро-кліматичних ресурсів Івано-Франківщини було виділено два райони: гірський та рівнинний [6].

З огляду на зазначене вище, ми вирішили спрогнозувати динаміку гідротермічного коефіцієнта для метеостанцій Івано-Франківськ та Долина, які уособлюють рівнинну та гірську частини області відповідно. Для вирішення цього завдання ми розрахували значення гідротермічного коефіцієнта для метеостанцій Івано-Франківськ і Долина та скористалися методом сингулярного спектрального аналізу. За допомогою програмного продукту Caterpillar SSA 3.40 цей метод був також апробований і для прогнозних моделей динаміки гідротермічного коефіцієнта за період 1990–2018 рр. на прогнозну перспективу до 2028 р. на території Івано-Франківської області (рис. 6, 7).

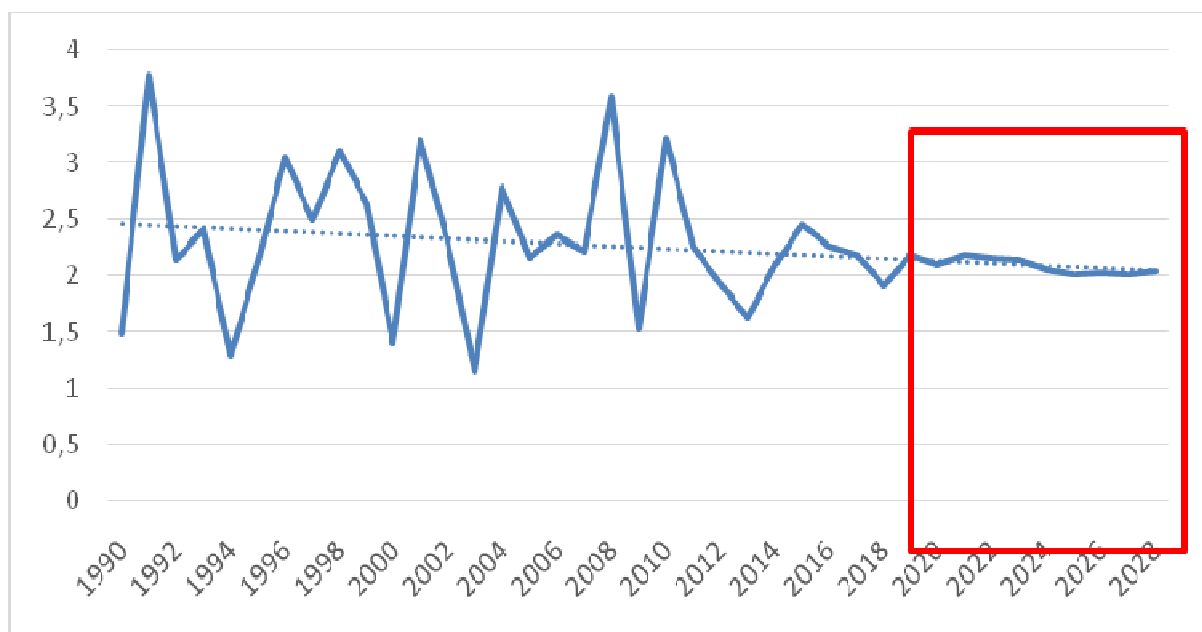


Рис. 6. Прогнозна модель гідротермічного коефіцієнта для гірської частини Івано-Франківської області

Отож у прогнозований період гідротермічний показник має поступову тенденцію до зменшення, що підтверджує загальні кліматичні зміни, пов'язані з глобальним потеплінням в Івано-Франківській області. Однак значення ГТК на прогнозний період залишатимуться значно вищими від одиниці, отже, посухи Івано-Франківській області не загрожують.

Загалом у прогнозований нами період гідротермічний коефіцієнт буде нижчим у рівнинному районі (Галицький, Городенківський, Калуський, Коломийський, Рогатинський, Снятинський, Тисменицький та Тлумацький райони), ніж у гірському (Богородчанський, Верховинський, Долинський, Косівський, Надвірнянський та Рожнятівський райони).

Висновки. У межах проведеного наукового дослідження за допомогою програмного продукту Caterpillar SSA 3.40 метод сингулярного спектрального аналізу був апробований для прогнозних моделей динаміки гідротермічного коефіцієнта по Івано-Франківській області та відхилення від норми сумарної річної кількості опадів та середньорічної температури повітря за даними метеостанцій Івано-Франківської області за період 1990–2018 рр. на прогнозну перспективу до 2028 р.

Гідротермічний показник має поступову тенденцію до зменшення, що підтверджує загальні кліматичні зміни, пов'язані з глобальним потеплінням в Івано-Франківській області. Однак значення ГТК на прогнозний період залишатимуться значно вищими від одиниці, отже, посухи Івано-Франківській області не загрожують.

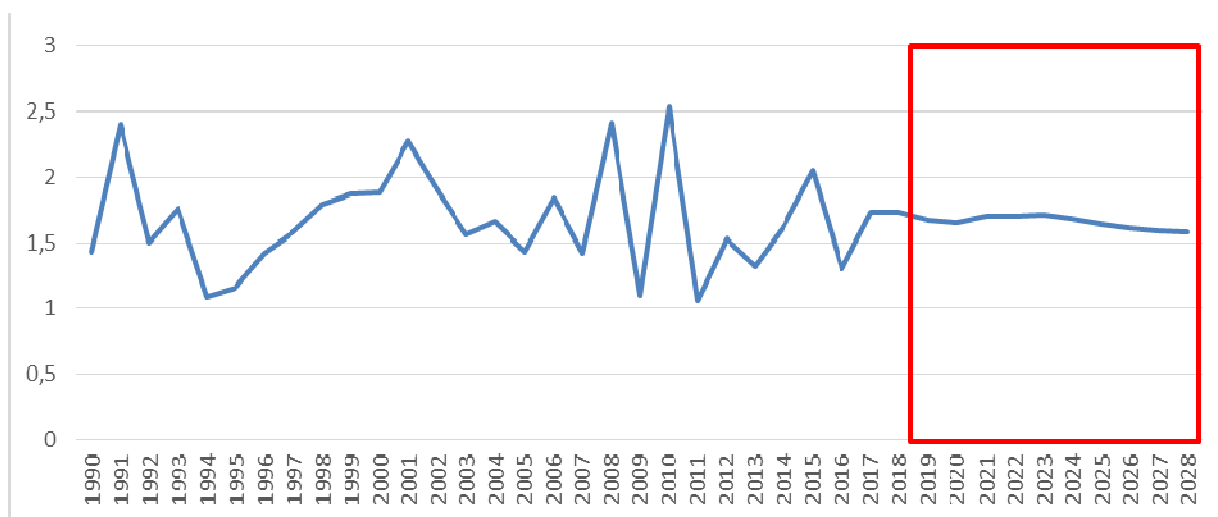


Рис. 7. Прогнозна модель гідротермічного коефіцієнта для рівнинної частини Івано-Франківської області

Побудовані прогнозні моделі відхилення від норми кліматичних показників на період до 2028 р. доводять, що глобальне потепління клімату для території Івано-Франківської області приведе до підвищення температурних показників, збільшення кількості опадів та зниження гідротермічного коефіцієнта.

Література

1 Arkhypova L. M. Forecasting water bodies hydrological parameters using singular spectrum analysis/L. M. Arkhypova, S. V. Pernerovska // Scientific bulletin of National Mining University. Scientific and technical journal number. – 2015. – № 2 (146). – P. 45–50.

2 Cherenkova E. Drought and grain crop yields over the East European Plain under influence of quasibiennial oscillation of global atmospheric processes / E. Cherenkova, I. Semenova, M. Bardin, A. N. Zolotokrylin // 208 International Journal of Atmospheric Sciences. – 2015. – Vol. 2015, Article ID 932474. – 11 pages. DOI:10.1155/2015/932474.

3 Dai A. Drought under global warming: a review / A. Dai // Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. – 2011. – Vol. 2 (1). – P. 45–65.

4 Корчемлюк М. В. Екологічні наслідки глобальних кліматичних змін [Текст] / М. В. Корчемлюк, М. М. Приходько, Л. М. Архипова // Науковий вісник ІФНТУНГ : науково-технічний журнал. – 2016. – № 1 (13). – С. 120–129.

5 Киналь О. Клімат східної частини Прут – Дністровського межиріччя (в межах Чернівецької області) [Текст] / О. Киналь // Науковий вісник Чернівецького університету. – 2006. – № 305. – С. 197–205.

6 Karnieli A. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations / A. Karnieli, N. Agam, R.T. Pinker, M. Anderson [et al.] // J. Climate. – 2010. – Vol. 23. – P. 618–633.

7 Корчемлюк М. В. Вплив змін клімату на водний режим гірської частини басейну р. Прут [Текст] / М. В. Корчемлюк, М. М. Приходько, Л. М. Архипова // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – Вип. 1 (6). – С.118–128.

8 Мартазінова В. Зміни в кліматі України [Текст] / В. Мартазінова // Географія та основи економіки в школі. – 2002. – № 1 (25). – С. 31–33.

9 Hryniuk V. I. Regularity of effects of climatic changes on quality indicators of surface water of the Dnister basin /V. I. Hryniuk, L. M. Arkhypova// Naukovyi Visnyk NHU. – 2018. – № 3 (165). – P. 125–133

10 Семенова, І. Г. Синоптичні та кліматичні умови формування посух в Україні [Текст] : монографія / Одеський державний екологічний університет. – Х. : ФОП Панов А. М., 2017. – 236 с.

11 Singh R.P. Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India / R.P. Singh, S. Roy, F. Kogan // Int. J. Remote Sensing. – 2003. – Vol. 24, No. 22. – P. 4393–4402.

12 Semenova I. G. Regional atmospheric blocking in the drought periods in Ukraine / G. Semenova // Journal of Earth Science and Engineering. – 2013. – Vol. 3 (5). – P. 341–348.

M. Lahoida¹, O. Yaremko¹, L. Arkhypova²

¹Small Academy of Sciences of Ukraine

*²Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas*

TENDENCIES OF THE TIME DISTRIBUTION OF CLIMATIC INDICATORS IN IVANO-FRANKIVSK OBLAST

The purpose of the study is to define the trends and regularities of the spatial and temporal distribution of climatic indicators in Ivano-Frankivsk oblast by means of statistical processing of the meteorological observations data. With the help of the software product Caterpillar SSA 3.40, the singular spectrum analysis method was tested for the forecasting models of the hydrothermal coefficient dynamics in Ivano-Frankivsk oblast and the deviations of the total annual amount of precipitation and the average annual air temperature according to the data of the meteorological stations of Ivano-Frankivsk oblast for the period of 1990-2018 and for the forecasting perspective up to 2028.

The novelty of research work is that it has further developed the research of trends and regularities of climate changes for the territory of Ivano-Frankivsk oblast by means of defining the forecasting dynamics of temperature and monthly rainfall data, based on the processing of multi-year meteorological observations of the meteorological stations in Yaremche, Pozhyzhevska, Kolomyia, Ivano-Frankivsk, and Dolyna.

The forecasting models of deviations of climatic indicators for the period up to 2028, developed according to the singular spectrum analysis method, prove that the global warming on the territory of Ivano-Frankivsk oblast will increase the temperature indexes and the amount of precipitation and reduce the hydrothermal coefficient. The hydrothermal coefficient has a gradual tendency to decrease, which substantiates the general climate changes in Ivano-Frankivsk oblast. However, the values of the hydrothermal coefficient in the forecast period will remain much higher, and therefore droughts do not threaten Ivano-Frankivsk oblast.

The research results can be used for the estimations of future changes in climate parameters within the region in order to make decisions for adaptation to global climate changes and in the educational process.

Key words: climate changes, forecasting models, hydrothermal coefficient.

References

- 1 Arkhypova L. M. Forecasting water bodies hydrological parameters using singular spectrum analysis/L. M. Arkhypova, S.V. Pernerovska // Scientific bulletin of National Mining University. Scientific and technical journal number. – 2015. – № 2 (146). – P.45–50.
- 2 Cherenkova E. Drought and grain crop yields over the East European Plain under influence of quasibiennial oscillation of global atmospheric processes / E. Cherenkova, I. Semenova, M. Bardin, A. N. Zolotokrylin // 208 International Journal of Atmospheric Sciences. – 2015. – Vol. 2015, Article ID 932474. – 11 pages. DOI:10.1155/2015/932474.
- 3 Dai A. Drought under global warming: a review / A. Dai // Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. – 2011. – Vol. 2 (1). – P. 45–65.
- 4 Korchemliuk M. V. Ekolohichni naslidky hlobalnykh klimatychnykh zmin [Tekst]/ M.V.Korchemliuk, M.M.Prykhodko, L.M. Arkhypova // Naukovyi visnyk IFNTUNH: naukovotekhnichniy zhurnal. – 2016. – № 1 (13). – P. 120–129.
- 5 Kynal O. Klimat skhidnoi chastyny Prut – Dnistrovskoho mezhyrichchia (v mezhakh Chernivetskoj oblasti) [Tekst] / O. Kynal // Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu. – 2006. – № 305. – P.197–205.
- 6 Karnieli A. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations / A. Karnieli, N. Agam, R.T. Pinker, M. Anderson [et al.] // J. Climate. – 2010. – Vol. 23. – P. 618–633.
- 7 Korchemliuk M.V. Vplyv zmin klimatu na vodnyi rezhym hirskei chastyny baseinu r. Prut [Tekst] / M. V. Korchemliuk, M. M. P. rykhodko, L. M. Arkhypova // Problemy heomorfolohii i

paleoheohrafiï Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii – Lviv: LNU imeni Ivana Franka, 2016. – Vyp. 1(6). – P.118–128

8 Martazinova V. Zminy v klimati Ukrainy [Tekst] / V. Martazinova // Heohrafiia ta osnovy ekonomiky v shkoli. – 2002. – № 1 (25). – P.31–33.

9 Hryniuk V. I. Regularity of effects of climatic changes on quality indicators of surface water of the Dnister basin /V.I. Hryniuk, L. M. Arkhypova// Naukovyi Visnyk NHU. – 2018. – № 3 (165). – P.125–133

10 Semenova, I. H. Synoptychni ta klimatychni umovy formuvannya posukh v Ukraini [Tekst] : monohrafiia / Odeskyi derzhavnyi ekolohichnyi universytet. – Kh. : FOP Panov A.M., 2017. – 236 p.

11 Singh R.P. Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India / R.P. Singh, S. Roy, F. Kogan // Int. J. Remote Sensing. – 2003. – Vol. 24, No. 22. – P. 4393– 4402.

12 Semenova I.G. Regional atmospheric blocking in the drought periods in Ukraine / I.G. Semenova // Journal of Earth Science and Engineering. – 2013. – Vol. 3 (5). – P. 341–348.

Надійшла до редакції 25 квітня 2019 р.

ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

UDC 502/504

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-1(19)-43-52

*Stephen S. Aderemi,
Kelechi L. Njoku, Adeola A. Adesuyi
University of Lagos, Akoka, Nigeria*

THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION (EMR) FROM LAPTOP ON REPRODUCTIVE HORMONES, SPERM QUALITY AND PROSTATE SPECIFIC ANTIGEN OF MALE ALBINO RATS (*RATTUS NORVEGICUS*)

Humans in modern society are exposed to an ever-increasing number of electromagnetic fields (EMFs) generated from the production and supply of electricity, television sets, personal computer (PC), radio communication, and mobile communication, hence, it has become a public health issue. This study was conducted to evaluate the effects of electromagnetic radiation (EMR) emitted from new generation laptop computers on sperm quality and reproductive hormone of male albino rats. Male albino rats (10-12 weeks old) were exposed to RF-EMR from laptop computers which were grouped based on different exposure period (2 hours, 4 hours, 6 hours and 8 hours) for 4 weeks. The semen samples were obtained by caudal puncture of the epididymis from each participant for sperm quality analysis and blood was collected by cardiac puncture for hormonal analysis using the chemiluminescent microparticles immunoassay method. The analysis of variance was done for the hormonal concentration and sperm quality parameters to check for the significance difference at 5% level of significance. The Dunnett's multiple comparison test was done to test for significance comparison of radiation exposed groups and the control group. Exposure to laptop computer display unit was associated with significant reduction in sperm motility, sperm viability and sperm count ($P < 0.0001$), testosterone level ($P < 0.001$), follicle stimulating hormone level ($P < 0.01$). For the sperm morphology, there was no significant difference in the normal cells for the experimental setup, however, the appearance of abnormal cells in the exposed rats (2-8 hrs) were significant ($P \leq 0.001$). This study therefore showed that EMR from a charging laptop can significantly affect semen quality, male fertility and rendered instability of the male reproductive hormone with no effect on prostrate specific antigens.

Keywords: Radio-frequency electromagnetic radiation, computer display units, reproductive hormones, sperm quality, prostate specific antigen.

Problem statement. During the past several decades, many reports have suggested that the quality of semen in healthy men is declining (Rolland et al., 2013). In 2000, Swan et al. reported that there was a large annual decline in sperm concentration in European men (2.3%) and a smaller decline in US men (0.8%). The factors leading to changes in human semen quality may be very complex; such as environmental pollutants, seasonal variations and increased stress may be critical risk factors (Gollenberg et al., 2010; Pant et al., 2011; Zhang et al., 2013). Human exposure in modern society to electromagnetic fields (EMFs) comes from many sources, and situations are different in people's everyday lives. EMFs emanate from power lines, computer devices, televisions, radios, and telephones (Asghari et al., 2016). Extremely low frequency (ELF)-EMFs have 3 to 30 Hz frequencies and are generated from military communication. The EMFs to which humans are most frequently exposed are the 50 to 60 Hz super low frequency (SLF) EMFs generated from power cables for industrial and household electrical supplies and electronic goods. Very low frequency (VLF) EMFs with 3 to 30 kHz frequency are generated from PC monitors or TV sets. EMFs from TVs or PCs have a 6.25 μ T intensity with a 20 kHz frequency (Gye and Park, 2012). The use of computer has increased exponentially and become an important part of everyday life throughout the world. It has become an indispensable device in our daily life, offering flexibility and mobility to users.

A growing concern for their possible adverse effects on human health evokes a flurry of scientific activity to evaluate this dilemma. EMFs can have devastating effects on tissue with high concentrations of

electrons and ions. EMFs that cause changes in the behavior of cells and tissues alter the function of the cardiovascular system, and bone marrow (SCENIHR, 2015; Asghari et al., 2016). Under the influence of these fields, the balance of the CNS and the hormonal and respiratory systems become weak, resulting in decreased activity of the mentioned organs (Sobel et al., 1996; Harrington et al., 1997). Decline in male fertility has been attributed to the direct or indirect exposure to certain environmental factors such as RF-EMR (Agarwal et al., 2008; Otitoloju et al., 2010). Extremely low frequency magnetic fields have also been reported to initiate a number of biochemical and physiological alterations in biological systems of different species (Cuccurazzu et al., 2010; Volkow et al., 2011).

Many recent studies have raised questions regarding the safety of such RF-EMR exposure. Microwaves generated by mobile phones have been linked to several genetic defects (Aitken et al., 2005; Mailankot et al., 2009). According to the WHO's International Agency for Research on Cancer (IARC), RF-EMR fields have been classified as possibly carcinogenic to humans on the basis of an increased risk for brain glioma that some studies have associated with the use of wireless phones (Baan et al., 2011). Research also suggests that microwave radiation from mobile phones may induce chromosomal instability and also increased cancer risk (Sykes et al., 2001; Mashevich et al., 2003). Since radiation affects the biological materials posed by depositing energy at molecular levels, hence their stochastic and non stochastic effects might be important at sub-cellular levels (Meo et al., 2013). Hormones and receptors might be the prime targets for the worst possible health hazards to the users of the computers and their generations unborn. Therefore, the alterations caused by RF-EMR on human reproductive organs are plausible. Literatures abound on the hazards of mobile phone radiation on various organs; however, there is paucity of information on the hazards of laptop radiation on reproduction in male. This study is to ascertain the effect of computer laptop radiation on reproduction in male with a special focus on sperm quality, effects on male reproductive hormone and prostate specific antigen of male albino rats.

Materials and methods. Experimental and treatment setup. Thirty Albino male Wistar rats between the ages of 8-10 weeks, weighing from 120-200 g were housed in plastic cages in the animal house of the Department of Cell Biology and Genetics, Faculty of Science, University of Lagos, Nigeria, a well-ventilated room kept at $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ with a 12-hr light-dark cycle. All animals had free access to a standard diet and water given ad libitum. The rats were divided into five groups of six animals each. Group I served as control and was exposed to no computer radiation, while groups II, III, IV and V were exposed to 2 hours, 4 hours, 6 hours and 8 hours laptop computer radiation (in power) for 28 days, respectively. Each rat was sacrificed by cervical dislocation. After dislocation the rat was dissected and the epididymis was punctured to collect sperm and blood was collected by cardiac puncture for hormonal analysis. Ethical approval for this study and procedures was obtained from the Animal Ethics Committee of Lagos University Teaching Hospital, University of Lagos.

Sperm Analysis. Total Sperm count. Sperm suspension was placed on the counting chamber which then spread under the cover slip by capillary action. The counting chamber was then mounted on the slide stage of the microscope and viewed at $\times 40$ magnification. A grid system divided the counting chamber into five major squares each containing 16 smaller boxes. The count included all the sperm cells within the five major squares using the top and right or left and bottom system of counting (Zaneveld and Polakoski, 1977; Verma and Chinoy, 2002).

Sperm Morphology. Sperm morphology was determined by the method of Rouge (2004). Microscope slides and nigrosin-eosin stains were pre-warmed to body temperature. A drop of stain was made onto the end of a slide and a small droplet of semen was pipette next to the stain. The edge of another slide was placed inside the drops of stain and semen, and the slide was rocked back and forth a few times to mix the sperm and stain. A second side was smeared across the surface of the first. The second slide was dried by waving it back and forth in the air. The slide was examined using a bright field microscope X 40 objective lens. Sperm head morphology was classified into normal and abnormal types. The abnormal spermatozoa were classified into two categories: (1) Spermatozoa with defective heads, and (2) Spermatozoa with defective tails.

Sperm Motility. A drop of the semen mixture was placed on a glass slide using 2 ml syringe, the preparation was then placed on a microscope. The motility of epididymal sperm was evaluated microscopically within 2–4 min of their isolation from the caudal epididymis and data were expressed as percentages of progressive motile, non-progressive motile and non-motile spermatozoa. The percentage of motility was evaluated visually at $\times 40$ magnification. Values were scored under progressive movement

sperm cells, non-progressive movement sperm cells and no movement or immotile sperm cells (Sonmez et al., 2007).

Sperm Viability. Epididymis sperm was squeezed onto a microscope slide and its smear was made, two drops of eosin-nigrosin stain were added to it and allowed drying. The slide was examined immediately after drying with bright field optics at $\times 1000$ magnification and oil immersion. The nigrosin provided a dark background that made it easier to discern faintly stained spermatozoa. With bright field optics, live spermatozoa had white heads and dead spermatozoa had heads that were stained red or dark pink. Spermatozoa with a faint pink head were assessed as alive. Stain limited to only a part of the neck region, and the rest of the head area unstained was considered a “leaky neck membrane”, not a sign of cell death and total membrane disintegration. These were classified as alive (Björndahl et al., 2003).

Hormonal Assay. Blood samples were collected by cardiac puncture of each male rat. The serum was separated out and was used to estimate the levels of total testosterone, luteinizing hormone (LH), Follicle stimulating hormone (FSH) and prostate specific antigen concentrations by Chemiluminescent Immunoassay (CLIA) (Basso et al., 2006).

Luteinizing Hormone (LH) Assay. 115 μL of serum was mixed with 6 μL of anti- β LH micro particles; the LH present in the sample bound to the anti- β LH micro particles. The solution was then washed with a wash buffer. 65 μL of anti- α LH was added to the resulting solution. 145 μL of hydrogen peroxide and 165 μL of sodium hydroxide was then added to the reaction mixture; the resulting chemiluminescent reaction was measured as relative light units (RLUs) (Oer et al., 2012). A direct relationship exists between the amount of LH in the sample (measured in mIU/mL) and the relative light units detected by the architect optical system. E.g if chemiluminescent reaction measures sample as 3 R.L.U.s, it will be calculated as $3 \text{ R.L.U.s} = \text{LH (miu/ml)}$, $\text{LH (miu/ml)} = 1/3 \text{ R.L.U.}$; $\text{LH} = 0.3 \text{ min/ml}$ (Oer et al., 2012).

Follicle Stimulating Hormone (FSH) Assay. 75 μL of serum was mixed with 65 μL anti- β FSH coated paramagnetic micro particles. Follicle stimulating hormone present in the sample bound to the anti- β FSH coated micro particles. The solution was then washed with a 2ml wash buffer, 75 μL anti- α FSH acridinium labelled conjugate was added. 145 μL of hydrogen peroxide and 165 μL sodium hydroxide was then added to the reaction mixture; the resulting chemiluminescent reaction was measured as relative light units (RLUs) (Scott, 2007). A direct relationship exists between the amount of follicle stimulating hormone (measured in mIU/mL) in the sample and the relative light units detected by the architect optical system. E.g if chemiluminescent reaction measures sample as 3 R.L.U.s, it will be calculated as $3 \text{ R.L.U.s} = \text{FSH (miu/ml)}$, $\text{FSH (miu/ml)} = 1/3 \text{ R.L.U.}$; $\text{FSH} = 0.3 \text{ min/ml}$ (Scott, 2007).

Testosterone Assay. 150 μL of serum was mixed with 65 μL of anti-testosterone, 75 μL testosterone acridinium and 100 μL testosterone assay diluents. The solution was washed with a 2ml wash buffer. 145 μL of hydrogen peroxide and 165 μL sodium hydroxide was then added to the reaction mixture; the resulting chemiluminescent reaction was measured as relative light units (RLUs) (Scott, 2007). An inverse relationship exists between the amount of testosterone (measured in ng/mL) in the sample and the relative light units detected by the architect optical system. If chemiluminescent reaction measures result as 0.04 R.L.U.s, $0.04 \text{ R.L.U.s} = 1/\text{amt of test}$, concentration of testosterone = 0.04 ng/ml (Scott, 2007).

Total Prostate Specific Antigen Assay. 100 μL of serum was mixed with 65 μL of anti-PSA micro particles. Prostate specific antigen present in the sample bound to the anti-PSA coated micro particles. The solution was washed with a 2ml wash buffer and 75 μL of anti-PSA acridinium was added to the solution. 145 μL of hydrogen peroxide and 165 μL of sodium hydroxide was then added to the reaction mixture; the resulting chemiluminescent reaction was measured as relative light units (RLUs) (Scott, 2007). A direct relationship exists between the amount of total prostate specific antigen (measured in ng/mL) in the sample and the relative light unit detected by the architect optical system (Scott, 2007).

Statistical Analysis. The obtained data were expressed as mean \pm standard error of mean. The analysis of variance for sperm morphology, sperm count and sperm motility, testosterone level, luteinizing hormone, and follicle stimulating hormone was performed using the Graph pad prism, version 7.01 ($p < 0.01, 0.05, 0.001$).

Results and discussion. Figure 1 shows that chronic exposure to RF EMR radiations showed a clear negative impact on the concentration parameters. Sperm samples from 2-hour to 8-hour groups ($P < 0.001$) exhibited a significant lower concentration as compared to the control group. It is evident that sperm counts of various radiation exposure hours with increasing time decreased significantly when compared with the control group. However, the sperm counts for the control and exposed rats were still within the standard range of sperm count for *Rattus norvegicus* (5.8 million/ml – 17.7 million/ml).

For the sperm morphology, in the control sperm samples were all normal (100%), there was no abnormality (fig. 2). Rats exposed to 4 hours of daily exposure had the highest percentage of abnormality (10%). Though, there was no significant difference in the normal cells for the experimental setup, the appearance of abnormal cells in the exposed rats (2 – 8 hrs) was significant ($P \leq 0.001$).

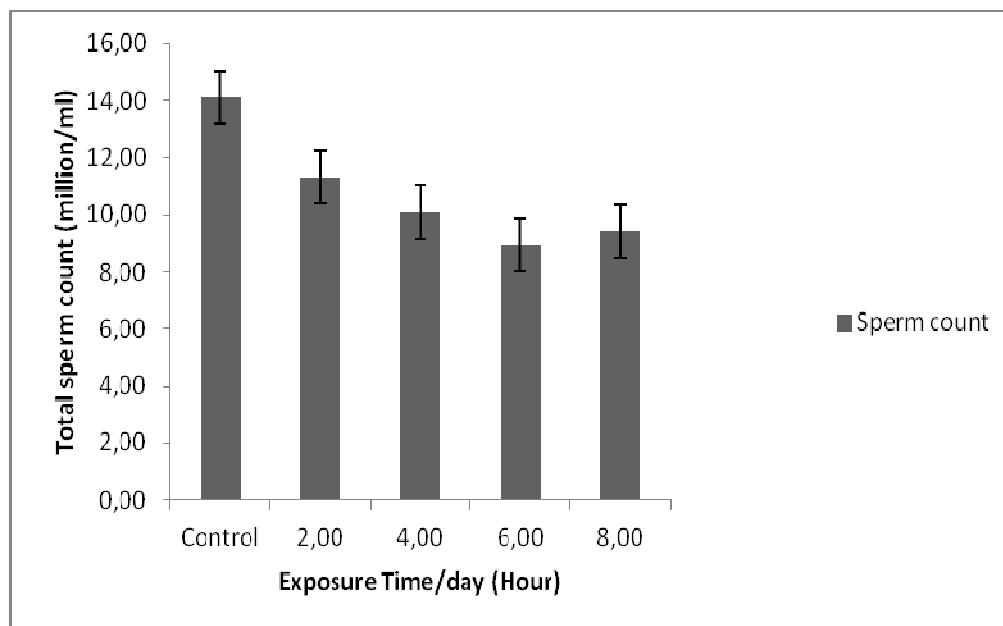


Fig. 1. The sperm count (million/ml) of albino rats exposed to radiation of varying hours for 28 days

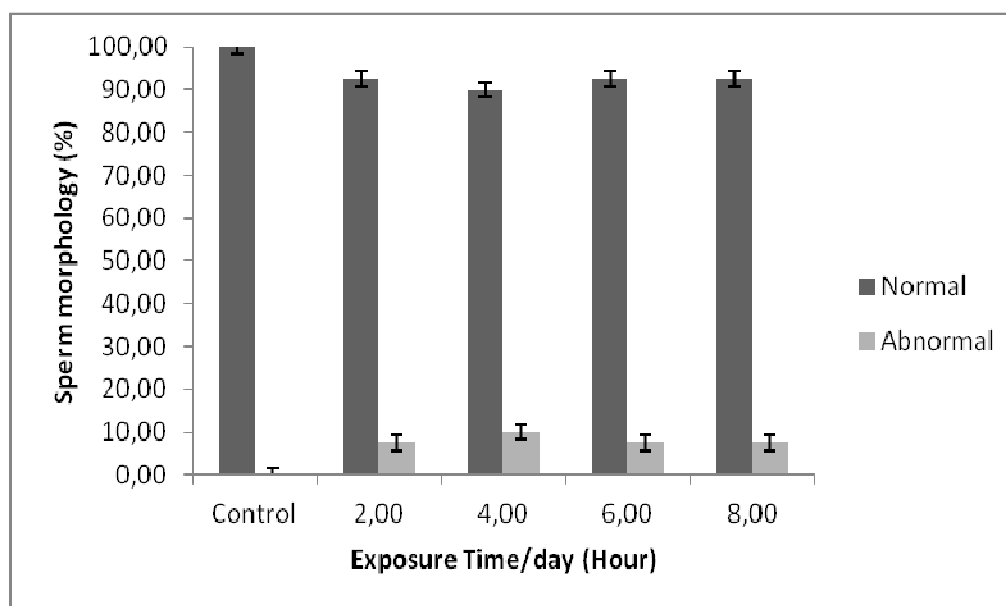


Fig. 2. The sperm morphology (%) of albino rats exposed to radiation of varying hours for 28 days

We also examined the proportion of the different sperm motility grades as shown in fig. 3. There was decrease in mean progressive sperm motility but an increase in the mean non-progressive motility and non-motile sperm cells of the radiation exposed group compared to the control group. For the control group all the sperm cells were motile with about 85 percent progressive sperms. The 6 hours and 8 hours per day of radiation exposure for 28 days caused significant changes in the sperm motility parameters.

The percentage rates of viable and non viable sperms cells of the exposed rats to computer radiation is shown in figure 4. There was decrease in mean viable sperm but an increase in the mean non-viable sperm cells of the radiation exposed group as compared to the control group. The percentage of the non-viable sperms increased with the hours of exposure while the percentage of viable sperms decreased with the exposure period. The percentage of the non viable was significant at 4-hour ($P \leq 0.001$), 6-hour ($P \leq 0.001$) and 8-hour ($P \leq 0.05$) daily exposure.

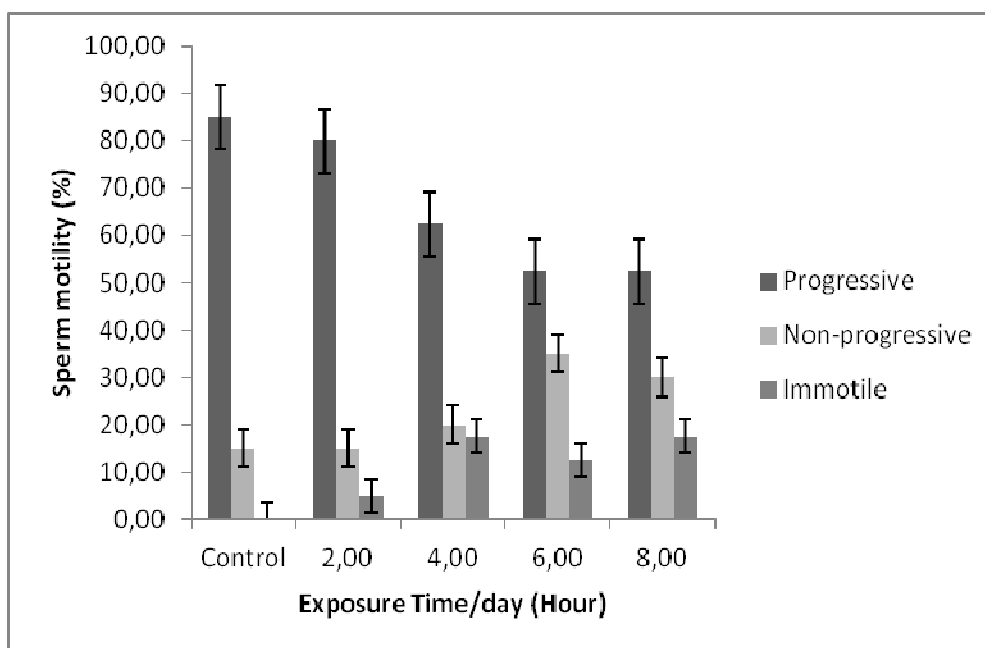


Fig. 3. The sperm motility (%) of albino rats exposed to radiation of varying hours for 28 days

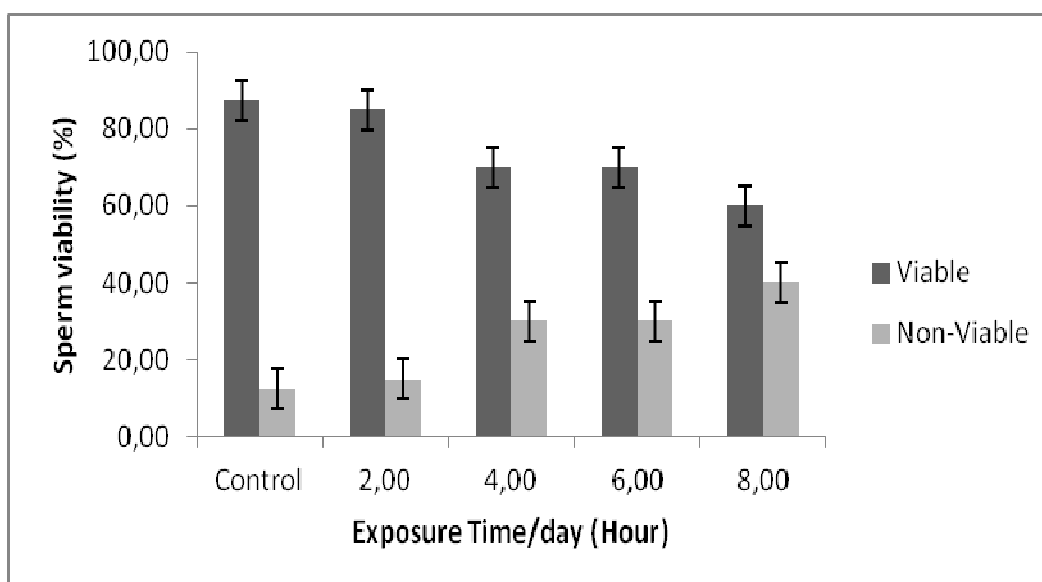


Fig. 4. The sperm viability (%) of albino rats exposed to radiation of varying hours for 28 days

The mean serum luteinizing hormone levels (LH) and follicle stimulating hormone (FSH) of rats exposed to computer radiation are shown in figure 5. The results show that luteinizing hormone level was not steady (increased and decreased) with different exposure periods compared to the control group. The LH level was the highest in rat exposed for 6 hours while it was the least for rats exposed for 8 hours. However, there were no significant differences in the control animals and exposed groups irrespective of the duration ($P > 0.05$). Figure 6 shows the levels of follicle stimulating hormone. FSH level decreased non-uniformly with increase in exposure period as compared to the control group. There were no significant differences in the FSH level of the control animals and exposed groups irrespective of the duration ($P > 0.05$).

The mean serum testosterone levels of control and exposed animals are shown in figure 6. There was relative decrease in mean serum testosterone level in radiation exposed groups as compared to control group. This reduction in testosterone level was significant in 6 and 8 hours of daily exposure ($P < 0.001$). The prostate specific antigen test showed no presence of prostate specific antigen in all the experimental animals.

In this study the exposure of rats to EMR from laptop display unit in power resulted in significant reduction in epididymal sperm concentration with increase in exposure hours after 28 days as compared to the control group. The decrease in sperm count in the radiation exposed group could be partly due to the induction of oxidative stress in the testes and the spermatozoa (Isojarvi et al., 2004). Relatively higher sperm morphological abnormalities observed as compared to the control group may be due to alterations in the process of sperm maturation, where sperm cells develop from damaged seminiferous tissue, which may have occurred as a result of the lipoperoxidative damage induced by radiation exposure on the testicular tissues (Yan et al., 2007). Notwithstanding the general paucity of information in this area, studies have highlighted the interesting finding that male infertility patients are frequently characterized by high levels of DNA damage to their spermatozoa (Lewis and Aitken, 2005).

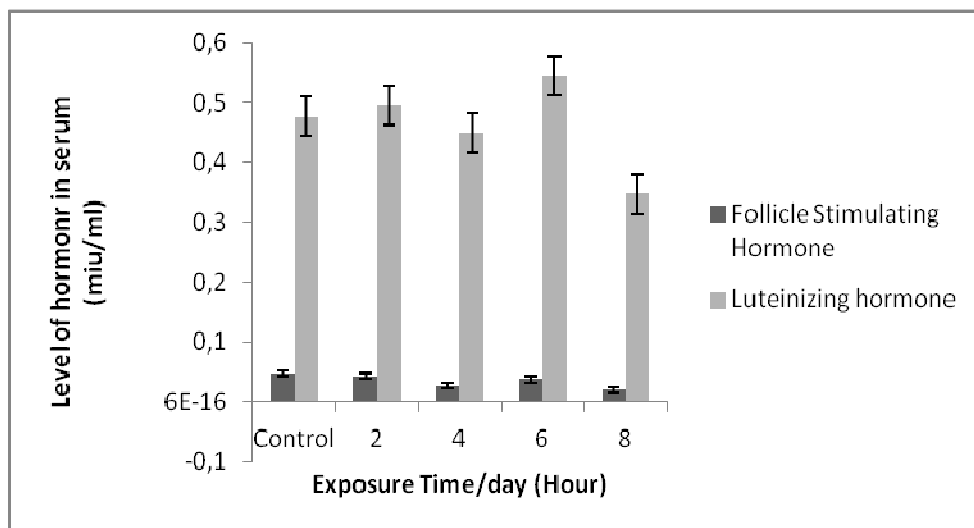


Fig. 5. The follicle stimulating hormone level (miu/ml) of albino rats exposed to radiation of varying hours for 28 days

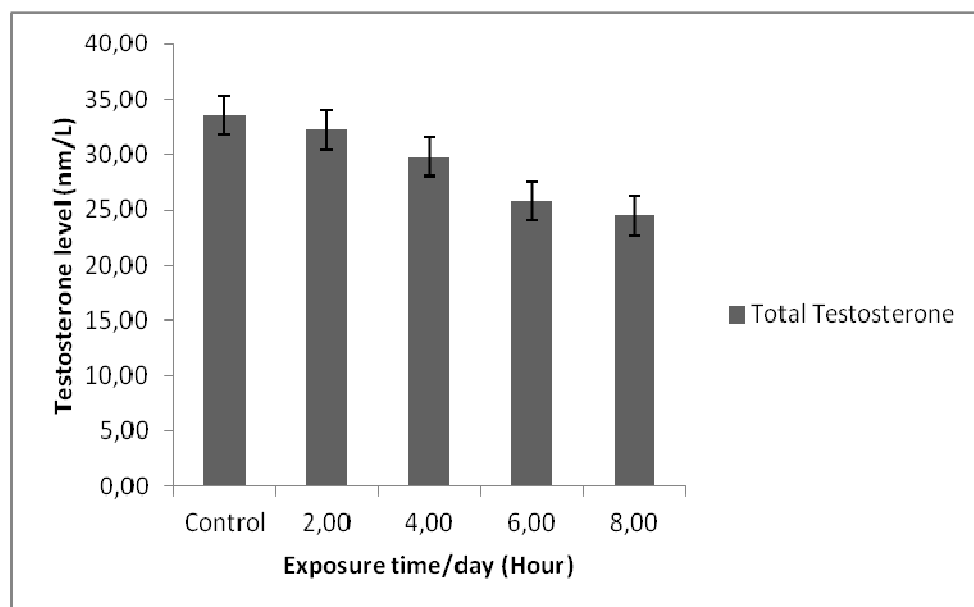


Fig. 6. The testosterone level (nm/L) of albino rats exposed to radiation of varying hours for 28 days

The reduced sperm motility seen in this study may be ascribed to magnetic and electromagnetic fields inducing oxidation of phospholipids, which are a major component in the sperm mitochondrial sheath (Tremellen, 2008). The present study shows a significant decrease in the progressive sperm motility in the groups exposed to radiation compared to the control group. This result corresponds with the previous findings by Conrado et al., (2012) who reported that the use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreased human sperm motility. Adams et al., (2014) also reported decrease in sperm viability in their study of the effect of mobile telephone on sperm quality. Reduction in viability with increase in exposure hours may be a result of increased mitochondrial reactive oxygen specie (ROS)

production and DNA fragmentation in sperm. In a pilot study by De Iulii et al. (2009), human spermatozoa were found to respond to RF-EMR (at 1.8 GHz with a SAR of 27.5 W/kg) with a range of negative changes including dramatic declines in both sperm vitality and motility. This RF-EMR precipitated a state of oxidative stress leading to high levels of lipid peroxidation and a loss of sperm motility (Koppers et al., 2008). Therefore, these data highlight the particular vulnerability of human spermatozoa to oxidative attack.

It is known that testosterone is needed in very high quantities for maintenance of the reproductive tract. The lower serum testosterone concentration in the exposed group may be linked to the inhibition in secretion of pituitary gonadotropins (FSH and LH), which aid in testosterone biosynthesis or due to direct damage to Leydig cells (Oliva and Miraglia, 2009). Thus, atrophy of seminiferous tubules might be the cause for the decrease in the levels of testosterone observed in this study. In agreement with the current study, Gholampour et al. (2012) found that exposure to long-term extremely low frequency electromagnetic field caused reduction in the level of testosterone in testis in rats. Khayyat (2011) found that exposure of mice to EMF caused atrophy in the seminiferous tubules and Rajaei et al. (2009) mentioned that exposure to EMF for long periods could decrease the diameter of reproductive ducts. The significant decrease in testosterone serum level in EMF exposed group may be one of the factors that lead to the significant increase in LH serum level in the exposed group. The concentration of follicle stimulating hormone (FSH) decreased compared to the control group which could be a factor for decreased activation of seminiferous tubules. Studies conducted by Ozguner et al., (2005) on male rats showed that the diameter of seminiferous tubules and the mean height of the germinal epithelium were significantly decreased after 900 MHz EMF exposure (Ozguner et al., 2005).

LH is known to bind to receptors in Leydig cells and regulate gonadal function by promoting sex steroid production and gametogenesis (Warita et al., 2006). LH is a glycoprotein gonadotropin secreted by the anterior pituitary in response to gonadotropin-releasing hormone (GnRH). GnRH release from the hypothalamus into the portal circulation is episodic which in turn causes LH to be released in a series of secretory bursts, resulting in intermittently elevated LH concentrations in the blood (Bergendahl et al., 1996). LH release is driven mainly by the increase of Ca²⁺. ELFEMF may modulate the cellular calcium regulatory mechanism which affects the affinity of calcium binding proteins such as calmodulins. In agreement with this result, Margonato et al. (1993) did not find any differences on LH and testosterone between exposed animals and control group's animals after exposure to high intensity electric field for up to 18% of their life span. Prostate-specific antigen (PSA) is a protein produced by normal prostate cells. This enzyme participates in the dissolution of the seminal fluid coagulum and plays an important role in fertility. This study shows that the exposure to radiation from laptop does not induce PSA (prostate specific antigen) for all the experimental groups (radiation exposed groups).

Conclusions. The present results clearly indicate that the exposure laptop computer at varying increasing hours for a period of 28 days while in power significantly changes the level of hormones (testosterone and follicle stimulating hormone) and sperm quality (sperm count, sperm viability and sperm motility). At present, it cannot be concluded whether this effect is induced by all laptop computers brands usage while not in power. It can be speculated that EMR from laptop computers may be the cause of sperm damage. These findings suggest that prolonged use of laptop computers on the laps or closer to a male user may decrease male fertility potential. Further research will be required to understand the long-term effects of laptops usage in man.

C. Адеремі, К. Ньюку, А. Адесуйи

Університет Лагоса, Акока, Нігерія

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ (ЕМВ) НОУТБУКІВ НА СТАТЕВІ ГОРМОНИ, ЯКІСТЬ СПЕРМИ ТА ПРОСТАТ-СПЕЦИФІЧНИЙ АНТИГЕН САМЦІВ БЛИХ ЩУРИВ (RATTUS NORVEGICUS)

У сучасному суспільстві люди піддаються впливу постійно зростаючої кількості електромагнітних полів (ЕМП), які генеруються при виробництві та постачанні електроенергії, телевізорами, персональними комп'ютерами (ПК), радіозв'язком та мобільним зв'язком, тому це стало питанням охорони здоров'я населення. Проведено дослідження для оцінки впливу

електромагнітного випромінювання (ЕМВ) ноутбуків нового покоління на якість сперми та статевий гормон самців білих щурів. Самці білих щурів (віком 10–12 тижнів) піддавалися радіочастотному ЕМВ від ноутбуків і були згруповані відповідно до різного періоду впливу (2 години, 4 години, 6 годин і 8 годин) протягом 4 тижнів. Зразки сперми було отримано за допомогою каудальної пункції епідидимісу кожного піддослідного для аналізу якості сперми, за допомогою серцевої пункції було взято кров на гормональний аналіз із використанням методу хемілюмінесцентного імуноаналізу мікрочасток. Здійснено варіаційний аналіз для визначення концентрації гормонів і параметрів якості сперми з метою перевірки різниці значущості на рівні 5%. Проведено тест множинного порівняння Даннета для перевірки значущості груп, що піддаються опроміненню, та контрольної групи. Близькість до дисплею ноутбука була пов'язана зі значним зниженням рухливості, життєздатності та кількості сперматозоїдів ($P < 0,0001$), рівня тестостерону ($P < 0,001$) і рівня фолікулостимулюючого гормону ($P < 0,01$). У випадку морфології сперми не було суттєвих змін у нормальних клітинах в експериментальній моделі, однак кількість аномальних клітин в опромінених щурів (протягом 2-8 годин) була значною ($P < 0,001$). Таким чином, дослідження показало, що ЕМВ від ноутбука, що заряджається, може суттєво впливати на якість сперми, чоловічу фертильність і нестабільність чоловічого статевого гормону, проте не впливає на простат-специфічні антигени.

Ключові слова: радіочастотне електромагнітне випромінювання, комп'ютерний дисплей, статеві гормони, якість сперми, простат-специфічний антиген.

References

- 1 Adams, A.J., Tamara S.G., Debapriya M.S., and Fiona, M. (2014). Effect of mobile telephones on sperm quality: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 70: 106–112.
- 2 Agarwal, A., Desai, N.R., Ruffoli, R., and Carpi, A. (2008). Lifestyle and testicular dysfunction: a brief update. *Journal of Biomedicine Pharmacotherapy*; 62:550–553.
- 3 Aitken, R.J., Wingate, J.K., De Iulius, G.N., Koppers, A.J. and McLaughlin, E.A. (2006). Cis unsaturated fatty acids stimulate reactive oxygen species generation and lipid peroxidation in human spermatozoa. *Journal of Clinical and Endocrinology Metabolism*; 91: 4154–4163.
- 4 Asghari, A., Khaki, A.A., Rajabzadeh, Khak, A. (2016). A review on Electromagnetic fields (EMFs) and the reproductive system. *Electron Physician*, 8(7): 2655–2662.
- 5 Baan, R., Gross, Y., Lauby-Secretan, B., El Ghissassi, F., Bouvard, V., Benbrahim-Tallaa, L., et al. (2011). Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncol.* 12:624–626.
- 6 Basso, D., Guariso, G., Fasolo, M., Pittoni, M., Schiavon, S., Fogar, P., Greco, E., Navaglia, F., Zambon, C.F. and Plebani, M. (2006). A new indirect chemiluminescent immunoassay to measure anti tissue trans glutaminase antibodies. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*; 43(5): 613 – 618.
- 7 Bergendahl, M., Evans, W.S., and Veldhuis, J.D. (1996). Current concepts on ultradian rhythms of luteinizing hormone secretion in the human. *Hum. Reprod. Update*, 2: 507–518.
- 8 Björndahl, L., Soderlund, I., and Kvist, U. (2003). Evaluation of the one-step eosin-nigrosin staining 8858 technique for human sperm vitality assessment. *Journal of Human Reproduction*, 18: 813–816.
- 9 Conrado, M.S., Ariela, M.S., Cesar, A., Sanchez, M.D., Gustavo, F., and Doncel, M.D. (2012). Effects of laptop computers connected to local area networks wirelessly (Wi-Fi) on human spermatozoa. *Journal of Andrology*, 97(1): 39–45.
- 10 Cuccurazzu, B., Leone, L., Podda, M.V., Piacentini, R., Riccardi, E. and Ripoli, C. (2010). Exposure to extremely low-frequency (50 Hz) electromagnetic fields enhances adult hippocampal neurogenesis in C57BL/6 mice. *Journal of Experimental Neurology*, 226: 173–182.
- 11 De Iulius, G.N., Newey, R.J., King, B.V., and Aitken, R.J. (2009). Mobile Phone Radiation Induces Reactive Oxygen Species Production and DNA Damage in Human Spermatozoa In Vitro. *PLoS One*, 4(7): e6446.
- 12 De Oliva, S.U., and Miraglia, S.M. (2009). Carbamazepine damage to rat spermatogenesis in different sexual developmental phase. *International Journal Andrology*, 32:563–574.
- 13 Feychting, M., Ahlbom, A. and Kheifets, L. (2005). EMF and health. *Journal of Annual Review of Public Health*, 26:165–189.
- 14 Gholampour, F., Owji, S.M., Javadifar, T.S., and Bahaoddini, A. (2012). Long term Exposure to Extremely Low Frequency Electromagnetic Field Affects Sex Hormones Level and Structure of Testis in Rats. *International Journal of Zoological Research*, 8: 130–136.

- 15 Gollenberg, A.L., Liu, F., Brazil, C., Drobnis, E.Z. and Guzick, D. (2010). Semen quality in fertile men in relation to psychosocial stress. *Journal of Fertility and Sterility*, 93: 1104–1111.
- 16 Gye, M.C., and Park, C.J. (2012). Effect of electromagnetic field exposure on the reproductive system. *Clin Exp Reprod Med*. 39(1): 1–9
- 17 Harrington, J.M., McBride, D.I., Sorahan, T., Paddle, G.M., and van Tongeren, M. (1997). Occupational exposure to magnetic fields in relation to mortality from brain cancer among electricity generation and transmission workers. *Occup Environ Med*. 54(1):7–13.
- 18 Isojarvi, J.I., Lofgren, E., Jantunen, K.S., Pakarinen, A.J, Paivansalo, M., Rautakorpi, I. and Tcomivaraara, L. (2004). Effect of epilepsy and antiepileptic drugs on male reproductive health. *Journal of Neurology*, 62: 247–253.
- 19 Khayyat, L.I. (2011). The histopathological effects of an electromagnetic field on the kidney and testis of mice. *EurAsia J. Biosci*. 5: 103–109.
- 20 Koppers, A.J., De Iuliis, G.N., Finnie, J.M., McLaughlin, E.A., Aitken, R.J. (2008). Significance of mitochondrial reactive oxygen species in the generation of oxidative stress in spermatozoa. *J Clin Endocrinol Metab*. 93: 3199–3207.
- 21 Lewis, S.E., Aitken, R.J. (2005). DNA damage to spermatozoa has impacts on fertilization and pregnancy. *Cell Tissue Res*. 322: 33–41.
- 22 Mailankot, M., Kunnath, A.P., Jayalekshmi, H., Koduru, B., and Valsalan, R. (2009). Radio Frequency Electromagnetic Radiation (RF-EMR) from GSM (0.9/1.8GHZ) Mobile Phones Induces Oxidative Stress and Reduces Sperm Motility in Rats. *Clinics (Sao Paulo)* 64(6): 561–565.
- 23 Margonato, V., Veicsteinas, A., Conti, R., Nicolini, P., and Cerretelli, P. (1993). Biologic effects of prolonged exposure to ELF electromagnetic fields in rats. I.50 Hz electric fields. *Bioelectromagnetics*, 14: 479–493.
- 24 Mashevich, M., Folkman, D., Kesar, A., Barbul, A., Korenstein, R., Jerby, E., et al. (2003). Exposure of human peripheral blood lymphocytes to electromagnetic fields associated with cellular phones leads to chromosomal instability. *Bioelectromagnetics*, 24:82–90.
- 25 Meo, S.A., Al-Drees, A.M., Husain, S., Khan, M.M., and Imran, M.B. (2013). Effects of mobile phone radiation on serum testosterone in wistar albino rats. *Saudi Med Journal*, 31(8): 863–873.
- 26 Oer, M., Beckert, C., Heinrich, B., Buenning, C., and Kapprell, H. (2012). Performance evaluation of an improved architect lh assay for the quantitative determination of luteinizing hormone in human serum and plasma. *Biology*, 2: 27–36.
- 27 Otitoloju, A.A., Obe, I.A., Adewale, O.A., Otubanjo, O.A., and Osunkalu, V.O. (2010). Preliminary study on the induction of sperm head abnormalities in mice, *Mus musculus*, exposed to radiofrequency radiations from global system for mobile communication base stations. *Bull Environ Contam Toxicol*. 84:51–54.
- 28 Ozguner, M., Koyu, A., Cesur, G., Ural, M. and Ozguner, F. (2005). Biological and morphological effects on the reproductive organs of rats after exposure to to electromagnetic field. *Saudi Med Journal*, 26(3): 405–410.
- 29 Pant, N., Pant, A., Shukla, M., Mathur, N., Gupta, Y. and Saxena, D. (2011). Environmental and experimental exposure of phthalate esters: the toxicological consequence on human sperm. *Journal of Human and Experimental Toxicology*, 30: 507–514.
- 30 Rajaei, F., Mahdi, F., Ghasemi, N., Sarreshtehdari, M., Gheybi, N.A., and Saraeisahneh, M.S. (2009). Effect of electromagnetic field on mice epididymis and vas deferens: A morphometric study. *J. Gorgan Univ. Med. Sci.*, 11: 1–7.
- 31 Rolland, M., Le Moal, J., Wagner, V., Royere, D. and De Mouzon, J. (2013). Decline in semen concentration and morphology in a sample of 26,609 men close to general population between 1989 and 2005 in France. *Journal of Human Reproduction*, 28: 462–470.
- 32 Rouge M. (2004). Sperm morphology assay: Hypertexts for biomedical sciences. Colorado State University Press, Colorado. Pp 33–36.
- 33 SCENIHR - Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (2015). Opinion on potential health effects of exposure to electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 36(6): 480–484.
- 34 Scott, A. (2007). Architect system hormonal assay procedure. Abbott laboratories diagnostic division Abbott park, IL USA. Pp 1–5.

- 35 Sobel, E., Dunn, M., Davanipour, Z., Qian, Z., and Chui, H.C. (1996). Elevated risk of Alzheimer's disease among workers with likely electromagnetic field exposure. *Neurology*, 47(6):1477–81
- 36 Sonmez, M., Yuce, A. and Turk, G. (2007). The protective effects of melatonin and Vitamin E on antioxidant enzyme activities and epididymal sperm characteristics of homocysteine treated male rats. *Reproductive Toxicology*, 23: 226–231.
- 37 Sykes, P.J., McCallum, B.D., Bangay, M.J., Hooker, A.M., and Morley, A.A. (2001). Effect of exposure to 900 MHz radiofrequency radiation on intrachromosomal recombination in pKZ1 mice. *Radiat Res.* 156:495–502.
- 38 Tremellen, K. (2008). Oxidative stress and male infertility – a clinical perspective. *Journal of Human Reproduction*, 14:243–258.
- 39 Verma, R.J. and Chinoy, N.J. (2002). Effect of carica papaya seeds extract on male albino rats. *Asian Journal of Andrology*, 4(1):77–78.
- 40 Volkow, N.D., Tomasi, D., Wang, G.J., Vaska, P., Fowler, J.S., and Telang, F. (2011). Effects of cell phone radiofrequency signal exposure on brain glucose metabolism. *Journal of the American Medical Association*; 305: 808–813.
- 41 Warita, K., Sugawara, T., Yue, Z.P., Tsukahara, S., and Mutoh, K.J. et al., (2006). Progression of the dose-related effects of estrogenic endocrine disruptors, an important factor in declining fertility, differs between the hypothalamo-pituitary axis and reproductive organs of male mice. *J. Vet. Med. Sci.*, 68: 1257–1267.
- 42 World Health Organization. (2010). WHO research agenda for radio frequency fields. Available at: http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599948_eng.pdf. Accessed on March 13, 2018.
- 43 Yan, M.D., Michael, M.S., Tim Bruce, B.S., Yu Hui Yan, M.D., Amy, B.S., Hani, S. and Matloub, M.D. (2007). Effects of cellular phone emissions on sperm motility in rats. *Journal of Fertility and Sterility*, 88: 957–964.
- 44 Zaneveld, L.D. Polakoski, K.L. (1977). Collection and physical examination of ejaculate. In: Hafez E.S.E, ed. *Techniques of Human Andrology*. Amsterdam, Holland: North Holland Biomedical Press.147–156.
- 45 Zhang, X.Z., Liu, J.H., Sheng, H.Q., Wu, H.J., and Wu, Y. (2013). Seasonal variation in semen quality in China. *Journal of Andrology*,1: 639–643.

Надійшла до редакції 16 травня 2019 р.

*О. А. Бужин, А. В. Швиденко,
О. С. Куліца, Р. А. Заєць, В. А. Гора
Черкаський інститут пожежної
безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету
цивільного захисту України*

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА: ЕКСПЛУАТАЦІЯ ҐРУНТІВ У ЧЕРКАСЬКІЙ ОБЛАСТІ

У статті обґрунтовано необхідність моніторингу змін стану ґрунтового покриву і формування відповідних програм із призупинення деградації й відтворення родючості. Визначено, що для оцінювання якості відношення виробників продукції рослинництва до збереження ґрунту слід враховувати не тільки кількість внесення органічних та мінеральних добрива, але й їхнє співвідношення (коефіцієнт екологічної збалансованості).

Проаналізовано склад основних поллютантів, що надходять в атмосферне повітря, ґрунт і ґрунтові води від тваринницьких підприємств. Встановлено, що для поліпшення екологічної ситуації та виробництва якісної продукції тваринництва необхідно використовувати екологічно безпечні технології та впроваджувати сучасні технології з утилізації відходів, осадів стічних вод, дотримання всіх санітарних та ветеринарних вимог згідно з нормативно-правовим регулюванням.

Визначено, що коефіцієнт екологічної збалансованості внесення органічних та мінеральних добрив у Черкаській області в 1,7 раза вищий від аналогічного показника по Україні, що відповідно у 2,6 та 4,3 раза нижче від існуючих норм. Внесення мінеральних добрив по Черкаській області у 2,3, а по Україні у 2,6 раза менше від норми. Внесення органічних добрив по Черкаській області у 6,7, а по Україні у 16,0 раза менше від норми.

Застосовуючи коефіцієнт екологічної збалансованості внесення органічних та мінеральних добриву рослинництві, вивчили рівень збереження ґрунтів Черкаської області. Виявлено, що коефіцієнт рівня збереження ґрунтів Черкаської області становить 0,39, а в Україні – 0,23, що, як на рівні Черкаської області, так і на рівні країни, призводить до деградації ґрунтів і свідчить про низьку технологічно-екологічну культуру виробників сільськогосподарської продукції.

Ключові слова: органічні добрива, мінеральні добрива, ґрунт, коефіцієнт екологічної збалансованості, сільськогосподарське виробництво.

Постановка проблеми. Рівень розвитку економічної безпеки країни безпосередньо впливає на стан екологічної безпеки, що характеризує рівень господарської, технологічної, виробничої, соціальної, політичної та безпосередньо екологічної культури. Стійкий розвиток країни неможливий без відповідної, на всіх рівнях діяльності, еволюції системи заходів щодо забезпечення екологічної безпеки. При цьому три базові категорії безпеки (територіально-просторова безпека, енергетична безпека та продовольча безпека) потребують збереження як загального, так і специфічного для кожної з них рівня екологічної безпеки [1].

Ґрунтовий покрив є одним із основних компонентів довкілля, що виконує життєво важливі біосферні функції. Ґрунти беруть участь у процесі регулювання якості поверхневих і підземних вод, складу атмосферного повітря, є середовищем існування великої кількості живих організмів на поверхні суходолу, забезпечують сприятливе середовище для людини та виробництва сільськогосподарської продукції. У рішеннях всевітньої конференції з навколишнього середовища і розвитку (1992 р., Ріо-де-Жанейро) було зазначено, що охорона і раціональне використання ґрунтів мають стати центральною ланкою державної політики, оскільки їхній стан визначає характер життєдіяльності людства і вирішальним чином впливає на довкілля.

Ґрунтовий покрив України на 60% складається з чорноземів – унікальних за своєю будовою, властивостями і потенційною родючістю ґрунтів. Їм властивий глибокий гумусований шар, добре виражена зерниста структура, майже ідеальна щільність будови, достатній і помірний запас поживних речовин. На жаль, такі зразкові об'єкти збереглися лише у цілих умовах. Виявилось, що найкращий у світі чорнозем («царь почв», за Докучаєвим В. В.) дуже вразливий до антропогенного втручання і під дією антропогенних чинників може швидко деградувати [2].

Однією із основних складових продовольчої безпеки є галузь тваринництва, яка поряд з економічним значенням має і екологічне значення. Тваринництво є джерелом продуктів харчування, сировини для переробної та промислової галузей. Технологічно перероблений у перегній гній від тварин є одним із основних факторів збереження гумусу ґрунтів.

Недотримання норм внесення органічних добрив призводить до порушення співвідношення з кількісними показниками мінеральних добрив і при цьому негативно впливає на збереження ґрунтів та фіксує тенденцію на подальше погіршення кількісно-якісних показників гумусу. Разом із цим технологічно не перероблений, а отже, і не використаний гній від сільськогосподарських тварин негативно впливає на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Викладене вище засвідчує, що у зв'язку з інтенсивним використанням земельних ресурсів екологічний стан ґрунтового покриву України змінюється переважно у небажаному напрямі. Контролювання цих змін і формування відповідних програм із призупинення деградації й відтворення родючості ґрунтів є надзвичайно актуальним завданням [2].

Основними показниками, що дають уявлення про технологічну й екологічну культуру виробників сільськогосподарської продукції, є показники внесення органічних та мінеральних добрив під урожай сільськогосподарських культур. Важливими показниками є кількісні показники внесення мінеральних та органічних добрив на 1 га загальної та посівної площі сільськогосподарських культур. Ці показники можуть слугувати якісними індикаторами оцінки рівня технологічного й екологічного ставлення до збереження родючості ґрунтів [1].

До недавнього часу не існувало досконалих комплексних економіко-екологічних показників для визначення якості відношення виробників продукції рослинництва до збереження основного, створеного природою біологічно-виробничого конвеєру – ґрунту. Використовували аналітичні показники з кількості внесення органічних та мінеральних добрив. Для розв'язання цього питання було розроблено коефіцієнт екологічної збалансованості внесення органічних та мінеральних добриву рослинництві – комплексний показник, що враховує не тільки їхню кількість, але і співвідношення [3].

Постановка завдання. Метою роботи було практичне застосування розробленої методики для визначення рівня збереження ґрунтів для окремо взятого регіону – Черкаської області, з використанням коефіцієнта екологічної збалансованості внесення органічних та мінеральних добрив у рослинництві. А це дасть загальну оцінку ставленню виробників сільськогосподарської продукції до збереження ґрунтів, що є безумовним віддзеркаленням технологічно-екологічної культури виробників сільськогосподарського виду економічної діяльності.

Виклад основного матеріалу. Основними підгалуззями галузі тваринництва є:

- велика рогата худоба;
- свилярство;
- вівчарство;
- птахівництво.

Тваринницькі підприємства є джерелом надходження в атмосферне повітря таких забруднювальних речовин як вуглекислий газ, аміак, метан, сірководень, меркаптан, аміни, пил і мікроорганізми. Тобто повітряне середовище, що являє собою складний комплекс різноманітних і взаємопов'язаних факторів, накопичуючи шкідливі гази, може негативно впливати на рослин, фізіологічний стан та продуктивність тварин, а також санітарно-побутові умови життя людей.

У повітрі корівників у стійловий період утримання великої рогатої худоби одночасно з такими газами (вуглекислий газ та аміак) накопичуються також шкідливі нижчі аліфатичні аміни: метиламін, етиленамін, пропіламін, бутиламін та ізобутиламіни, загальна концентрація в яких досягає величин $0,89 \text{ мг/м}^3$, що здатна спричинити хронічні отруєння у тварин.

Встановлено пряму залежність між вмістом важких металів у ґрунті, воді та рослинах. Надходження важких металів із водою та кормами в організм тварин сприяє їхньому накопиченню в тканинах. Внаслідок кумулятивної дії вони видаляються з організму з продуктами тваринного походження. До організму людини надходить через продукцію тваринництва 13–25% важких металів від загальної кількості їхнього накопичення в організмі, а 75–87% – має рослинне походження. Токсичні хімічні елементи, що потрапили в організм тварин, виводяться з нього повільно. Тобто тварини здатні накопичувати важкі метали окремими органами та тканинами. Тому корми, які вирощують навіть на відносно чистих та мало забруднених важкими металами

грунтах, можуть стати джерелом надходження останніх у надмірній кількості до організму та бути причиною порушення обміну речовин.

Прилеглі до тваринницьких ферм та комплексів території та повітряне середовище зазнають значного токсичного навантаження. Основні принципи з вивчення впливу тваринницьких підприємств на довкілля мають формуватися на основі обов'язкового обліку умов формування, вичерпної кількісної і якісної характеристики відходів та продуктів їхньої переробки, ефективності очисних споруд із обробки рідкого гною і стічних вод, а також можливості надходження забруднень в атмосферне повітря, ґрунти, ґрунтові води та відкриті водойми [4].

Відходи свиначства містять речовини, спожиті тваринами з кормами, через те що лише третину поживних компонентів організм тварини використовує на різноманітні фізіологічні процеси, а також велику кількість мікроорганізмів, що населяють шлунково-кишковий канал тварин і нерідко є збудниками інфекційних хвороб. Фізичний, хімічний та мікробіологічний склад цих відходів залежить від різних чинників, таких як способи утримання та годівлі, відповідність режиму утримання, догляду за тваринами, а також від фізіологічних особливостей самих тварин (вік, вага, стать, порода). Кількість та фізичний і хімічний склад відходів значною мірою залежить від технологій утримання свиней та використання системи видалення відходів із приміщень.

Однією з найважливіших проблем і надалі залишатиметься проблема відходів виробництва продукції свиначства – своєчасне видалення з приміщень, забезпечення належних умов зберігання та переробки на технологічно правильно облаштованих місцях їхнього утилізування. Майбутні інновації у зберіганні гною, переробленні та очищенні стічних вод базуватимуться на біотехнологіях. Створення відповідних мікроорганізмів забезпечить нові можливості для ефективної обробки гною і стічних вод, очищення води, що є надзвичайно важливим на регіональному рівні для підтримання ефективного водного балансу. Покращення зберігання гною знизить викиди аміаку у місцях його зберігання [5].

Відходи та продукти життєдіяльності птиці мають неприємний запах (понад 45 різних речовин), поширюються на значні відстані до 10 км. Ущільнене розміщення птиці в приміщенні, перезволоження підстилки та інші порушення технології утримання створюють умови для анаеробного бродіння посліду. До специфічних і найбільш небезпечних викидів віднесено метилмеркаптан, аміак, диметиламін, сірководень, диметилсульфід, кислоту капронову, альдегід пропіоновий, фенол, пил пуховий, пил комбікормовий, а також діоксид азоту та оксид вуглецю.

Зони розповсюдження специфічних запахів залежать від швидкості і напрямку вітру, температури атмосферного повітря, рельєфу місцевості та наявності лісових насаджень. До факторів впливу на довкілля виробництва птахівничої продукції глобального масштабу можна віднести викиди парникових газів, пов'язаних із використанням енергії в виробничих процесах, життєдіяльністю птиці, накопиченням відходів виробництва. За приблизними оцінками, лише у спеціалізованих господарствах кількість відходів за рік складає: підстилкового та безпідстилкового посліду – близько 5,2 млн тонн.

Проблема надійного захисту навколишнього природного середовища від забруднення пташиним послідом, стічними водами і відходами – актуальна проблема практично для всіх птахівничих господарств України. Для поліпшення екологічної ситуації та виробництва якісної продукції тваринництва необхідно використовувати екологічно безпечні технології та впроваджувати сучасні технології з утилізації відходів, осадів стічних вод, дотримання всіх санітарних та ветеринарних вимог згідно з нормативно-правовим регулюванням [6].

Розвиток тваринництва, з одного боку, забезпечує населення необхідними продуктами харчування, рослинницьку галузь — органічними добривами, що сприяє підвищенню родючості ґрунту, збільшенню вмісту поживних елементів у ньому, активізує розвиток мікроорганізмів, що беруть активну участь у процесах гумусоутворення, впливають на склад ґрунтового повітря, цикли перетворення азотовмісних сполук, однією з важливих ланок яких є фіксація азоту ґрунтовими мікроорганізмами [7].

Для визначення рівня збереження ґрунтів у Черкаській області ми використовували розроблений коефіцієнт екологічної збалансованості внесення органічних та мінеральних добрив у рослинництві, який визначають як відношення показника внесених органічних добрив до показника внесених мінеральних добрив, взявши одночасно з фактичними показниками і нормовані показники [8]:

$$K_{ЕЗ} = \frac{K_{ОФ} + K_{МФ}}{K_{ОН} + K_{МН}},$$

де $K_{ЕЗ}$ – коефіцієнт екологічної збалансованості внесення органічних та мінеральних добрив на 1 гектар площі;

$K_{ОФ}$ – коефіцієнт фактичного внесення органічних добрив відносно норми;

$K_{МФ}$ – коефіцієнт фактичного внесення мінеральних добрив відносно норми;

$K_{ОН}$ – коефіцієнт нормованого внесення органічних добрив;

$K_{МН}$ – коефіцієнт нормованого внесення мінеральних добрив.

Норма внесення органічних добрив становить 80,00 ц/га, а мінеральних – 2,45 ц/га [9]. Внесення органічних та мінеральних добрив у Черкаській області та в Україні а також коефіцієнт їхньої екологічної збалансованості подано у таблиці 1.

Таблиця 1

Коефіцієнт екологічної збалансованості*

	Обсяг добрив внесених підприємствами, ц/га посівної площі				Коефіцієнт екологічної збалансованості
	органічні добрива		мінеральні добрива		
	норма	фактично	норма	фактично	
Черкаська область	80,00	12,00	2,45	1,08	0,39
Україна	80,00	5,00	2,45	0,96	0,23
Область +,- до країни	-	+ 7,00	-	+ 0,12	+ 0,16

*Таблиця побудована на основі статистичних даних [10, 11].

Як видно з табл. 1, коефіцієнт екологічної збалансованості внесення органічних та мінеральних добрив у Черкаській області у 1,7 раза вищий від аналогічного показника по Україні, що відповідно у 2,6 та 4,3 раза нижче від існуючих норм.

Внесення мінеральних добрив по Черкаській області у 2,3, а по Україні у 2,6 раза менше від норми. Внесення органічних добрив по Черкаській області у 6,7, а по Україні у 16,0 раза менше від норми.

Ці показники є прямими доказами низької технологічної та екологічної культури при виробництві продукції рослинництва та продукції тваринництва зокрема і сільськогосподарського виробництва загалом, як на рівні регіонів, так і на рівні країни.

Для вирішення цього важливого екологічного та економічного питання всі потенціальні можливості, а саме застосування технології переробки екскрементів тваринництва та подальше їхнє використання при вирощуванні сільськогосподарських культур. Потенціальні можливості виробництва перегною у Черкаській області та в Україні представлено у таблиці 2.

Таблиця 2

Потенціальні можливості виробництва перегною у 2017 році**

Вид тварин	Вихід гною від однієї тварини за рік, ц	Черкаська область		Україна	
		поголів'я, тис. голів	вихід гноївки, тис. тонн	поголів'я, тис. голів	вихід гноївки, тис. тонн
Велика рогата худоба	55,0	176	968	3682	20251
Свині	16,5	386	637	6669	11004
Вівці та кози	5,0	31	16	1315	66
Птиця	0,7	24310	1702	201700	14119
Разом	-	-	3323	-	45440
Внесено органічних добрив	-	-	1100	-	9163
Використання, %	-	-	33,1	-	20,2
Накопичення за рік	-	-	2223	-	36277

**Таблиця побудована на основі статистичних даних [10, 11].

Вихід гноївки від сільськогосподарських тварин у Черкаській області становить 3,32, а в Україні 45,44 мільйонів тонн. Використовується для потреб рослинництва – 33,1% та 20,2% відповідно. Щорічне накопичення гноївки при виробництві продукції тваринництва перебуває на рівні:

- Черкаська області 2,22 млн тонн;
- Україна 36,28 млн тонн.

Таке відношення виробників сільськогосподарської продукції, як на рівні Черкаської області, так і на рівні країни, призводить до деградації ґрунтів і до негативного впливу на навколишнє середовище. А враховуючи те, що така тенденція спостерігається протягом останніх десятиліть, ми уже перейшли межу, за якою перебуває точка неможливого повернення.

Висновки. Розроблення різних методів оцінювання впливу виробників сільськогосподарської продукції на збереження ґрунтів, а паралельно до цього – і на збереження довкілля спонукатиме застосування дійових технологій перероблення гною різних видів сільськогосподарських тварин на органічні добрива, що у свою чергу дасть можливість підвищити технологічно-екологічну культуру сільськогосподарської діяльності і бережливо ставитися до збереження ґрунтів та навколишнього середовища.

Аналізування впливу сільськогосподарської діяльності може мати й інші науково-практичні підходи, які необхідно розробляти для всіх рівнях господарсько-адміністративної діяльності.

Література

- 1 Бужин О. О. Сільськогосподарське виробництво в системі екологічної безпеки / О. О. Бужин // Актуальні проблеми економіки. – 2013. – № 9 (147). – С. 158–164.
- 2 Балюк С. А. Екологічний стан ґрунтів України / С. А. Балюк, В. В. Медведєв, М. М. Мірошніченко, Є. В. Скрильник, Д. О. Тимченко, А. І. Фатєєв, А. О. Христенко, Ю. Л. Цапко // Український географічний журнал. – 2012. – № 2. – С. 38–42.
- 3 Бужин О. О. Екологічна безпека: коефіцієнт екологічної збалансованості внесення органічних та мінеральних добрив / О. О. Бужин // Науковий журнал «Молодий вчений». – 2015. – № 2. Ч. I. – С. 127–130.
- 4 Яремчук О. С. Екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти тваринницьких підприємств / О. С. Яремчук, М. О. Захаренко, І. М. Курбатова // Збірник наукових праць ВНАУ. – 2010. – № 5 (45). – С. 152–154.
- 5 Жукорський О. М. Галузь свинарства – реальна та прогнозована загроза для довкілля / О. М. Жукорський, О. В. Никифорок // Агроекологічний журнал. – 2013. – № 3. – С. 102–106.
- 6 Бородай В. П. Екологічна оцінка стану довкілля в зонах виробництва продукції птахівництва / В. П. Бородай, О. В. Тертична, М. П. Кейван, О. П. Бригас, І. В. Масберг, О. І. Мінералов // Сучасне птахівництво. – 2014. – № 4. – С. 22–25.
- 7 Палапа Н. В. Промислове тваринництво: еколого-економічні наслідки / Н. В. Палапа, Н. Б. Пронь, О. В. Устименко // Збалансоване природокористування. – 2016. – № 3. – С. 64–67.
- 8 Бужин О. О. Екологічна безпека: коефіцієнт екологічної збалансованості внесення органічних та мінеральних добрив / О. О. Бужин // Науковий журнал «Молодий вчений». – 2015. – № 2. Ч. I. – С. 127–130.
- 9 Шобанін В. С. Трансформація земельних відносин і землекористування в Україні / В. С. Шобанін, О. В. Шобаніна, І. І. Черевен // Інституціональні засади трансформацій в аграрній сфері : збірник матеріалів Тринадцятих річних зборів Всеукраїнського конгр. вчен. економістів-аграрників (м. Київ, 20–21.06.2011) / Редкол.: П. Т. Саблук та ін. – К. : ННЦ ІАЕ, 2011. – С. 462–466.
- 10 Внесення мінеральних та органічних добрив під урожай сільськогосподарських культур у 2017 році [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.ck.ukrstat.gov.ua/source/arch/2018/dobriv_18.pdf.
- 11 Статистичний щорічник України за 2016 рік / Держ. комітет статистики України. – К. : 2017. – 610 с.

***O. Buzhyn, A. Shvydenko,
O. Kulitsa, R. Zaiets, V. Hora***
*Cherkasy Institute of Fire Safety named after
Chornobyl Heroes of National University
of Civil Defence of Ukraine*

ENVIRONMENTAL SAFETY: SOILS EXPLOITATION IN CHERKASY OBLAST

The article substantiates the necessity of monitoring the changes in soil cover and the development of appropriate programs to suspend soil degradation and reproduce soil fertility. The authors have defined

that the quality assessment of soil treatment by the producers of plant products and soil conservation should take into account not only the amount of applied organic and mineral fertilizers, but also their correlation (ecological balance index).

The composition of the major pollutants, emitted into the atmospheric air, soil and groundwater by livestock enterprises, has been analyzed. It has been defined that in order to improve the ecological situation and produce the high-quality livestock products, it is necessary to use environmentally sound technologies and implement modern technologies for waste and sewage sludge disposal, and comply with all sanitary and veterinary requirements in accordance with the legal and regulatory framework.

It has been defined that the ecological balance indices for applying organic and mineral fertilizers in Cherkasy oblast are 1.7 times higher than the similar indices within Ukraine, which are respectively 2.6 and 4.3 times below the existing norms. The application of mineral fertilizers in Cherkasy oblast is 2.3 and in Ukraine 2.6 times below the norm. The introduction of organic fertilizers in Cherkasy oblast is 6.7 and within Ukraine 16.0 times below the norm.

Soil conservation level in Cherkasy oblast has been studied based on the ecological balance index for the introduction of organic and mineral fertilizers in plant production. It has been found out that the level of soil conservation in Cherkasy oblast is 0.39, and in Ukraine – 0.23, which, both at the level of Cherkasy oblast and at the state level, leads to the degradation of soils and indicates low technological and ecological culture of agricultural producers.

Key words: organic fertilizers, mineral fertilizers, soil, ecological balance index, agricultural production.

References

- 1 Buzhyn O. O. Silskohospodarske vyrobnytstvo v systemi ekolohichnoi bezpeky / O. O. Buzhyn // Aktualni problemy ekonomiky. 2013. – № 9(147). – S. 158-164.
- 2 Baliuk S. A. Ekolohichni stan gruntiv Ukrainy / S. A. Baliuk, V. V. Medvediev, M. M. Miroschnyenko, Ye. V. Skrylnyk, D. O. Tymchenko, A. I. Fatiev, A. O. Khrystenko, Yu. L. Tsapko // Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal – 2012. – № 2. – S. 38-42.
- 3 Buzhyn O. O. Ekolohichna bezpeka: koefitsient ekolohichnoi zbalansovanosti vnesennia orhanichnykh ta mineralnykh dobryv / O. O. Buzhyn // Naukovyi zhurnal «Molodyi vchenyi». – 2015. – №2. Ch.I. – S. 127-130.
- 4 Iaremchuk O. S. Ekolohichni ta sanitarno-higienichni aspekty tvarynnytskykh pidpriemstv / O. S. Yaremchuk, M. O. Zakharenko, I. M. Kurbatova // Zbirnyk naukovykh prats VNAU. 2010. №5 (45). – S. 152-154.
- 5 Zhukorskyi O. M. Haluz svynarstva – realna ta prohnozovana zahroza dlia dovkillia / O. M. Zhukorskyi, O. V. Nykyforuk // Ahroekolohichni zhurnal. – 2013. – № 3. – S.102-106.
- 6 Borodai V. P. Ekolohichna otsinka stanu dovkillia v zonakh vyrobnytstva produktsii ptakhivnytstva / V. P. Borodai, O. V. Tertychna, M. P. Keivan, O. P. Bryhas, I. V. Masberh, O. I. Mineralov // Suchasne ptakhivnytstvo. – 2014. – № 4. – S. 22-25.
- 7 Palapa N. V. Promyslove tvarynnytstvo: ekoloho-ekonomichni naslidky / N. V. Palapa, N. B. Pron, O. V. Ustyenko // Zbalansovane pryrodokorystuvannia. – 2016. – № 3. – S. 64-67.
- 8 Buzhyn O. O. Ekolohichna bezpeka: koefitsient ekolohichnoi zbalansovanosti vnesennia orhanichnykh ta mineralnykh dobryv / O. O. Buzhyn // Naukovyi zhurnal «Molodyi vchenyi». – 2015. – №2. Ch. I. – S. 127-130.
- 9 Shebanin V. S. Transformatsiia zemelnykh vidnosyn i zemlekorystuvannia v Ukraini / V. S. Shebanin, O. V. Shebanina, I. I. Chereven // Instytutsionalni zasady transformatsii v ahrarnii sferi: Zbirnyk materialiv Trynadtsiatykh richnykh zboriv Vseukrainskoho konhr. vchen. ekonomistiv-ahrarykiv (m. Kyiv, 20–21.06.2011) / Redkol.: P. T. Sabluk ta in. – K.: NNTs IAE, 2011. – S. 462–466.
- 10 Vnesennia mineralnykh ta orhanichnykh dobryv pid urozhai silskohospodarskykh kultur u 2017 rotsi [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: http://www.ck.ukrstat.gov.ua/source/arch/2018/dobryva_18.pdf.
- 11 Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy za 2016 rik / Derzh. komitet statystyky Ukrainy. – K.: 2017. – 610 s.

Надійшла до редакції 3 травня 2019 р.

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 556.38 (477)

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-1(19)-59-68

Л. І. Давибіда, В. М. Подголов
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА ОЦІНКА РИЗИКУ ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Метою дослідження є просторова оцінка ризику забруднення водоносних горизонтів для адміністративних районів Чернігівської адміністративної області з використанням ГІС-технологій. Авторами запропоновано геоінформаційний підхід до визначення рівня ризику забруднення підземних вод різних водоносних горизонтів, який базується на виділенні ландшафтних гідрогеологічних комплексів різних типів у межах досліджуваної території. Для Чернігівської області встановлено можливі джерела забруднення підземної гідросфери, вплив яких може призвести до виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із погіршенням якості підземних вод, що використовуються для господарсько-питного водопостачання. У середовищі ГІС розроблено структуру просторових і атрибутивних даних щодо гідрогеологічного районування, вразливості водоносних горизонтів та потенційних джерел забруднення підземних вод. Створена база геоданих дозволяє здійснювати спеціальний аналіз та створювати тематичні карти для оцінювання і візуалізації ризику виникнення надзвичайних ситуацій унаслідок забруднення підземних вод різних водоносних горизонтів. Виконано оверлейний аналіз картографічних шарів гідрогеологічного й адміністративного районування, а також місць локалізації потенційних джерел забруднення. Підраховано сумарний ризик виникнення надзвичайних ситуацій унаслідок забруднення ґрунтових і міжпластових підземних вод для адміністративних районів Чернігівської області. Отримані результати досліджень свідчать, що найвища вразливість водоносних горизонтів до техногенного впливу (дуже великий ризик забруднення першого від поверхні водоносного горизонту ґрунтових вод) характерна для північно-західної частини території Чернігівської області. Враховуючи отримані результати, слід передбачити ведення постійного моніторингу для попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням підземних вод у Чернігівському, Городнянському, Корюківському, Новгород-Сіверському, Сновському, Ріпкинському адміністративних районах, у першу чергу в місцях локалізації техногенно небезпечних об'єктів. Територія південно-східної частини регіону з добре захищеними водоносними горизонтами може бути залучена для організації фонових гідрогеологічних моніторингу.

Ключові слова: Ландшафтно-гідрогеологічний комплекс; водоносний горизонт; база геоданих; картограма.

Постановка проблеми. В останні десятиліття для України характерна негативна тенденція скорочення мережі Державного гідрогеологічного моніторингу [1], зумовлена, насамперед, недостатнім фінансуванням. Очевидно, що необхідно розробити заходи для відновлення спостережної мережі і її поступової адаптації до європейських норм і вимог [2]. Особливу увагу слід приділяти територіям, що належать до транскордонних водообмінних басейнів, розташованих на території кількох держав, насамперед – басейнам Дніпра й Дунаю [3]. Слід зазначити, що в умовах дефіциту актуальної інформації щодо стану водних об'єктів, унаслідок нераціонального й неконтрольованого використання природних ресурсів на території України все помітнішим стає погіршення екологічного стану поверхневих і підземних вод, через перерозподіл стоку малих річок порушуються природні процеси формування водності головної водної артерії – р. Дніпро [4]. Не є винятком і території басейнів лівих приток Дніпра (Десни, Псла, Сули), які ще до середини минулого сторіччя були одними з найчистіших річок України. Зокрема, для розглянутої у цій

роботі території адміністративної Чернігівської області актуальною проблемою є негативна тенденція прогресувального накопичення відходів [5]. Особливу небезпеку для довкілля становлять тисячі тон непридатних до використання отрутохімікатів, що зберігаються на території області в складських приміщеннях, більшість з яких перебувають у незадовільному стані, що підвищує ризик виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням як поверхневих, так і підземних водних ресурсів, і може призвести до неординарних екологічних наслідків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні існує ряд методик, застосованих для оцінювання природної захищеності підземних вод від зовнішнього негативного впливу і описані в роботах Ємчук Т. В. [6], Кошлякова О. Є. [7], Левонюка С. М. [8], Kozłowski M. [9] та ін. Зазначені дослідження орієнтовані перш за все на вирішення конкретних прикладних завдань і апробовані на прикладі окремих локальних територій чи гідрогеологічних об'єктів, а отже, як правило, не можуть бути розглянуті як універсальні й потребують подальшого вдосконалення. У роботах Рубана С. А. та Шинкаревського М. А. [10, 11] для регіонального масштабу досліджень захищеності водоносних горизонтів і оцінювання ризику виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із їхнім забрудненням, як територіальну основу було запропоновано використовувати таксономію гідрогеологічного районування за умовами формування підземних вод. Зокрема для ґрунтових вод, що є найбільш вразливими до дії порушувальних чинників, потрібна детальна типізація території, яка може врахувати широкий спектр умов формування підземних вод перших від поверхні водоносних горизонтів. Найдрібнішими таксономічними одиницями типізації, що характеризують стратиграфічні ознаки умов формування ґрунтових вод у розрізі, є ландшафтні гідрогеологічні комплекси [11]. Такий підхід набув подальшого розвитку в роботах [12, 13], зокрема шляхом залучення геоінформаційних технологій для автоматизації обчислень і підвищення ефективності оцінювання. Зазначимо, що на сьогодні більшість дослідників цієї тематики [7, 9, 12, 14-17] розглядає геоінформаційні технології і системи як необхідний інструмент інтеграції даних і побудови результатуючих моделей. Отже, виконання регіональної оцінки природної захищеності підземних вод і визначення ризику їхнього забруднення потребують комплексного наукового аналізу на основі застосування напрацьованих дослідниками методик, і зокрема, геоінформаційного підходу, для врахування особливостей гідрогеологічного районування регіону, а також розміщення потенційних джерел впливу на стан підземної гідросфери.

Постановка завдання. Зміни, що відбуваються у навколишньому середовищі, зокрема у підземних водах, які є найбільш динамічним компонентом геологічного середовища, потребують постійного спостереження і аналізу, тому метою цього дослідження є виконання просторової оцінки ризику забруднення водоносних горизонтів для адміністративних районів Чернігівської області (території, що належить до транскордонного водообмінного басейну Дніпра і характеризується накопиченням потенційно-небезпечних для підземних вод забруднювальних речовин) за допомогою ГІС-технологій.

Для досягнення поставленої мети автори виконали такі завдання як аналізування умов формування ресурсів підземних вод Чернігівської області, розроблення і наповнення бази просторових та атрибутивних даних щодо гідрогеологічного районування і джерел потенційного забруднення підземних вод, реалізування у ГІС-середовищі оцінки ризику виникнення надзвичайних ситуацій унаслідок забруднення ґрунтових та міжпластових підземних вод і візуалізація отриманих результатів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ландшафтні гідрогеологічні комплекси (ЛГГК) – це ділянки з визначеними гідрогеологічними розрізами, на які поділено перший від поверхні водоносний горизонт і які відображають неповторні варіанти будови зони аерації, водовмісної та водотривкої товщ певної території та великою мірою зумовлюють особливості живлення та розвантаження ґрунтових вод і властивості верхнього шару гірських порід. Усього для території України виділено 26 різновидів рівнинних ЛГГК і 6 різновидів гірських ЛГГК [10].

Розроблення структури бази просторових і атрибутивних даних дасть змогу систематизувати існуючі схеми гідрогеологічного районування та результати багаторічних режимних спостережень для забезпечення функціонування системи державного гідрогеологічного моніторингу. Для створення просторової бази даних та забезпечення функціонування системи моніторингу підземних вод у межах Чернігівської області, а також оцінювання їхньої вразливості до забруднення і ризику виникнення надзвичайних ситуацій, використано матеріали ДНВП «Геоінформ України» щодо гідрогеологічного районування [11].

Для інтеграції просторових даних здійснено просторову прив'язку растрових карт та переведено їх у векторний формат шляхом дигіталізації. Створена геоінформаційна база даних включає перелічені нижче шари з відповідними атрибутами:

- гідрогеологічні басейни, виділені за умовами формування та розподілу ґрунтових вод (код, індекс, назва басейну);
- гідрогеологічні райони (код, індекс, назва району);
- гідрогеологічні підрайони (код, індекс, назва підрайону);
- ландшафтні гідрогеологічні комплекси (код, індекс, вік порід зони аерації, гірські породи зони аерації, хімічний склад вод зони аерації, граничні значення потужності зони аерації, граничні значення коефіцієнта фільтрації зони аерації, вік порід водоносної товщі, гірські породи водоносної товщі, хімічний склад вод ґрунтового водоносного горизонту, граничні значення потужності водоносного горизонту, граничні значення коефіцієнта фільтрації водоносного горизонту, вік порід водотриву, породи водотриву, коефіцієнт фільтрації порід водотриву, граничні значення мінералізації, жорсткості і показника рН, рівень ризику забруднення ґрунтових вод, рівень ризику забруднення міжпластових вод);
- векторні шари базової інформації, що включають адміністративні межі, населені пункти, дороги, річки, рослинність, рельєф;
- векторний шар інформації щодо потенційних антропогенних джерел забруднення підземних вод.

Територія досліджуваної Чернігівської області розташована в межах Дніпровського артезіанського басейну, зокрема Чернігівськополіського, Новгород-Сіверськополіського, Середньодніпровського і Полтавського гідрогеологічних районів (рис. 1). Часто в межах цієї території для підземних вод різних водоносних горизонтів характерний гідравлічний зв'язок, внаслідок чого на окремих ділянках утворюються спільні водоносні комплекси. Водопостачання у межах регіону здійснюється шляхом експлуатації підземних вод, що приурочені до четвертинних, палеогенових, крейдових і сеноманських відкладів [11].

У межах території досліджень поширені п'ять типів рівнинних ЛГГК:

- 1) 2a(3)3 – зона аерації складена торфами і мулом; водовмісними породами є торфи з мулом, піски з прошарками супісків, суглинків і глин та тріщинуваті (закарстовані) крейдіяно-мергельні відклади; водотрив представлений глинами (зона замулювання) або слабкотріщинуватою мергельно-крейдіяною товщею;
- 2) 3a(5)5 – зона аерації і водовмісна товща цілком однорідні та складені пісками (іноді з прошарками суглинків); водотривом є глинисті або мергельно-крейдіяні відклади. Цей ЛГГК – один із найпоширеніших в Україні і найбільш схильний до забруднення;
- 3) 4a(7)4 – зона аерації і водовмісна товща складені пісками з прошарками суглинків, супісків та глин, підстелених різновіковими глинами або крейдіяно-мергельними породами;
- 4) 5a(9)1 – зона аерації та водовмісна товща складені лесовидними суглинками, і лише в нижній частині розрізу водовмісні породи доповнюються супісками, вапняками та мергелями. Водотривка товща представлена глинами (важкими суглинками), щільними мергельно-крейдіяними породами;
- 5) 6a(11)2 – зона аерації складена з лесовидних суглинків; водовмісна товща представлена лесовидними суглинками і пісками з прошарками супісків, суглинків, глин та вапняків; водотрив представлений глинами або мергельно-крейдіяними породами.

Природна захищеність ґрунтових вод від проникнення забруднення насамперед визначається ландшафтним гідрогеологічним комплексом, поширеним у місці дії джерела забруднення. Бальність ризику виникнення надзвичайних ситуацій унаслідок забруднення водоносних горизонтів фігурує в номері кожного ЛГГК (остання цифра). Чим більший за значенням бал, тим менша природна захищеність (вища вразливість) ґрунтових вод від різноманітних забруднень. У таблиці 1 наведено результати класифікації ландшафтних гідрогеологічних комплексів, поширених у межах України, за ризиком можливості виникнення надзвичайних ситуацій під впливом забруднення підземної гідросфери за п'ятибальною шкалою.

Природна захищеність від забруднення міжпластових підземних вод залежить від багатьох чинників, зокрема від щільності зв'язку з ґрунтовими та поверхневими водами, через які до них потрапляють майже всі забруднення. Характер взаємозв'язку ґрунтових і міжпластових вод поділяється на три різновиди (табл. 2):

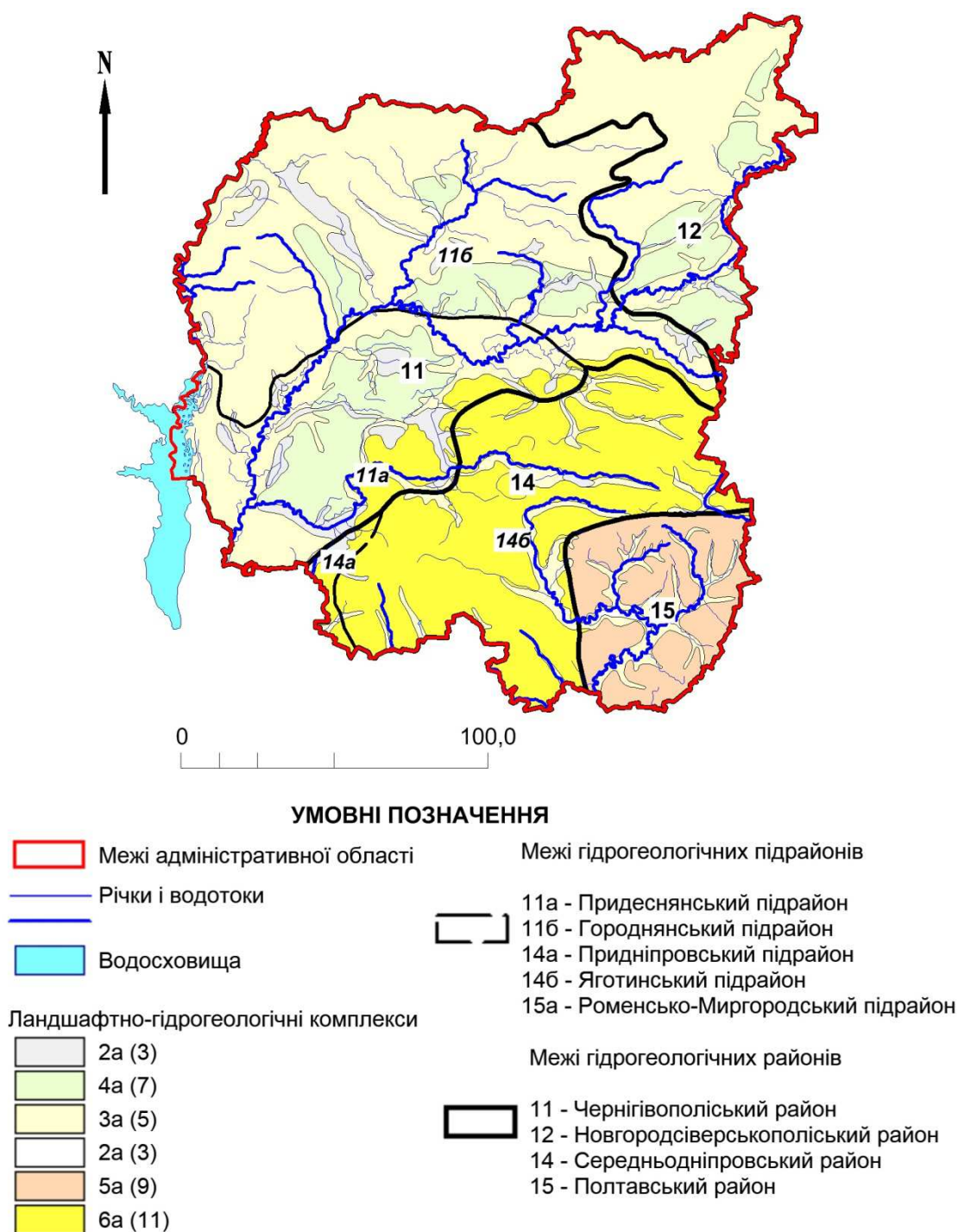


Рис. 1. Схема гідрогеологічного районування і поширення ландшафтних гідрогеологічних комплексів у межах Чернігівської області

- 1) взаємозв'язку майже немає, і рівні ґрунтових вод вищі за міжпластові;
- 2) гідравлічний зв'язок існує, і рівні ґрунтових та міжпластових вод збігаються;
- 3) гідравлічний зв'язок існує, і рівні міжпластових вод вищі за ґрунтові.

Природно захищені ділянки глибоких водоносних горизонтів мають малий ризик виникнення забруднення та оцінюються в 1 бал. Умовно захищені ділянки глибоких водоносних горизонтів мають деякий ризик виникнення забруднення і оцінюються в 2 бали. Природно незахищені ділянки глибоких водоносних горизонтів мають великий ризик виникнення забруднення й оцінюються в 3 бали.

У межах розглянутого регіону спорадичне поширення має тільки ЛГГК 2а(3)3, що буває в окремих долинах річок. Значні території в межах Чернігівської області займають ЛГГК 3а(5)5 і 4а(7)4, ґрунтові води яких є вразливими до зовнішніх забруднень (див. табл. 1). Водночас

міжпластові води, які залягають нижче від першого водоупору, складеного глинистими і мергелевими відкладами середньою потужністю 10–25 м, можна вважати достатньо захищеними (див. табл. 2).

Потенційними джерелами забруднення підземних вод регіону є полігони і звалища твердих побутових відходів (майже 560 га у межах області займають тільки офіційно зареєстровані полігони і звалища), ставки-накопичувачі (м. Чернігів), де зосереджено близько 130 тис. м³ рідких токсичних відходів промислових підприємств, та місця складування непридатних і заборонених до використання хімічних засобів захисту рослин [5]. Згідно з офіційними даними тільки протягом 2016 року на території області утворилося 284,5 тонн непридатних до використання пестицидів, зокрема у Борзнянському, Варвинському, Ічнянському, Носівському, Прилуцькому, Семенівському, Срібнянському, Сосницькому, Сновському районах.

Таблиця 1

Класифікація ЛГГК України за рівнем ризику виникнення надзвичайних ситуацій внаслідок забруднення ґрунтових вод шкідливими речовинами [10]

Малого ризику	Потенційного ризику	Ризику	Високого ризику	Дуже високого ризику
1 бали	2 бали	3 бали	4 бали	5 балів
1а(1)1	6а(11)2	2а(3)3	4а(7)4	3а(5)5
1б(2)1	6б(12)2	2б(4)3	4б(8)4	3б(6)5
5а(9)1	9а(17)2	10а(19)3	8а(15)4	7а(13)5
5б(10)1	9б(18)2	10б(20)3	8б(16)4	7б(14)5
Г(4)1	13(24)2	Г(1)3	12(23)4	11а(21)5
	14(25)2	Г(2)3	15(26)4	11б(22)5
	Г(5)2	Г(3)3		
	Г(6)2			

Таблиця 2

Умовні категорії захищеності підземних вод від вертикального проникнення забруднення

Категорії захищеності	ґрунтові води (ЛГГК)			Міжпластові води
	Склад і потужність зони аерації			Потужність першого від поверхні водоупору
	Глини	Суглинки	Перешарування глин ⁺ і суглинків*	
Захищені	>10 м	>10 м	>(5 ⁺ + 50*) м	>10 м
Умовно захищені	3-10 м	30-100 м	<(5 ⁺ + 50*) м або >(1,5 ⁺ + 1*) м	3-10 м
Незахищені	<3 м	<30 м	<(1,5 ⁺ + 15*) м	<3 м

Загальна бальна оцінка ризику виникнення надзвичайних ситуацій внаслідок забруднення водоносних горизонтів здійснюється на державному та регіональному рівні для адміністративних районів шляхом орієнтовного площинного підрахунку відсотків поширення всіх ЛГГК, розміщених у межах адміністративного району за картою гідрогеологічного районування за умовами формування (для ґрунтових вод) або шляхом орієнтовного площинного підрахунку поширення всіх захищених, умовно захищених та незахищених ділянок глибоких водоносних горизонтів, розміщених у межах адміністративного району за картою природної захищеності підземних вод.

Обчислюють за формулою:

$$ЗБР = \sum_{i=1}^n \frac{S_i \times БР_i}{S_p}, \quad (1)$$

де ЗБР – загальний бал ризику виникнення надзвичайної ситуації на території адміністративного району;

S_i – загальна площа i-го ЛГГК (i-ї ділянки з певною категорією захищеності підземних вод), що розташована в межах території досліджуваного району;

BPr – бал ризику для окремого ЛГГК (окремої ділянки з певною категорією захищеності підземних вод);

n – кількість різних ЛГГК (ділянок із певною категорією захищеності підземних вод), поширених у межах території досліджуваного району;

Sp – площа адміністративного району.

Загальну бальну оцінку ризику виникнення надзвичайних ситуацій унаслідок забруднення ґрунтових і міжпластових підземних вод окремих адміністративних районів розраховано за наведеною формулою, скориставшись її реалізацією у програмному середовищі ГІС за допомогою процедур оверлейного аналізу і відповідних SQL-запитів. Результати аналізу для адміністративних районів області наведено на рисунку 2. Відповідно до розрахованих значень загального бала ризику забруднення для водоносного горизонту ґрунтових вод, що залягає першим від земної поверхні, дуже високий і високий ризик ($4 < ZBP \leq 5$) характерний для 12 адміністративних районів області із 22. Низькою вразливістю до зовнішніх забруднень характеризуються лише території Вавринського, Срібнянського і Талалаївського районів ($1 < ZBP \leq 2$). Разом із тим, міжпластові водоносні горизонти в межах всієї області можна класифікувати як захищені і умовно захищені ($1 < ZBP \leq 2$).

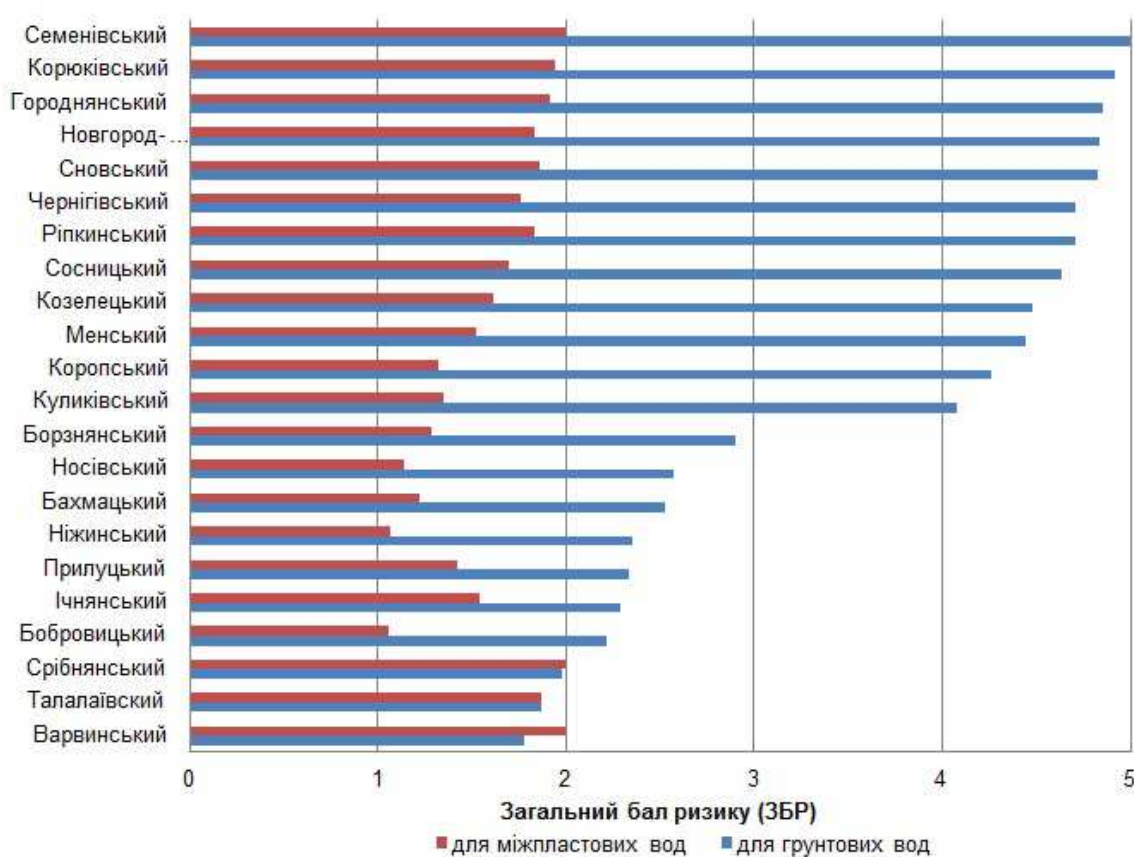


Рис. 2. Результати оцінювання ризику виникнення надзвичайних ситуацій унаслідок забруднення ґрунтових і міжпластових підземних вод адміністративних районів Чернігівської області

За отриманими вторинними даними створено тематичні карти типу діапазонів, щоб візуалізувати територіальний розподіл результатів (рис. 3). Високий рівень ризику виникнення надзвичайних ситуацій, зумовлених забрудненням ґрунтових вод, характерний для північної частини Чернігівської області і, відповідно, його значення поступово знижується в південному напрямку, що обґрунтовується високим гіпсометричним положенням північно-східного крила Дніпровського басейну із поступовим зануренням водоносних горизонтів у південно-західному напрямку.

Побудована рангова картограма зіставлена з картографічним шаром місць розташування потенційних джерел і стовпчиковими картодіаграмами, що характеризують відсоткові частки території адміністративних районів, зайняті полігонами відходів.

Аналіз комплексної картографічної моделі свідчить, що основна загроза забруднення водоносних горизонтів у північних районах із високим ризиком виникнення надзвичайних ситуацій пов'язана зі сміттєзвалищами і полігонами побутових відходів, а також рідкими токсичними відходами, зосередженими в ставках-накопичувачах у м. Чернігів. Місця складування непридатних до використання пестицидів у межах територій із високим рівнем вразливості водоносних горизонтів (Чернігівський, Городнянський, Корюківський, Семенівський, Новгород-Сіверський, Сновський, Ріпкинський, Менський, Коропський, Куликівський, Козелецький адміністративні райони) – відсутні.

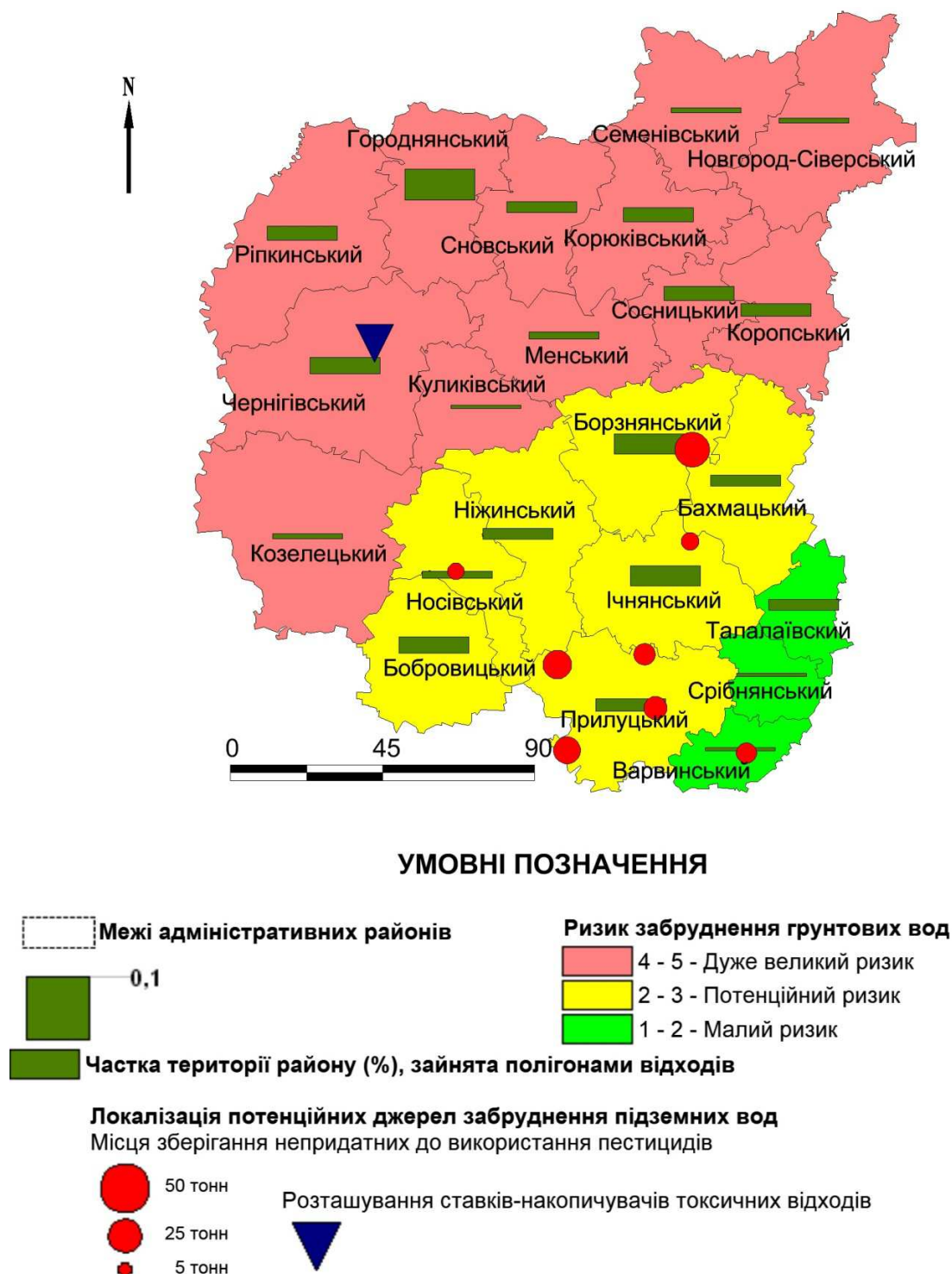


Рис. 3. Картограма рівнів ризику забруднення ґрунтових вод і розташування джерел потенційного забруднення водоносних горизонтів у межах Чернігівської області

Серед районів із потенційним ризиком забруднення ґрунтових вод особливу увагу слід приділити територіям Прилуцького, Борзнянського, Ічнянського і Носівського адміністративних районів, де здебільшого в незадовільному стані зберігаються значні обсяги непридатних до використання пестицидів.

Висновки та перспективи досліджень. Отже, для північно-західної частини території Чернігівської області характерна висока вразливість підземних вод до техногенного впливу. Враховуючи отримані результати, слід передбачити ведення постійного моніторингу для попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням підземних вод у Чернігівському, Городнянському, Корюківському, Новгород-Сіверському, Сновському, Ріпкинському адміністративних районах, насамперед у місцях локалізації техногенно небезпечних об'єктів. Території південно-східних адміністративних районів (Вавринського, Срібнянського і Талалаївського) можуть розглядатися як полігони для організації фонових гідрогеологічного моніторингу в зв'язку з доброю захищеністю приурочених водоносних горизонтів від антропогенного впливу.

Література

1 Шестопапов В. М. Стан і шляхи реформування державної системи моніторингу підземних вод з урахуванням міжнародного досвіду та вимог водної рамкової директиви Європейського Союзу / В. М. Шестопапов, Н. Г. Люта // Мінеральні ресурси України. – 2016. – № 2. – С. 3–4.

2 Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy [official website]. [on-line:] [http://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8756d3d694eeb.0004.02/DOC_1 &format=PDF](http://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF) [access: 21.01.2019].

3 Koshliakov O. Y. Cross-border aspect of geoinformation provision of water resource management in Ukraine / Koshliakov O. Y., Dyniak O. V., Koshliakova I. Y. // 16th International Conference Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects, Retrieved from www.scopus.com

4 Про питну воду та питне водопостачання: Закон України від 10 січня 2002 р. № 2047-VIII // Відомості Верховної Ради України. – 2002. – № 16 – ст. 112.

5 Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2016 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/Доповідь%20Чернігівська%202016.pdf> (21.01.2019). – Заголовок з екрану.

6 Ємчук Т. В. Оцінка захищеності підземних вод: методологічні аспекти і практичне застосування / Т. В. Ємчук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т. 1. – С. 45–50.

7 Кошляков О. Є. До питання вразливості питних підземних вод в межах Київської міської агломерації з урахуванням природної захищеності / О. Є. Кошляков, О. В. Диняк, І. Є. Кошлякова // Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки, 2014. – Т. 19. – № 3 (22). – С. 269–273.

8 Левонюк С. М. Комплексна геоекологічна оцінка захищеності питних підземних вод / С. М. Левонюк, І. В. Удалов // Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки, 2018. – № 2 (23). – С. 111–133. doi: 10.18524/2303-9914.2018.2(23).146642

9 Kozłowski M. Applying a Modified DRASTIC Model to Assess Groundwater Vulnerability to Pollution: A Case Study in Central Poland / Kozłowski M., Sojka M. // Polish Journal of Environmental Studies. – 2019. – 28(3), 1223-1231. <https://doi.org/10.15244/pjoes/84772>

10 Рубан С. А. Ландшафтні гідрогеологічні комплекси як основа визначення величини ризику виникнення надзвичайних ситуацій унаслідок забруднення підземних вод / С. А. Рубан // Мінеральні ресурси України. – 2004. – № 2. – С. 29–32.

11 Рубан С. А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. Монографія / С. А. Рубан, М. А. Шинкаревський. – К. : УкрДГРІ, 2005. – 572 с.

12 Саніна І. В. Досвід регіональних оцінок захищеності вод першого від поверхні водоносного горизонту із застосуванням ГІС-технологій / І. В. Саніна, Н. Г. Люта // Сучасні проблеми геології : збірка наукових праць, присвячена 155-річчю з дня народження академіка П. А. Тутковського. – К., 2013. – С. 310–312.

13 Davybida L. I. Geoinformation assessment of emergencies risk as the result of groundwater pollution for Chernihiv and Sumy administrative regions / Davybida L. I., Podholov V. M.,

Diachuk M. I. // 17th International Conference on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects, Retrieved from www.scopus.com.

14 Gogu R. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods / Gogu, Radu & Dassargues, Alain // *Environmental Geology*. – 2000. – V.39. – 549-559. doi 10.1007/s002540050466.

15 Остроух О. А. Якісна оцінка природної захищеності підземних вод засобами ГІС / О. А. Остроух // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія-Географія-Екологія», 2013. – № 1049. Вип. 38. – С. 34–38.

16 Neshat A. An integrated GIS based statistical model to compute groundwater vulnerability index for decision maker in agricultural area / Neshat A, Pradhan B, Shafri HZM // *J Indian Soc Remote Sens.* – 2014. – 42(4). – 777–788.

17 Deepesh M. Assessment and mapping of groundwater vulnerability to pollution: Current status and challenges / Deepesh Machiwal, Madan Kumar Jha, Vijay P. Singh, Chinchu Mohan // *Earth-Science Reviews*. – 2018. – V. 185. – 901-927. doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.08.009.

L. Davybida, V. Podholov
Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas

GEOINFORMATION ASSESSMENT OF THE GROUNDWATER CONTAMINATION RISK IN CHERNIHIV OBLAST

The purpose of the study is to perform the spatial risk assessment of aquifer contamination in the administrative regions of Chernihiv oblast using GIS-technologies. A geoinformation approach to determining the level of groundwater pollution risk for different aquifers was proposed, which was based on identifying different types of landscape hydrogeological complexes within the studied area. The authors defined possible sources of the underground hydrosphere pollution in Chernihiv oblast, which could lead to emergencies associated with the quality deterioration of groundwater, used for utility and drinking water supply. The structure of spatial and attribute data on hydrogeological zoning, aquifers vulnerability and potential sources of groundwater pollution was developed with geoinformation software. The created geodatabase allows performing special analysis and creating thematic maps to assess and visualize the risk of occurrence of emergency situations as a result of groundwater contamination of different aquifers. The overlay analysis of cartographic layers of hydrogeological and administrative zoning and location of potential pollution sources was performed. The total risk of emergencies occurrence as a result of the unconfined and confined aquifers pollution in the administrative regions of Chernihiv oblast was calculated. The obtained research results show that the north-western part of Chernihiv oblast has the highest groundwater vulnerability to man-made impact (a very high risk of phreatic aquifer contamination). Taking into account the obtained results, constant monitoring should be provided for the prevention of emergencies, caused by the groundwater pollution in Chernihiv, Horodnia, Koriukiv, Novhorod-Siverskyi, Snov, and Ripky administrative regions, mainly in the locations of technogenically hazardous facilities.

Key words: Landscape and hydrogeological complex; aquifer; geodatabase; cartogram.

References

1 Shestopalov V.M. Stan i shliakhy reformuvannia derzhavnoi systemy monitorynhu pidzemnykh vod z urakhuvanniam mizhnarodnoho dosvidu ta vymoh vodnoi ramkovoї dyrektyvy Yevropeiskoho Soiuzu / V. M. Shestopalov, N. H. Liuta // *Mineralni resursy Ukrainy*. – 2016. – № 2. – S. 3 – 4.

2 Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy [official website]. [on-line:] http://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8756d3d694eeb.0004.02/DOC_1 &format=PDF [access: 21.01.2019].

3 Koshliakov O. Y. Cross-border aspect of geoinformation provision of water resource management in Ukraine / Koshliakov O. Y., Dyniak O. V., Koshliakova I. Y. // 16th International Conference Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects, Retrieved from www.scopus.com

4 Pro pytnu vodu ta pytne vodopostachannia: Zakon Ukrainy vid 10 sichnia 2002 r. № 2047-VIII // Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. – 2002. – № 16 – st. 112.

5 Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Chernihivskii oblasti za 2016 rik [On-line]. – Access: [https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/Доповідь%20Чернігівська %202016.pdf](https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/Доповідь%20Чернігівська%202016.pdf) (21.01.2019). – Title from the screen.

6 Yemchuk T. V. Otsinka zakhyschenosti pidzemnykh vod: metodolohichni aspekty i praktychne zastosuvannia / T. V. Yemchuk // Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia. – 2011. – Т. 1. – S. 45-50.

7 Koshliakov O. Ye. Do pytannia vrazlyvosti pytnykh pidzemnykh vod v mezhakh Kyivskoi miskoi ahlomeratsii z urakhuvanniam pryrodnoi zakhyschenosti / O. Ye. Koshliakov, O. V. Dyniak, I. Ye. Koshliakova // Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Heohrafichni ta heolohichni nauky, 2014. – Т. 19. – № 3 (22). – S. 269–273.

8 Levoniuk S. M. Kompleksna heoekolohichna otsinka zakhyschenosti pytnykh pidzemnykh vod / S. M. Levoniuk, I. V. Udalov // Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Heohrafichni ta heolohichni nauky, 2018. – № 2 (23). – S. 111–133. doi: 10.18524/2303-9914.2018.2(33).146642 – S. 269–273.

9 Kozłowski M. Applying a Modified DRASTIC Model to Assess Groundwater Vulnerability to Pollution: A Case Study in Central Poland / Kozłowski M., Sojka M. // Polish Journal of Environmental Studies. – 2019. – 28(3), 1223-1231. <https://doi.org/10.15244/pjoes/84772>

10 Ruban S. A. Landshaftni hidroheolohichni komplekxy yak osnova vyznachennia velychyny ryzyku vynyknennia nadzvychainykh sytuatsii unaslidok zabrudnennia pidzemnykh vod / S. A. Ruban // Mineralni resursy Ukrainy. – 2004. – № 2. – S.29-32.

11 Ruban S.A. Hidroheolohichni otsinky ta prohnozy rezhymu pidzemnykh vod Ukrainy. Monohrafiia / S.A. Ruban, M.A. Shynkarevskyi - K.: UkrDHRI, 2005. - 572 s.

12 Sanina I.V. Dosvid rehionalnykh otsinok zakhyschenosti vod pershoho vid poverkhni vodonosnoho horyzontu iz zastosuvanniam HIS-tekhnologii / I.V.Sanina, N.H.Liuta // Suchasni problemy heolohii: Zbirka naukovykh prats prysviachena 155-richchiu z dnia narodzhennia akademika P.A.Tutkovskoho. – K., 2013. – S.310-312

13 Davybida L. I. Geoinformation assessment of emergencies risk as the result of groundwater pollution for Chernihiv and Sumy administrative regions / Davybida L. I., Podholov V. M., Diachuk M. I.// 17th International Conference on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects, Retrieved from www.scopus.com.

14 Gogu R. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods / Gogu, Radu & Dassargues, Alain // Environmental Geology. – 2000. – V.39. – 549-559. doi 10.1007/s002540050466.

15 Ostroukh O. A. Yakisna otsinka pryrodnoi zakhyschenosti pidzemnykh vod zasobamy HIS / O. A. Ostroukh // Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Serii «Heolohiia-Heohrafiia-Ekolohiia», 2013. – № 1049. Vyp. 38. – S. 34–38.

16 Neshat A. An integrated GIS based statistical model to compute groundwater vulnerability index for decision maker in agricultural area / Neshat A, Pradhan B, Shafri HZM // J Indian Soc Remote Sens. – 2014. – 42(4). – 777–788.

17 Deepesh M. Assessment and mapping of groundwater vulnerability to pollution: Current status and challenges / Deepesh Machiwal, Madan Kumar Jha, Vijay P. Singh, Chinchu Mohan // Earth-Science Reviews. – 2018. – V. 185. – 901-927. doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.08.009.

Надійшла до редакції 11 березня 2019 р.

*О. А. Машков¹, В. М. Триснюк², Ю. В. Мамчур²,
С. В. Жукаускас², С. А. Нігородова², А. В. Курило²*

*¹Державна екологічна академія
післядипломної освіти та управління, м. Київ*

*²Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору
НАН України, м. Київ*

НОВИЙ ПІДХІД ДО СИНТЕЗУ ВІДНОВЛЮЮЧОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНО ПІЛОТОВАНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

У зв'язку з ускладненням об'єктів керування з'явилося багато задач, в яких потрібно спочатку розрахувати бажаний закон зміни керованого процесу (програмний рух), а потім побудувати закон керування, що забезпечує точне або наближене здійснення цього процесу в умовах можливого виникнення нештатних ситуацій.

Запропоновано новий підхід до синтезу відновлюючого керування для дистанційно пілотованих літальних апаратів екологічного моніторингу. Обґрунтована можливість застосування концепції зворотних задач динаміки для синтезу систем керування дистанційно пілотованих літальних апаратів для здійснення стабілізації на заданій траєкторії руху в стохастичній постановці. Основна задача полягає в побудові системи керування програмним рухом, що забезпечує здійснення програмної траєкторії із заданою точністю за наявності різного роду збурень.

Запропоновано здійснювати розробку алгоритмів синтезу відновлюючого керування для дистанційно пілотованих літальних апаратів з використанням концепції зворотних задач динаміки. Ця концепція передбачає формалізацію задачі здійснення заданої траєкторії руху при виникненні нештатної ситуації шляхом стабілізації програмного руху (термінальне керування, адаптивне стеження). Оцінено ефективність алгоритму керування дистанційно пілотованим літальним апаратом на основі вирішення зворотної задачі динаміки для стохастичної багатовимірної автоматичної системи на модельному прикладі.

Методику синтезу відновлюючого керування з використанням концепції зворотних задач динаміки доцільно застосовувати при побудові систем керування дистанційно пілотованих літальних апаратів. Запропонований підхід може застосовуватися як до одновимірних так і багатовимірних систем автоматичного керування складними динамічними об'єктами.

Ключові слова: зворотна задача динаміки, перехідний процес, програмна траєкторія руху, система керування, час перехідного процесу, якість керування, дистанційно пілотований літальний апарат.

Постановка проблеми. До останнього часу в теорії автоматичного керування в основному було розглянуто завдання, в яких потрібно було підтримувати вихідний сигнал (режим) об'єкта керування на одному і тому ж постійному рівні (завдання стабілізації), або забезпечити відстежування невідомої заздалегідь змінної задавального впливу (завдання стеження). Проте у зв'язку з ускладненням об'єктів керування виникло багато завдань, в яких потрібно спочатку розрахувати бажаний закон зміни керованого процесу (програмний рух), а потім побудувати закон керування, що забезпечує точне або наближене здійснення цього процесу в умовах можливого виникнення нештатних ситуацій. Такі завдання виникають при управлінні дистанційно пілотованими літальними апаратами екологічного моніторингу.

Складність вирішення цих завдань на практиці [12–28] визначається такими трьома факторами:

1. Реальний рух у початковий момент може суттєво відрізнятись від програмного. Це пов'язано з наявними початковими збуреннями, виникненням нештатної ситуації.

2. Дійсні значення параметрів об'єкта керування через параметричні збурення відрізняються від їхніх оцінок, використовуваних при побудові рівняння.

3. Наявні діючі збурення.

Тому, якщо система керування не здатна парировати вплив перелічених факторів, автоматично пристосовуючись до існуючих зовнішніх умов і внутрішніх – спричинених відмовами бортового обладнання, то реальний рух може суттєво відрізнитися від програмного. Мета керування – рух за програмною траєкторією в цих умовах – може бути не досягнута. Отже, постає завдання побудови системи керування програмним рухом, що забезпечує здійснення програмної траєкторії із заданою точністю за наявності різного роду збурень.

Застосування класичних методів керування до побудови систем керування програмним рухом стикається з труднощами. Ці труднощі пов'язані з тим, що при виникненні нештатних ситуацій ряд існуючих властивостей керуваного об'єкта і умови його функціонування заздалегідь не відомі. Дослідження показують, що застосування законів керування на основі розв'язання зворотної задачі динаміки дозволяє знизити рівень випадкових складових у координатах стану. Такі закони керування бувають ефективні при побудові функціонально-стійких автоматичних систем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Викладено методу синтезу функціонально-стійких систем керування програмним рухом, що базується на ідеях методу, розробленого Петровим Б. М., Поповим Е. П., Крутько П. Д., а також методу, розробленого Тимофєєвим А. В.

У роботах Барбашина Е. А. розглянуто питання наближення здійснення руху динамічного об'єкта за заданою траєкторією[1]. Дослідженню побудови алгоритмів керування як зворотної задачі динаміки присвятили свої праці Петров Б. Н., Крутько П. Д., Попов Е. П. [2-5]. Методи розв'язання зворотних задач запропоновано Галіуллінім А. С. [6]. Синтезу алгоритмів керування польотом літального апарата на основі розв'язання зворотних задач динаміки присвячені праці Артюшина Л. М., Панова В. І., Шамова Г. В. [7–11].

Метою статті є обґрунтування можливості застосування концепції зворотних задач динаміки для синтезу систем керування дистанційно пілотованих літальних апаратів для здійснення стабілізації на заданій траєкторії руху в стохастичній постановці.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо алгоритм керування дистанційно пілотованим літальним апаратом на оперативному програмованій траєкторії в стохастичній постановці.

Представимо рівняння руху досліджуваного об'єкта у вигляді:

$$\dot{X}(t) = AX(t) + BU(t) + G\xi(t), \quad (1)$$

де $U(t)$ – m -вимірний вектор керувальних функцій; $\xi(t)$ – r -вимірний вектор випадкових збурень.

Вважаємо матриці A , B , G заданими. Щодо вектор-функції припустимо, що вона має такі властивості:

$$M[\xi(t)] = 0, \quad M[\xi(t)\xi^T(t - \tau)] = P_\xi(t)\delta(t - \tau). \quad (2)$$

Матриця P_ξ розмірності (r, r) характеризує інтенсивність випадкових збурень і вважається відомою. Рівняння вимірника має вигляд:

$$Z(t) = HX(t) + \eta(t), \quad (3)$$

де $\eta = (\eta_1 \dots \eta_k)^T$ – вектор випадкових похибок, що має такі властивості:

$$M[\eta(t)] = 0, \quad M[\eta(t)\eta^T(t - \tau)] = P_\eta(t)\delta(t - \tau). \quad (4)$$

Матриця P_η розмірності (k, k) характеризує інтенсивність завади $\eta(t)$.

Вважаємо також, що процеси $\xi(t)$ і $\eta(t)$ статистично незалежні. Це припущення відповідає багатьом прикладним задачам.

Рівняння (1) розглядатимемо як модель збуреного руху. У такому разі задача керування полягає в тому, щоб утримувати систему в окрузі початку координат

$$X(t) \rightarrow O_{(n)}$$

Практично режим керування можна вважати збуреним, якщо значення математичне очікування $M[X(t)]$ суттєво перевищують прийнятий рівень випадкових складових координат вектора стану.

Для збуреного режиму закон керування слід синтезувати з умови здійснення призначеної траєкторії руху з точки $M[X(0)]$ у початок координат (розглядаються лінеаризовані рівняння).

У незбуреному режимі закон керування має забезпечувати рух керованого об'єкта в можливо меншій окрузі початку координат.

Розглянемо ці режими. Закон керування рухом даної системи приймаємо у вигляді:

$$\begin{aligned} U &= CZ(t) = CHX(t) + C\eta(t), \\ M[\eta(t)] &= 0, \\ M[\eta(t)\eta^T(t)] &= P_\eta(+)\delta(t-\tau). \end{aligned} \quad (5)$$

Матриця параметрів $C = \{C_{ij}\}$, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, k}$ підлягає визначенню.

Для збуреного за математичним очікуванням $M[X(t)]$ режиму керування параметри $\{C_{ij}\}$ визначаються в результаті оптимізації детермінованої системи:

$$\begin{aligned} \dot{M}[X(t)] &= AM[X(t)] + BM[U(t)]; \\ M[U(t)] &= CHM[X(t)]. \end{aligned} \quad (6)$$

Для незбуреного (за математичним очікуванням) режиму параметри закону керування визначаються з умови, щоб дисперсії координат стану були мінімальними в кожен момент часу.

Початковою, в цьому разі, є система стохастичних рівнянь:

$$\frac{d \overset{\circ}{X}(t)}{dt} = A \overset{\circ}{X}(t) + B \overset{\circ}{U}(t) + G \overset{\circ}{\xi}(t), \quad (7)$$

$$\overset{\circ}{U}(t) = CH \overset{\circ}{X}(t) + G \eta(t). \quad (8)$$

Тут

$$\overset{\circ}{X}(t) = X(t) - m_X(t),$$

$$\overset{\circ}{U}(t) = U(t) - m_U(t).$$

Матричне диференціальне рівняння для матриці других центральних моментів вектора стану:

$$\begin{aligned} \overset{\circ}{D}(t) &= AD(t) + D(t)A^T + BCHD(t) + \\ &+ D(t)H^T C^T B^T + BCP_\eta C^T B^T + GP_\xi(t)G^T. \end{aligned} \quad (9)$$

Для стохастичної системи (7), (8) мінімум дисперсії вихідних координат досягається в тому разі, якщо для кожного $t > 0$ похідна $\overset{\circ}{D}(t, C)$ приймає екстремальне значення в просторі параметрів C_j . Це, у свою чергу, буває, якщо C_j задовольняють систему рівнянь:

$$\frac{\partial \overset{\circ}{D}(t, C)}{\partial C_j} = 0, \quad j = \overline{1, k}.$$

Параметри, що задовольняють цю умову $|C_1^\sigma \dots C_k^\sigma| = C_\sigma^T$, називатимемо оптимальними.

Оптимальні значення елементів матриці параметрів закону керування задовольняють умови

$$\frac{d}{dt}[d_{ii}(t, C)] = \min_C [d_{ii}(t, C)], \quad i = \overline{1, n}$$

Щоб знайти необхідні розрахункові співвідношення для C_σ , слід виконати диференціювання $d_{ii}(t, C)$ за C_{ij} .

Диференціювання діагональних елементів матриці $D(t)$ зручно проводити, якщо ввести такі позначення:

$$B = \begin{bmatrix} b_1^T \\ \vdots \\ b_n^T \end{bmatrix}, C = [c_1, c_2, \dots, c_k],$$

$$H = \begin{bmatrix} h_1^T \\ \vdots \\ h_k^T \end{bmatrix}, D = [d_1, d_2, \dots, d_k].$$

З урахуванням введених позначень діагональні елементи матриці $D(t, C)$ можна диференціювати за векторами C_i , що дає систему векторних рівнянь:

$$\frac{d}{dC_i}(e_i^T D e_i) = 0, \quad i = \overline{1, k} \quad (10)$$

де

$$e_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix}, \dots, e_k = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Вирішуючи рівняння (10) можна отримати

$$B C_\sigma P_\eta(t) + D_d(t) \cdot H^T = 0.$$

Матриця $D_\sigma(t)$, що входить до цього виразу, визначається з диференціального рівняння (9) при оптимальному значенні $C = C_\sigma$, яке дорівнює:

$$\sigma_0(t) = -(B^T B)^{-1} B^T D_\sigma(t) H^T P_\eta^{-1}(t). \quad (11)$$

Очевидно, що для незбуреного (за математичним очікуванням) режиму керування параметри залежать від часу. Це зумовлено двома причинами. Одна з них полягає в тому, що інтенсивність $P_\eta(t)$ похибок вимірювання не постійна. Інша причина полягає в тому, що навіть при стаціонарному випадковому процесі $\eta(t)$ вектор $C_\sigma = C_\sigma(t)$, оскільки матриця $D_\sigma(t)$ других центральних моментів у перехідному процесі змінюється в часі.

Диференціальне рівняння для $D_\sigma(t)$ можна отримати із загального рівняння (9), якщо підставити в нього вираз (11) $C_\sigma(t)$

$$\dot{D}_\sigma(t) = A D_\sigma(t) + D_\sigma(t) A^T = R Q_\sigma(t) R^T + G P_\xi(t) G^T, \quad (12)$$

де позначено

$$R = B(B^T B)^{-1} B^T; \quad Q_\sigma(t) = D_\sigma(t) H^T P_\eta^{-1}(t) H D_\sigma(t);$$

$$R = R^T; \quad Q_\sigma(t) = Q_\sigma^T(t).$$

Рішення $D_\sigma(t)$ матричного рівняння (12) використовується для обчислення $C_\sigma(t)$ за формулою (11). Як початкова умова $D_\sigma(0)$ для рівняння (12) може приймати деяке апріорне значення, виходячи з допустимого рівня шумів проектованої системи, тобто питання це вирішується з урахуванням особливостей проектованої системи і умов її функціонування.

Проте, при виконанні обчислювальних процедур, можна як початкові умови прийняти $D_\sigma(0) = 0$.

Зазвичай у практиці приймають, що випадкова функція $\xi(t)$ стала, тобто $\sigma_{\xi}(t) = \text{const}$, похибки вимірювання $\eta_i(t)$ також є сталими випадковими функціями $P_{\eta} = \text{const}$. Стале значення $D_{\sigma}(\infty) = \text{const}$, отже, згідно з (11) оптимальне значення $C_{\sigma}(\infty) = \text{const}$.

Оцінимо ефективність алгоритму керування дистанційно пілотованим літальним апаратом на основі розв'язання зворотної задачі динаміки для стохастичної багатовимірної автоматичної системи на модельному прикладі.

Розглянемо систему:

$$\dot{X}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -0,3 & -3 & -0,1 \end{bmatrix} \cdot X(t) + \begin{bmatrix} 2 & 1 & 4 \\ 0 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot U(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \xi(t).$$

Рівняння вимірника має вигляд:

$$Z(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot X(t) + \eta(t).$$

Характеристики випадкових функцій мають вигляд:

$$\sigma_{\xi}^2 = 0,01; P_{\eta} = \begin{bmatrix} 0,01 & 0 \\ 0 & 0,01 \end{bmatrix}.$$

Для збуреного (за математичним очікуванням) режиму параметри закону керування визначені з умови наближення $X(t)$ до вектора стану $Y(t)$ системи:

$$\dot{Y}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & -3 & -3 \end{bmatrix} \cdot Y(t).$$

Як міра наближення $X(t) \rightarrow Y(t)$ прийнятий функціонал:

$$J(c) = \int_0^T [X(t, c) - Y(t)]^T V [X(t, c) - Y(t)] dt,$$

$$V = \begin{bmatrix} 100 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Оптимальні параметри для збуреного режиму дорівнюють:

$$\{C_{ij}^*\} = \begin{bmatrix} 0,386 & 6,308 \\ 0,009 & 1,666 \\ -0,197 & -3,672 \end{bmatrix}.$$

На рис. 1 наведені графіки, що характеризують зміну середньоквадратичних значень:

$$\sigma_{ij} = \sqrt{\alpha_{ij}}$$

координат стану X_i для того випадку, коли закон керування $U(x) = CHX$. Аналізуючи наведені на рис.1 залежності, можна зробити такі висновки:

1. Рівень випадкових складових у координаті стану дуже високий.
2. Параметри C_{ij} , знайдені для збуреного (за математичним очікуванням) режиму керування, не можна визнати оптимальними для незбуреного режиму.

На рис. 2 наведені залежності середньоквадратичних значень $\sigma_{ij}^{\min}(t)$, які отримані для закону керування

$$U(x) = C_{\sigma} Z,$$

синтезованого з умови реалізації мінімальних дисперсій у кожен момент часу.

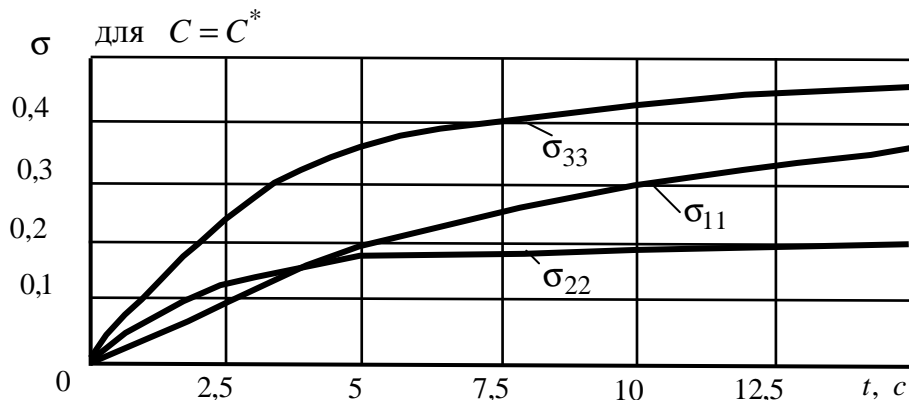


Рис. 1. Графік зміни середньоквадратичних значень $\sigma_{ij} = \sqrt{\alpha_{ij}}$

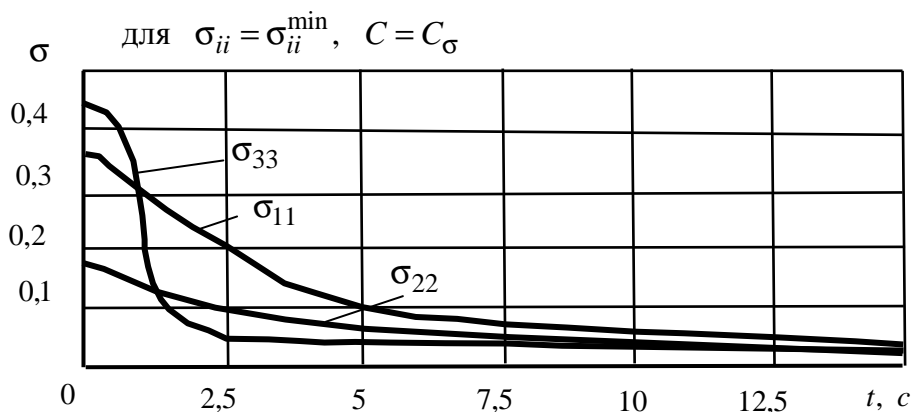


Рис. 2. Графік зміни середньоквадратичних значень для закону керування $\sigma_{ij}^{\min}(t)$

Ці дані відповідають тому разі, коли початкове значення $D_{\sigma}(0)$ у рівнянні (12) прийняте рівним сталому значенню матриці $D(t)$, отриманої для системи з параметрами $C = C^*$. Оптимальні значення параметрів C_{ij}^{σ} змінюються в процесі керування, тобто є функцією часу (рис. 3).

У сталому режимі:

$$\{C_{ij}^{\sigma}(\infty)\} = \begin{bmatrix} 0,845 & -0,116 \\ 0,557 & -0,077 \\ -0,786 & 0,199 \end{bmatrix}.$$

Отже, на основі сформульованого поняття функціональної стійкості і запропонованих методів синтезується відновлювальне керування, що забезпечує виведення динамічної системи з нештатних ситуацій.

Подальшим етапом досліджень планується моделювання і оцінювання ефективності розроблених алгоритмів для різних умов застосування дистанційно пілотованих літальних апаратів.

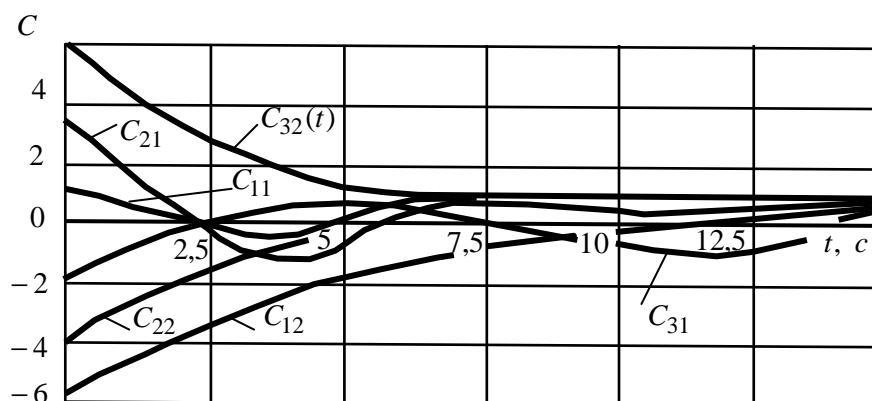


Рис. 3. Графік оптимальних значень параметрів C_{ij}^{σ} у процесі керування

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розроблення алгоритмів синтезу відновлювального керування для дистанційно пілотованих літальних апаратів передбачається здійснювати з використанням концепції зворотних задач динаміки. Ця концепція передбачає формалізацію задачі здійснення заданої траєкторії руху при виникненні нештатної ситуації шляхом стабілізування програмного руху (термінальне керування, адаптивне стеження). Методика синтезу відновлювального керування з використанням концепції зворотних задач динаміки доцільно застосовувати для побудови систем керування дистанційно пілотованих літальних апаратів. Запропонований підхід застосовний як до одновимірних, так і багатовимірних систем автоматичного керування.

Література

- 1 Барбашин Е. А. О приближенном осуществлении движения по заданной траектории, Автомат. и телемех., 1961, том 22, вып. 6. – с. 681–687.
- 2 Петров Б. Н., Крутько П. Д. Построение алгоритмов управления как обратная задача динамики, Докл. АН СССР, 1979, том 247, №5. – с. 1078–1081.
- 3 Петров Б.Н., Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Линейные модели. М., Техническая кибернетика, №4, 1980. – с. 147–156.
- 4 Петров Б. Н., Крутько П. Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Нелинейные модели. М., Техническая кибернетика, №5, 1980. – с. 149–167.
- 5 Петров Б. Н., Крутько П. Д. Конструирование алгоритмов управления полетом на основе решения обратных задачи динамики. Продольное движение. М., Техническая кибернетика, №2, 1981 – с. 162–170.
- 6 Галиуллин А. С. Методы решения обратных задач динамики. М.: Наука, 1986. – 224 с.
- 7 Артюшин Л.М., Панов В. И., Шамов Г. В. Синтез алгоритмов управления полетом на основе решения обратных задач динамики. Киев : КВВАИУ, 1982. – 44 с.
- 8 Артюшин Л.М. Синтез алгоритмов управления движением сложных механических систем по методу обратных задач динамики. Докл. АН УССР. Кибернетика и вычислительная техника, 1986, №8. – с. 73-76.
- 9 Trysnyuk V., Trysnyuk T., Okhariev V., Shumeiko V., Nikitin A. Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding // Scientific Bulletin Series D : Mining, Mineral Processing, Non-Ferrous Metallurgy, Geology and Environmental Engineering; Baia Mare – Vol. XXXII, No. 1 – 2018. – pp. 51-55.
- 10 Trofymchuk O., Trysnyuk V., Novokhatska N., Radchuk I. Geo-Information Technologies for Decision Issues of Municipal Solid Waste // Journal of Environmental Science and Engineering A3 (2014) – pp. 183-187.
- 11 Артюшин Л. М., Машков О. А., Дурняк Б. В., Сивов М. С. Теорія автоматичного керування. Львів, Вид. УАД, 2004. – 272 с.
- 12 Машков О. А. Синтез многомерных автоматических систем на основе решения обратных задач динамики. Киев.: КВВАИУ, 1989. – 76 с.

*O. Mashkov¹, V. Trysnyuk², Y. Mamchur²,
S. Zhukauskas², S. Nihorodova², A. Kurylo²*

*¹State Ecology Academy of Postgraduate
Education and Management, Kyiv;*

*²Institute of Telecommunications and
Global Information Space
National Academy of Sciences
of Ukraine, Kyiv*

NEW APPROACH TO THE SYNTHESIS OF RECOVERING CONTROL FOR THE REMOTELY CONTROLLED AIRCRAFTS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING

The complication of control objects has resulted in the appearance of many problems, in which first the desired law of changes in the controlled process (program motion) should be calculated, and then the control law should be developed that ensures the exact or approximate implementation of this process in case of possible occurrence of emergency situations.

A new approach to the synthesis of recovering control for the remotely controlled aircrafts for environmental monitoring has been proposed. The possibility of using the concept of inverse dynamics problems to synthesize the control systems of remotely controlled aircrafts for stabilization on the guided path in stochastic setting has been substantiated. The main task is to develop the control system of program motion, which ensures the execution of the program trajectory with the specified accuracy in the presence of various kinds of perturbations.

The authors have proposed to develop the synthesis algorithms of recovering control for remotely controlled aircrafts using the concept of inverse dynamics problems. This concept involves the formalization of guided path problem in case of emergency situation by means of stabilizing the program motion (terminal control, adaptive tracking). The efficiency of control algorithm of the remotely controlled aircrafts based on the solution of the inverse dynamics problem for a stochastic multidimensional automatic system has been evaluated for the model example.

It is expedient to use the methodology of synthesizing the recovering control using the concept of inverse dynamics problems in the development of control systems of remotely controlled aircrafts. The proposed approach can be applied to both one-dimensional and multidimensional systems of the automatic control of complex dynamic objects.

Keywords: inverse dynamics problem, transition process, program trajectory, control system, transition period, control quality, remotely controller aircraft.

References

- 1 Barbashyn E. A. O priblyzhennom osushchestvlenii dvyzheniya po zadannoi traektorii, *Avtomat. y telemekh.*, 1961, tom 22, vyp. 6. – s. 681–687.
- 2 Petrov B. N., Krutko P. D. Postroyeniye alhorytmov upravleniya kak obratnaia zadacha dynamiky, *Dokl. AN SSSR*, 1979, tom 247, №5. – s. 1078–1081.
- 3 Petrov B.N., Krutko P.D. Obratnye zadachy dynamiky upravliaemykh system. Lyneinye modely. M., *Tekhnicheskaya kibernetika*, №4, 1980. – s. 147–156.
- 4 Petrov B. N., Krutko P. D. Obratnye zadachy dynamiky upravliaemykh system. Nelyneinye modely. M., *Tekhnicheskaya kibernetika*, №5, 1980. – s. 149–167.
- 5 Petrov B. N., Krutko P. D. Konstruyrovaniye alhorytmov upravleniya poletom na osnove resheniya obratnykh zadachy dynamiky. *Prodolnoe dvyzheniye. M., Tekhnicheskaya kibernetika*, №2, 1981 – s. 162–170.
- 6 Halyullyn A. S. *Metody resheniya obratnykh zadach dynamiky. M.: Nauka*, 1986. – 224 s.
- 7 Artiushyn L.M., Panov V. Y., Shamov H. V. *Syntezy alhorytmov upravleniya poletom na osnove resheniya obratnykh zadach dynamiky. Kyev : KVVAYU*, 1982. – 44 s.
- 8 Artiushyn L.M. *Syntezy alhorytmov upravleniya dvyzhenyem slozhnykh mekhanicheskikh system po metodu obratnykh zadach dynamiky. Dokl. AN USSR. Kibernetika y vychyslytel'naya tekhnika*, 1986, №8. – s. 73-76.
- 9 Trysnyuk V., Trysnyuk T., Okhariev V., Shumeiko V., Nikitin A. Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding // *Scientific Bulletin Series D : Mining, Mineral Processing, Non-Ferrous Metallurgy, Geology and Environmental Engineering; Baia Mare – Vol. XXXII, No. 1 – 2018.* – pp. 51-55.

10 Trofymchuk O., Trysnyuk V., Novokhatska N., Radchuk I. Geo-Information Technologies for Decision Issues of Municipal Solid Waste // Journal of Environmental Science and Engineering A3 (2014) – pp. 183-187.

11 Artiushyn L. M., Mashkov O. A., Durniak B. V., Syvov M. S. Teoriia avtomatychnoho keruvannia. Lviv, Vyd. UAD, 2004. – 272 c.

12 Mashkov O. A. Syntez mnohomernykh avtomatycheskykh system na osnove reshenyia obratnykh zadach dynamyky. Kyev.: KVVAYU, 1989. – 76 s.

Надійшла до редакції 17 травня 2019 р.

Я. О. АдаменкоІвано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу**МЕТОДОЛОГІЯ СКОУПІНГУ В ПРОЦЕДУРАХ ОВД**

У роботі розглянуто проблему щодо визначення обсягу та рівня деталізації дослідження у процедурах оцінювання впливів на довкілля та стратегічної екологічної оцінки. Базуючись на глибокому аналізі процедури скоупінгу міжнародних систем екологічних оцінок планованої діяльності за Інтернет-ресурсів та Інтернет-порталів, а також сучасного українського природоохоронного законодавства, автор пропонує методологію визначення обсягу та рівня деталізації дослідження у процедурах оцінювання впливів на довкілля та стратегічної екологічної оцінки.

Процес визначення обсягу та рівня деталізації дослідження у процедурах оцінювання впливів на довкілля та стратегічної екологічної оцінки є особливо важливим та найосновнішим етапом планування робіт з екологічного оцінювання проектної, планової та іншої діяльності, яка може чинити вплив на навколишнє середовище.

Визначення обсягу та рівня деталізації дослідження – скоупінг, це процес покликаний сприяти підвищенню ефективності процедурам ОВД та СЕО шляхом виявлення ключових проблем, інтересів і альтернатив, що вимагають дослідження. Ця інформація дозволить особам, відповідальним за виконання ОВД, належним чином орієнтувати дослідницьку групу на дослідження значимих проблем. Крім того, систематичне визначення завдань зменшує імовірність того, що звіт з ОВД або СЕО матиме серйозні упущення, і тим самим дозволяє уникнути затримок, пов'язаних із необхідністю перероблення звіту. Визначення завдань виконується, щоб гарантувати, що час і гроші не будуть витрачені даремно на збір непотрібних вихідних даних або виконання непотрібних досліджень, а важливі проблеми не будуть упущені.

У статті також обґрунтовано й результати скоупінгу. Автор пропонує складати технічне завдання на проведення ОВД (СЕО) за результатами скоупінгу.

Ключові слова: скоупінг, оцінювання впливів на довкілля, стратегічна екологічна оцінка, екологічна оцінка, суб'єкт господарювання.

Постановка проблеми. У грудні 2017 року в Україні увійшов в дію Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (від 23.05.2017 р. № 2059-VIII) [1], а з березня 2018 р. – Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку» (від 20.03.2018 р. № 2354-VIII) [2], в яких вимагається обов'язкове визначення обсягу та рівня деталізації дослідження.

Процес визначення обсягу та рівня деталізації дослідження, інакше кажучи, ключових завдань для проведення екологічних оцінок у процедурах оцінювання впливів на довкілля (ОВД) та стратегічної екологічної оцінки (СЕО) є особливо важливим та найголовнішим етапом планування робіт з екологічного оцінювання проектної, планової та іншої діяльності, яка може чинити вплив на навколишнє середовище.

Термін «скоупінг» походить від англійського слова *scoping*. Дослівний переклад цього слова має декілька значень – діапазон, поле дій, компетенція, обсяг тощо. У вітчизняній та зарубіжній літературі термін «скоупінг» почали застосовувати в спеціалізованій літературі з екологічної оцінки.

У міжнародних системах екологічної оцінки скоупінг ще інакше називають визначенням сфери діяльності при проведенні екологічних оцінок, тобто скоупінг – це процедура визначення завдань, що дозволяє виявити проблеми, які, імовірно, будуть важливі для екологічних оцінок, і знімати ті, котрі не є важливими. Отже, цей етап запобігає витраті часу і грошей на непотрібні дослідження.

На цей етап розвитку системи екологічного оцінювання планованої діяльності в Україні діє єдиний реєстр ОВД Міністерства екології та природних ресурсів [3], де суб'єктом господарської діяльності згідно з вимогами Закону України про ОВД оголошується, наміри про планувану діяльність та будь-який громадянин нашої держави (а у разі можливого транскордонного впливу – й громадяни зачепленої держави) можуть подавати свої зауваження та пропозиції до проведення подальших екологічних оцінок.

Метою статті є теоретичне обґрунтування методології визначення обсягу та рівня деталізації дослідження для процедур СЕО та ОВД. Визначення обсягу та рівня деталізації дослідження – скоупінг (англ. *scoping*, визначення обсягу) – це процес, покликаний сприяти підвищенню ефективності процедурам ОВД та СЕО шляхом виявлення ключових проблем, інтересів і альтернатив, що потребують дослідження. Ця інформація дозволить особам, відповідальним за виконання ОВД, належним чином орієнтувати дослідницьку групу на дослідження значимих проблем. Крім того, систематичне визначення завдань зменшує імовірність того, що звіт з ОВД (або СЕО) матиме серйозні упушення, і тим самим дозволяє уникнути затримок, пов'язаних із необхідністю переробки звіту. Визначення завдань виконується, щоб гарантувати, що час і гроші не будуть витрачені даремно на збір непотрібних вихідних даних або виконання непотрібних досліджень, а важливі проблеми не будуть упущені.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процедури визначення обсягу та рівня деталізації досліджень обов'язкові у багатьох розвинутих країнах світу, а також регламентовані директивами та конвенціями Євросоюзу [4-18].

У Сполучених Штатах скоупінг з'явився у відповідь на вимоги федеральних органів влади здійснювати екологічну оцінку на ранніх етапах. У деяких перших звітах з ЕІА (Environmental Impact Assessment) у США багато часу витрачалося на вивчення кожного зрозумілого впливу, незважаючи на його значимість, тож були підготовлені звіти такого обсягу, що важливі питання губилися за великою кількістю деталізацій. Інші роботи з екологічного впливу, навпаки, містили замало інформації та матеріалу, щоб його можна було застосувати для процесу прийняття відповідальних рішень. Аби подолати ці проблеми, існуючі в США нормативи з ЕІА були доповнені вимогами до всіх їхніх виконавців про занесення етапу визначення сфери діяльності на початок процесу екологічної оцінки.

У США, як й усіх інших розвинутих із точки зору екологічної оцінки держав, участь громадськості входить до процесу ЕІА, починаючи зі стадії скоупінгу. Це може бути виконано, якщо громадськість виявить бажання взяти участь у екологічних оцінках для певної діяльності. Залучення громадськості на ранніх етапах може сприяти більш детальній визначеності щодо чутливих екологічних ресурсів та вияву питань важливого громадського значення.

Для визначенні обсягу заходів з екологічної оцінки Світовий Банк рекомендує проконсультуватися не тільки з позичальником, організацією-виконавцем та технічними експертами. Цінну інформацію можуть надати державні установи, бо вони можуть визначити потенційний вплив проекту на інші галузі економіки, а ці типи впливів необхідно досліджувати. Задля цього Директива Світового Банку 4.01 рекомендує, щоб як тільки буде прийнято рішення про проведення ЕО, необхідно організувати міжвідомчі збори, а також проводити такі збори після закінчення екологічної оцінки та її результати надавати на розгляд держави. На перших зборах його учасники мають домовитись про налагодження постійної координації.

У країнах Європи і Центральної Азії використовують кілька методів скоупінгу, включаючи загальні і конкретні списки множинного вибору опцій, попередню оцінку та одержання схвалення відповідним відомством.

Викладення основного матеріалу досліджень. Максимально широкий підхід до визначення завдань може включати перелічені нижче завдання, однак на практиці не завжди необхідно, щоб визначення завдань було настільки складним.

Визначення завдань може використовуватися для того, щоб:

- розглянути розумні і реальні альтернативи;
- інформувати населення, якого може торкатися запланована діяльність та пов'язані з нею впливи;
- виявити можливі впливи на навколишнє середовище при впровадженні запланованої діяльності та її альтернатив;
- встановити можливі впливи змін у навколишньому середовищі на людину;
- усвідомити цінність та якість навколишнього середовища для осіб і населення, яких можуть торкатися впливи при здійсненні запланованої діяльності та її альтернатив;
- оцінити можливі впливи на навколишнє середовище для визначення необхідності і способу їхнього подальшого розгляду з урахуванням стурбованості, яка може бути виражена різними сторонами;
- визначити предмет необхідних подальших досліджень, а також просторові і тимчасові рамки, у яких будуть розглядатися впливи;

– визначити характер необхідної подальшої оцінки, включаючи як дослідницькі роботи, так і процедури консультацій;

– систематизувати можливі впливи і проблеми, визначити серед них пріоритетні, і надати інформацію про них громадськості та зацікавленим сторонам;

– скласти технічне завдання як основу для наступного процесу екологічної оцінки.

Підхід, обраний для визначення завдань, має враховувати місцеві цінності, традиції і культуру. Необхідно, щоб відповідальність за проведення скоупінгу мав ініціатор діяльності або суб'єкт господарської діяльності, а також державні органи, що контролюють процес екологічних оцінок, або група експертів, спеціально сформована для цієї мети.

Визначення завдань потребує адекватного розгляду проекту, можливих альтернатив, ймовірних впливів, а також шляхів їхнього пом'якшення або керування ними. Необхідно визначити такі аспекти подальшого процесу ОВД (або СЕО) як розглянута географічна область, тимчасові рамки для аналізу впливу, методика, які потрібно використовувати, джерела наявної інформації і пробіли в них, тривалість стадій екологічного оцінювання, а також процедуру ухвалення рішення. Мають бути чітко сформульовані пропозиції щодо участі громадськості в процесі ОВД (або СЕО) (у т.ч. на самій стадії визначення завдань).

При проведенні екологічних оцінок (ЕО) важливо забезпечити концентрацію оцінки лише на важливих питаннях для різних етапів впровадження запропонованої діяльності та досить ретельно розглядати всі можливі типи впливів. Для всіх типів запропонованої діяльності важливо враховувати етапи впровадження цієї діяльності, а також етапи робіт з ЕО. У деяких випадках також необхідно розглянути етап закриття чи етап виведення з експлуатації, а у разі проектів, пов'язаних із корисними копалинами, етап відновлення і після використання.

Неефективно використовувати кошти лише на дослідження усіх можливих впливів великого ряду альтернатив. Тому найважливішим результатом скоупінгу є згода основних зацікавлених сторін, включаючи громадськість, щодо обсягу альтернатив, які слід оцінити та найважливіших впливів, які необхідно передбачити та оцінити. Скоупінг має проводити заявник діяльності, який оплачуватиме витрати.

Як мінімум до процесу скоупінгу необхідно залучити таких осіб, відомства і організації:

– міністерства та відомства, сфери відповідальності яких ймовірно будуть торкатися пропозиції (наприклад, міністерства, пов'язані з природними ресурсами, сільським господарством, транспортом, здоров'ям населення, соціальним добробутом тощо);

– місцеві державні органи влади, на територіях яких буде впроваджений запропонований проект або на території, яка ймовірно буде уражена впливами від запроєктованої діяльності;

– інші державні установи, що приймають рішення (наприклад СЕС, управління земельних ресурсів, управління архітектури тощо);

– наукові установи – науково-дослідні інститути і лабораторії, галузеві інститути, заклади вищої освіти, які можуть мати вихідну інформацію про природні та техногенні чинники території, де планується впровадження діяльності;

– організації приватного сектору, такі як торговельні, комерційні, туристичні, готельні організації, ті що пов'язані з розвитком інфраструктури на території, де планується діяльність;

– неурядові громадські екологічні організації, які можуть мати інформацію про природні та соціальні чинники території, де планується впровадження діяльності;

– представників громадськості, яких ймовірно буде торкатися запланована пропозиція.

Цих осіб необхідно забезпечити інформацією про проект та його альтернативи, щоб дати їм змогу визначити питання, які їх цікавлять, а також отримати відповіді від осіб, з ким проводилися консультації.

Існує багато методів отримання відповідей. У разі державних установ та неурядових організацій можна попросити надати відповіді у письмовій формі або підчас зустрічей. Такі зустрічі можуть проходити за закритими дверима та включати замовника і ряд зацікавлених сторін. Ці зустрічі можна провести після отримання письмових коментарів, щоб прояснити питання. На першій стадії скоупінгу пропонується підготувати чорновий варіант технічного завдання.

Результати скоупінгу слід проаналізувати і оцінити та підготувати наступний варіант технічного завдання (ТЗ) для проведення екологічної оцінки. Як правило, замовник відповідає за процедуру скоупінгу та підготовку ТЗ, але він може найняти й консультантів для проведення цієї роботи.

Технічне завдання – дуже важливий документ, оскільки він визначає не лише відповідність та виконання робіт з екологічного оцінювання для менеджменту проекту, а також і корисність результатів оцінки впливів на навколишнє середовище при прийнятті рішення.

Технічне завдання не слід розглядати як «фіксований» незмінний документ. У ході роботи над ОВНС може знадобитись змінити орієнтацію роботи. Необхідно досягти згоди між консультантами, замовником і відомствам, що надає дозволи до внесення змін.

Хоча визначення завдань, безумовно, є одним із ранніх етапів екологічних оцінок, подальший перегляд і коригування завдань триває протягом всієї екологічної оцінки впливів, ухвалення рішення, детального проектування, здійснення діяльності і моніторингу. Непередбачені проблеми, що потребують подальшого розгляду, можуть виникнути на кожній зі стадій ОВД (або СЕО). Дослідження в рамках конкретної проблеми (наприклад, забруднення ґрунтових вод або зміна мікроклімату), проведені в ході екологічного оцінювання впливів, також можуть послідовно розкривати додаткові фактори або проблеми, які піднімуть питання перед групою виконавців, вкажуть потенційні сфери конфлікту між зацікавленими сторонами, вченими і широкою громадськістю.

Предметом обговорень і суперечок можуть бути питання, пов'язані з кожною сферою досліджень, такі як тип і кількість збору даних, методи їхнього аналізу, значимість і репрезентативність даних, важливість проблеми, прийняті стандарти, адекватність запропонованих заходів для пом'якшення впливів. В остаточному підсумку не існує «правильних» відповідей на ці питання, є лише послідовність суджень і рішень, спрямованих на те, щоб збалансувати доступні для дослідження ресурси (тимчасові і фінансові), з одного боку, і обґрунтовану стурбованість зацікавлених сторін, з іншого.

Отже, кінцевим результатом етапу скоупінгу є офіційний документ – технічне завдання, що визначає рамки робіт з ОВД (або СЕО), які організовує ініціатор. Цей документ є основою для детальної постановки завдань окремим експертам-виконавцям.

З урахуванням наданого вище аналізу процедури скоупінгу та власний досвід автора цієї роботи, запропоновано використовувати вісім кроків для визначення сфери діяльності при проведенні екологічних оцінок (рис. 1):



Рис. 1. Покрокова модель процедури скоупінгу

1. Підготувати проект (чорновий варіант) технічного завдання з ОВД (або СЕО) з такими розділами:

- мета й опис запланованої діяльності;
- умови, у яких передбачається здійснення намічуваної діяльності;
- екологічні обмеження;
- можливі реальні альтернативи;
- проблеми, що можуть бути пов'язані з впровадженням запропонованої діяльності;
- план залучення громадськості до процесу ОВД (або СЕО);
- календарний графік роботи.

2. Провести консультації з ініціатором, державними органами й іншими зацікавленими сторонами шляхом обговорення, збираючи доступну інформацію, виявляючи інформаційні пробіли і встановлюючи проблеми, базуючись на проробці проектного задуму.

3. Скорегувати технічне завдання з ОВД (або СЕО), враховуючи додаткову інформацію, та поширити його серед інших зацікавлених сторін, чия точка зору має бути врахована.

4. Отримати інформацію від інших зацікавлених сторін та виявити проблеми, що викликають їхню стурбованість.

5. Оцінити проблеми з технічної і суб'єктивної точок зору, намагаючись виявити пріоритетні проблеми.

6. Скорегувати і доповнити проект технічного завдання ОВД (або СЕО), щоб включити погоджені пропозиції.

7. Розробити стратегію для розгляду і рішення кожної з ключових проблем, включаючи потребу в інформації і технічне завдання для подальших досліджень.

8. Забезпечити зворотний зв'язок, повідомивши, яким чином були враховані коментарі і зауваження.

Висновки. Аналізуючи все вище викладене, можна констатувати, що визначення сфери діяльності запропонованого задуму є одна з найважливіших стадій процесу екологічної оцінки, бо ця процедура передбачає неодноразове визначення проблем, які можуть торкатися цієї діяльності та викликати стурбованість різних кіл зацікавлених сторін. Якщо процедуру скоупінгу проводити якомога швидше при ОВД (або СЕО), то надалі економиться не тільки бюджет проекту, але й приймають адекватне і всебічне обґрунтоване рішення з упровадження проектного задуму інвестора.

Література

1 Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 № 2059-VIII – Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 29 – с. 315.

2 Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку» (від 20.03.2018 р. № 2354-VIII) – Відомості Верховної Ради (ВВР), 2018, № 16 – с.138.

3 Єдиний реєстр ОВД Міністерства екології та природних ресурсів України – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://eia.menr.gov.ua/>

4 Brazil – ECOFORCE [інтернет-портал]. – <http://www.ecof.org.br>.

5 Canadian Environmental Assessment Agency (CEAA). [інтернет-портал]. – <http://www.ceaa.gc.ca>.

6 Couch W. J. The Canadian Guide to Environmental Assessment Abroad. – Canada, 1993. – 43 pp.

7 EIA Centre, Hamm, Germany. [інтернет-портал]. – <http://www.laum.uni-hannover.de>.

8 EIA Centre, Roskilde, Denmark. [інтернет-портал]. – <http://www.teksam.ruc.dk>.

9 EIA Section, DGXI, European Commission. [інтернет-портал]. – <http://europa.eu.int>.

10 EIA Unit - University of Wales, Aberystwyth. [інтернет-портал]. – <http://www.aber.ac.uk>.

11 Environment Agency, Government of Japan. [інтернет-портал]. – <http://www.eic.or.jp>.

12 European Bank for Reconstruction and Development. Environmental Procedures. European Bank for Reconstruction and Development. – London. – UK, 1992. – 4 pp..

13 Hong Kong Environmental Protection Department, EIA page. [Електронний ресурс] – <http://www.info.gov.hk/epd/eia>.

14 Impacts Assessment Unit, Oxford. [інтернет-портал]. – <http://www.brookes.ac.uk>.

15 Institute of Environmental Management and Assessment, Lincoln, UK. [Електронний ресурс] – <http://www.iema.net>.

16 Mexican EIA. [інтернет-портал]. – <http://www.ine.gob.mx>.

17 The Essex guide to Environmental Impact Assessment // Peter Hakes, DMS FRTP Chair of Environmental Assessment Working Party Essex County Council, Planning Division, County Hall Chelmsford Essex. – UK, 2000. – 105 pp.

18 US EPA Databases and Software. [інтернет-портал]. – <http://www.epa.gov>.

Ya. Adamenko

*Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas*

SCOPING METHODOLOGY IN EIA PROCEDURES

The paper considers the problem of determining the scope and level of detail of the study in the procedures of environmental impact assessment (EIA) and strategic environmental assessment (SEA). Based on the deep analysis of the scoping process in the international environmental assessment systems of planning activities according to Internet resources and Internet portals as well as the modern Ukrainian environmental legislation, the author proposes a methodology for determining the scope and level of detail of the study in the procedures of environmental impact assessment and strategic environmental assessment.

The process of determining the scope and level of detail of the research in the procedures of environmental impact assessment and strategic environmental assessment is very important. It is the key stage in planning the environmental assessment, in project, planning and other activities, which may impact the environment.

Determining the scope and level of detail of the study is scoping, a process designed to enhance the effectiveness of EIA and SEA procedures by identifying key issues, interests and alternatives that require research. This information will help those, responsible for the implementation of environmental impact assessment, to properly focus the research group on studying significant issues. In addition, the systematic identification of tasks reduces the likelihood that the EIA and SEA report will have serious omissions and thereby helps to avoid delays associated with the need to rewrite the report. Task definition is performed to ensure that time and money will not be wasted on collecting unnecessary raw data or performing unnecessary research, and important issues will not be missed.

The article also substantiates the results of scoping. The author proposes to develop the requirements specification for conducting the EIA and SEA procedures based on scoping results.

Key words: scoping, environmental impact assessment, strategic environmental assessment, environmental assessment, business entity.

References

1 Закон України «Про ocinku vplivu na dovkillya» (vid 23.05.2017 № 2059-VIII) – Vidomosti Verhovnoï Radi (VVR), 2017, № 29 – s.315.

2 Закон України «Pro strategichnu ekologichnu ocinku» (vid 20.03.2018 № 2354-VIII) – Vidomosti Verhovnoï Radi (VVR), 2018, № 16 – s.138.

3 Єдиний реєстр ОВД Міністерства екології та природних ресурсів України – [Elektronnij resurs] – Rezhim dostupu: <http://eia.menr.gov.ua/>

4 Brazil – ECOFORCE [internet-portal]. – <http://www.ecof.org.br>.

5 Canadian Environmental Assessment Agency (CEAA). [internet-portal]. – <http://www.ceaa.gc.ca>.

6 Couch W. J. The Canadian Guide to Environmental Assessment Abroad. – Canada, 1993. – 43 pp.

7 EIA Centre, Hamm, Germany. [internet-portal]. – <http://www.laum.uni-hannover.de>.

8 EIA Centre, Roskilde, Denmark. [internet-portal]. – <http://www.teksam.ruc.dk>.

9 EIA Section, DGXI, European Commission. [internet-portal]. – <http://europa.eu.int>.

10 EIA Unit - University of Wales, Aberystwyth. [internet-portal]. – <http://www.aber.ac.uk>.

11 Environment Agency, Government of Japan. internet-portal]. – <http://www.eic.or.jp>.

12 European Bank for Reconstruction and Development. Environmental Procedures. European Bank for Reconstruction and Development. – London. – UK, 1992. – 4 pp.

13 Hong Kong Environmental Protection Department, EIA page. [Elektronnij resurs] – <http://www.info.gov.hk/epd/eia>.

- 14 Impacts Assessment Unit, Oxford. [internet-portal]. – <http://www.brookes.ac.uk>.
- 15 Institute of Environmental Management and Assessment, Lincoln, UK. [Elektronnij resurs] – <http://www.iema.net>.
- 16 Mexican EIA. [internet-portal]. – <http://www.ine.gob.mx>.
- 17 The Essex guide to Environmental Impact Assessment // Peter Hakes, DMS FRTPI Chair of Environmental Assessment Working Party Essex County Council, Planning Division, County Hall Chelmsford Essex. – UK, 2000. – 105 pp.
- 18 US EPA Databases and Software. [internet-portal]. – <http://www.epa.gov>.

Надійшла до редакції 7 травня 2019 р.

*Г. М. Кривенко, Л. В. Возняк, В. О. Зорін
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу*

АНАЛІЗ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ СТАЦІОНАРНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ

Для оцінювання викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря було взято Івано-Франківську область, оскільки ця область налічує немало кількість рекреаційних ресурсів.

Відходи виробництва електроенергії на теплоелектростанціях ускладнюють екологічну ситуацію в країні. Вирішення проблем, що пов'язані з охороною навколишнього середовища та покращення якості його соціальної складової, завжди є актуальним. Актуальність полягає у зменшенні техногенного навантаження на довкілля підприємствами, що генерують тепло.

Метою роботи є аналізування і прогнозування викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами. У процесі досліджень вирішено питання аналізу приземних концентрацій забруднювальних речовин на межі санітарно-захисної зони та прогнозування оцінки подальших викидів.

Проаналізовано зміну викидів забруднювальних речовин за певний період часу. Для аналізу існуючих викидів Бурштинської ТЕС та їхнього порівняння з ГДК розраховано приземні концентрації забруднювальних речовин на межі санітарно-захисної зони. Бурштинська ТЕС належить до другої категорії небезпеки. Побудовано прогнозну оцінку подальших викидів та наведено заходи щодо їхнього мінімізування. Розраховано індекс токсичності з урахуванням вагових коефіцієнтів. Аналіз викидів свідчить про перевищення ГДК для деяких забруднювальних речовин. За індексом токсичності, який враховує як клас небезпеки речовини, так і ступінь перевищення ГДК, рекомендовано заходи щодо зменшення викидів певних речовин та вибору палива з меншим їхнім вмістом.

Рекомендовано вибір палива з меншим вмістом у викидах не тільки таких речовин як оксид азоту, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, діоксиду сірки, але і свинцю та його сполук. При встановленні та реконструкції систем очищення димових газів для Бурштинської ТЕС необхідно враховувати фільтрувальну здатність обладнання щодо речовин з великим значенням індексу токсичності.

Для уніфікації розрахунків, аналізу в розрізі обраного періоду часу, можливості застосування для інших об'єктів господарювання було розроблено програмне забезпечення.

Ключові слова: прогнозна оцінка, діоксид сірки, оксид азоту, концентрація, індекс токсичності.

Постановка проблеми. Аналіз досліджень і публікацій. На сьогодні у світі поставлено ряд важливих питань, що стосуються раціонального використання та виробництва енергетичних ресурсів. Найпопулярнішим трендом стало використання енергії, отриманої від природних сил, таких як сонячна та вітрова енергії. Але не завжди ці методи покриття енергетичних потреб є доцільними, достатніми і рентабельними. Тому поки що існують такі види генерування енергії як атомні, теплові та гідроелектростанції. Які, в свою чергу, створюють ряд екологічних проблем, що загрожують як навколишньому середовищу, так і існуванню людства загалом.

Відходи виробництва електроенергії на теплоелектростанціях ускладнюють екологічну ситуацію в країні.

Вирішення проблем, пов'язаних із охороною навколишнього середовища та покращенням якості його соціальної складової, завжди є актуальним. Актуальність полягає у зменшенні техногенного навантаження на довкілля підприємствами, що генерують тепло.

Проблемі дослідження викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря присвячено багато наукових робіт, а саме: Адаменка О. М., Семчука Я. М., Крижанівського Є. І., Меднікова Є. П., Адаменка Я. О., Говдяка Р. М., Кошлак Г. В., Консевич Л. М., Клименка М. О., Панківського Ю. І., Залеського І. І., Білецької Г. А. та інших [1–3, 5–8, 10–11]. З аналізу літературних джерел, присвячених проблемам викидів забруднювальних речовин, випливає, що існує необхідність комплексного аналізу викидів, що дасть змогу їх спрогнозувати та вжити ефективних заходів щодо мінімізування забруднення довкілля.

Мета досліджень. Метою роботи є аналіз і прогнозування викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами.

У процесі досліджень вирішено такі завдання:

- аналізування приземних концентрацій забруднювальних речовин на межі санітарно-захисної зони;
- прогнозне оцінювання подальших викидів та рекомендація використання заходів щодо їхнього мінімізування.

Матеріали та методи досліджень. Для оцінювання викидів шкідливих речовин у атмосферне повітря було взято Івано-Франківську область, оскільки ця область налічує немалу кількість рекреаційних ресурсів. Згідно зі статистичними даними, 2017 року в атмосферне повітря області потрапило 198,3 тис. тонн забруднювальних речовин. Це на 0,8% більше, ніж у 2016 році [15]. Статистичні дані щодо викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення підприємств за містами Івано-Франківської області у 2017 році та порівняння з 2016 роком наведено у таблиці 1 [15].

Таблиця 1

Викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря за містами Івано-Франківської області у 2017 році

Населений пункт	Обсяги викидів, тонн	% до 2016 р.	У тому числі			
			діоксиду сірки		діоксиду азоту	
			тонн	% до 2016 р.	тонн	% до 2016 р.
Область	198324,7	100,8	129606,2	94,1	14497,8	108,7
м. Івано-Франківськ	447,2	99,9	7,2	113,5	58,4	122,5
м. Болехів	199,4	103,4	0,2	100,0	6,4	194,1
м. Бурштин	160137,9	95,0	113795,0	89,5	11121,4	103,5
м. Калуш	20048,7	156,6	15560,0	150,7	948,2	267,0
м. Коломия	143,7	98,9	9,5	97,5	18,9	110,9
м. Яремче	100,8	100,1	25,0	98,4	2,9	51,5

Як видно з табл. 1, найбільшим забруднювачем у Івано-Франківській області є місто Бурштин, а, оскільки, зі слів міністра екології та природних ресурсів Остапа Семерака, до першої трійки найбільших забруднювачів атмосферного повітря в Україні у 2016 році входила Бурштинська ТЕС, частка забруднення від якої у 2016 році становила приблизно 85,7% загальнообласних викидів (2017 рік – 80,7%), то надалі в цій роботі саме Бурштинська ТЕС розглядатиметься як основний забруднювач області.

За даними Івано-Франківського центру статистики Бурштинська ТЕС має таку динаміку викидів станом з 2011 до 2016 року (табл. 2 [15]).

Україна є членом Енергетичного співтовариства, а отже, зобов'язана дотримуватися умов Договору про створення Енергетичного співтовариства і відповідно його додатків. Згідно з Додатком II до Договору всі установки для спалювання палива мають відповідати вимогам Директиви 2001/80/ЄС про обмеження викидів деяких забруднювальних речовин у повітря від них. Директива 2010/75/EU про промислові викиди, що була прийнята на зміну Директиви 2001/80/ЄС, внесла значні зміни до чинного законодавства ЄС стосовно установок для спалювання палива. Одна з найважливіших змін полягає в більш жорстких граничних значеннях викидів для діоксиду сірки (далі – SO₂), оксидів азоту (далі – NO_x) та речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом, (далі – пил).

Через недотримання вимог українського екологічного законодавства переважна більшість установок для спалювання палива має бути виведена з експлуатації, що призведе до зменшення наявних потужностей у національній енергетичній системі та зниження виробництва електричної і теплової енергії. Можливість для України тимчасового відступу від вимог Директиви 2001/80/ЄС (згідно зі статтею 4) шляхом впровадження Національного плану скорочення викидів має суттєве значення для енергетичної безпеки держави (табл. 3 [14]).

Після завершення терміну дії Національного плану скорочення викидів всі установки для спалювання палива мають відповідати вимогам Директиви 2010/75/ЄС щодо викидів перелічених вище забруднювальних речовин.

**Динаміка викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря Бурштинською
ТЕС (2011-2016 р.р.)**

Назва речовини	Динаміка викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, тонн/рік					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Арсен та його сполук	4,301	4,255	4,513	4,645	5,052	4,788
Ванадій та його сполуки	0,016	0,074	0,027	0,013	0,922	0,018
Залізо та його сполуки	0,277	0,222	0,217	0,021	0,024	0,145
Мідь та її сполуки	3,419	3,365	3,528	3,631	3,987	3,798
Нікель та його сполуки	3,863	3,523	4,025	4,144	4,504	4,330
Ртуть та її сполуки	0,361	0,729	0,391	0,461	0,455	0,410
Свинець та його сполуки	3,567	3,654	3,715	4,373	4,800	4,564
Хром та його сполуки	4,881	4,805	5,048	5,255	5,934	5,591
Цинк та його сполуки	11,887	11,767	12,383	12,752	13,992	13,317
Манган та його сполуки	0,023	0,016	0,019	0,006	0,002	0,050
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	23183,402	21513,739	22234,425	25283,982	30344,789	27960,271
Діоксид азоту	11354,319	12812,872	13148,793	13082,255	12372,540	10749,752
Оксид азоту	128,984	140,616	146,413	146,978	144,760	124,818
Діоксид сірки	162642,848	138697,194	145698,662	159928,632	152169,450	127097,611
Оксид вуглецю	1087,149	1193,384	1208,417	1225,098	1181,981	979,835
Ксилол	1,777	1,499	1,381	0,696	0,600	0,381
Крім того діоксид вуглецю	8537995,65	9186830,18	9260703,337	9549579,509	9392522,996	8440207,669

Статистичну обробку даних, наведених у табл. 1–3, проводили, використовуючи пакет програм Microsoft Office Excel.

Виклад основного матеріалу. За результатами табл. 1–3 побудовано прогнозну оцінку подальших викидів забруднювальних речовин без урахування заходів щодо встановлення та реконструкції систем очищення димових газів для Бурштинської ТЕС. Результати наведені на рисунках 1–3.

Для опису динаміки викиду діоксиду сірки, оксидів азоту та пилу побудовані лінії тренду засобами MS Excel на основі точкової діаграми за фактичними даними. При побудові лінії тренду вибрано лінійну апроксимуючу криву, оскільки скорочення обсягів викидів згідно з Національним планом також має лінійну залежність. Це дасть змогу спростити порівняльний аналіз.

Як видно з рисунків 1–3, необхідно застосовувати комплексні заходи для зниження рівня викидів, що планується здійснити за допомогою:

- будівництва нових енергоблоків (27 нових блоків ТЕС і ТЕЦ);
- обмеженої кількості годин роботи енергоблоків з подальшим їхнім виведенням із експлуатації (133 установок);
- оснащення існуючих блоків газоочисними спорудами (90 установок) [12].

Для аналізу існуючих викидів Бурштинської ТЕС та їхнього порівняння з ГДК розраховано приземні концентрації забруднювальних речовин на межі санітарно-захисної зони згідно з методикою, викладеною у нормативному документі ОНД-86.

Бурштинська ТЕС належить до другої категорії небезпеки із нормативною шириною санітарно-захисної зони 500 м [4, 11].

Таблиця 3

Національний план скорочення викидів

Назва установки	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Вимоги до щорічного скорочення у період 2018–2033 років обсягів викидів діоксиду сірки (т/рік)																
Бурштинська ТЕС (енергоблоки 9,10,11,12)	55557,9	50254	44950,1	39646,2	34342,3	29038,4	23734,6	18430,7	13126,8	7822,9	2519	-	-	-	-	-
Бурштинська ТЕС (енергоблоки 8)	9446,1	8552,2	7658,3	6764,3	5870,4	4976,5	4082,6	3188,6	2294,7	1400,8	506,9	-	-	-	-	-
Разом	65004	58806,2	52608,4	46410,5	40212,7	34014,9	27817,2	21619,3	15421,5	9223,7	3025,9	-	-	-	-	-
Вимоги до щорічного скорочення у період 2018–2033 років обсягів викидів оксидів азоту (т/рік)																
Бурштинська ТЕС (енергоблоки 9,10,11,12)	5291,3	5106,5	4921,7	4736,8	4552	4367,2	4182,4	3997,6	3812,7	3627,9	3443,1	3258,3	3073,5	2888,6	2703,8	2519
Бурштинська ТЕС (енергоблоки 8)	870,5	846,3	822	797,8	773,5	749,3	725	700,8	676,6	652,3	628,1	603,8	579,6	555,4	531,1	506,9
Разом	6161,8	5952,8	5743,7	5534,6	5325,5	5116,5	4907,4	4698,4	4489,3	4280,2	4071,2	3862,1	3653,1	3444	3234,9	3025,9
Вимоги до щорічного скорочення у період 2018–2033 років обсягів викидів пилу (т/рік)																
Бурштинська ТЕС (енергоблоки 9,10,11,12)	5002,7	4527,6	4052,5	3577,4	3102,4	2627,3	2152,2	1677,1	1202,1	727	251,9	-	-	-	-	-
Бурштинська ТЕС (енергоблоки 8)	1677,8	1515,1	1352,4	1189,7	1027	864,2	701,5	538,8	376,1	213,4	50,7	-	-	-	-	-
Разом	6680,5	6042,7	5404,9	4767,1	4129,4	3491,5	2853,7	2215,9	1578,2	940,4	302,6	-	-	-	-	-

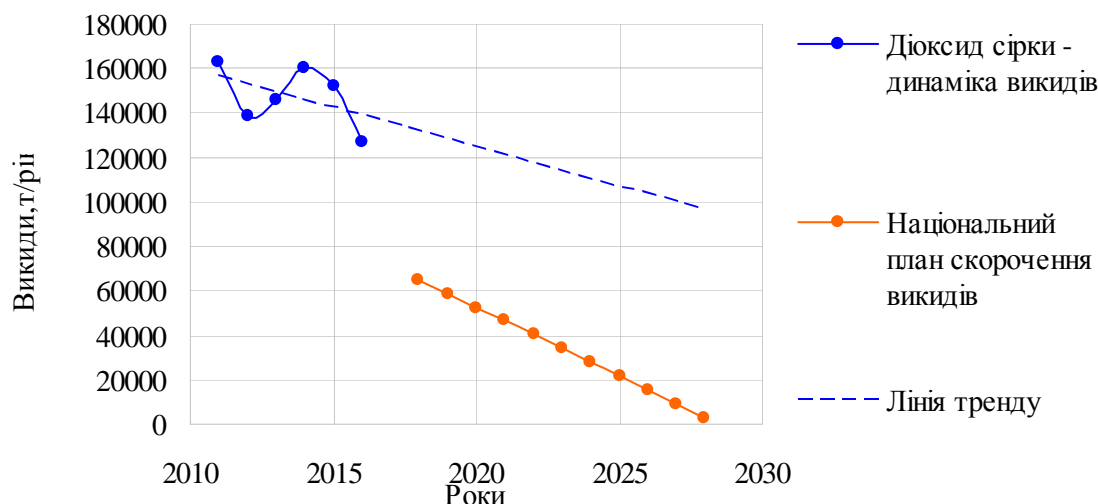


Рис. 1. Викиди діоксиду сірки – планова та прогнозна оцінка

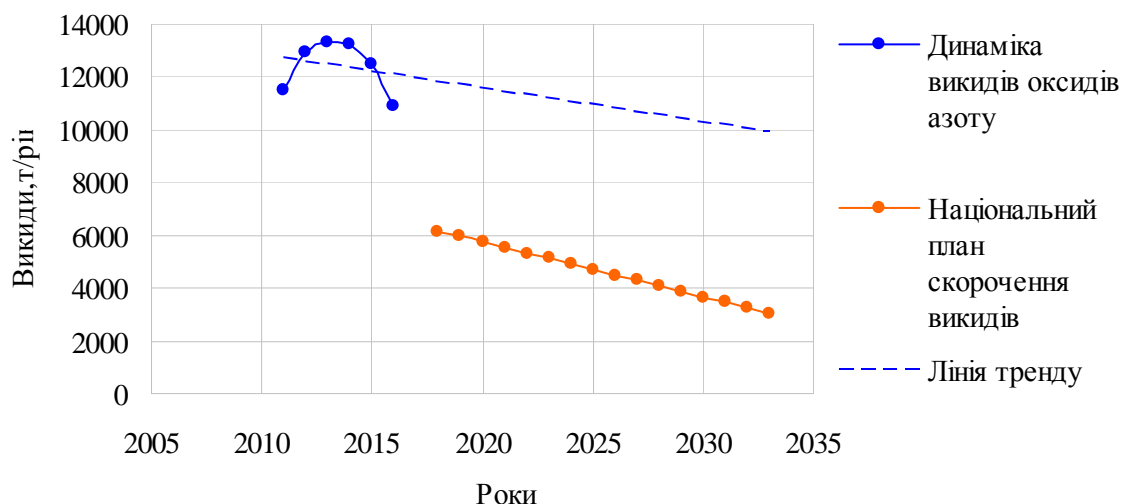


Рис. 2. Викиди оксидів азоту – планова та прогнозна оцінка

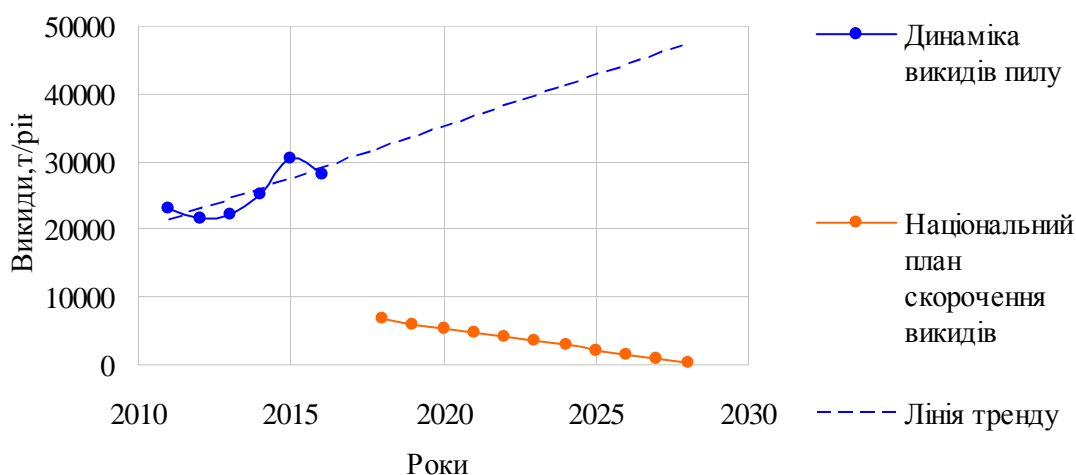


Рис. 3. Викиди речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом – планова та прогнозна оцінка

Клас небезпеки визначають токсичністю промислових відходів. Токсичними називають такі відходи, які утворюються в процесі технологічного циклу в промисловості і мають у своєму складі фізіологічно активні речовини, що спричиняють токсичний ефект.

Індекс токсичності розраховують з урахуванням вагових коефіцієнтів.

Індекс токсичності визначаємо за такою залежністю [9]:

$$TI = W_i \cdot q_i, \quad (1)$$

де W – відносний ваговий коефіцієнт; q_i – шкала оцінювання якості для кожного викиду.

Відносний ваговий коефіцієнт визначаємо за такою залежністю:

$$W_i = w_i / \sum w_i, \quad (2)$$

де w_i – ваговий коефіцієнт.

Шкала оцінювання якості для кожного викиду:

$$q_i = C_{i\text{CCЗ}} / ГДК_i, \quad (3)$$

де $C_{i\text{CCЗ}}$ – концентрація на межі санітарно-захисної зони, $\text{мг}/\text{м}^3$; $ГДК_i$ – гранично-допустима концентрація.

Результати розрахунків наведені на рис. 4 та в табл. 4.

Аналіз рисунку 4 свідчить про перевищення ГДК для деяких забруднювальних речовин. Визначивши індекс токсичності, який враховує як клас небезпеки речовини, так і ступінь перевищення ГДК, можна давати рекомендації щодо зменшення викидів певних речовин, а також щодо вибору палива з меншим їхнім вмістом.

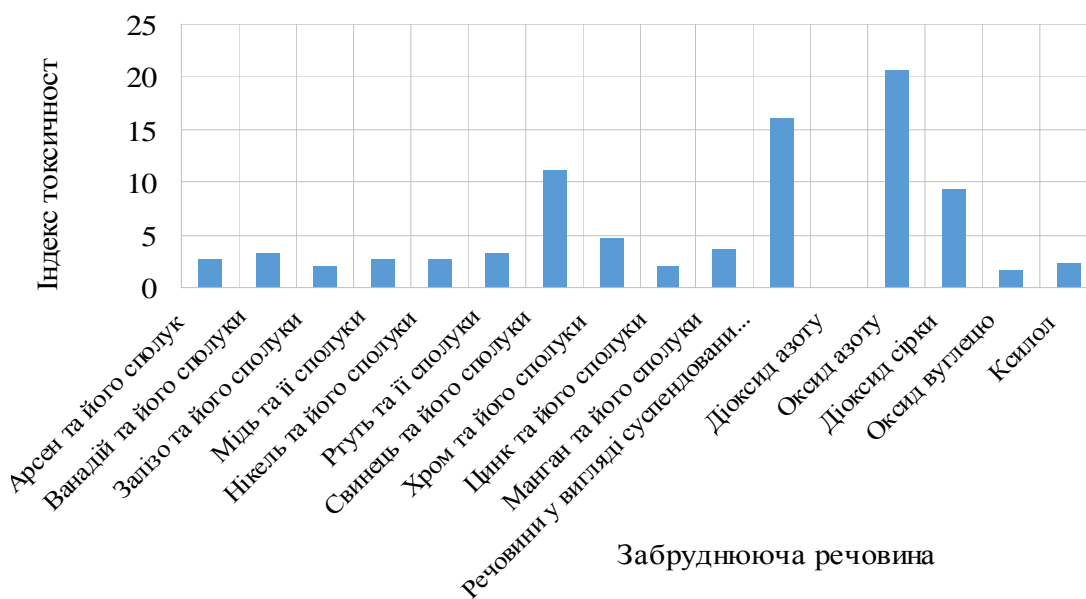


Рис. 4. Значення індексу токсичності

Таблиця 4

Розрахунок індексу токсичності

№ з/п	Назва забруднювальної речовини	Клас небезпеки	Концентрація на межі санітарно-захисної зони $C_{iCCЗ}$, мг/м ³	$ГДК_i$, мг/м ³	Викиди, т	Ваговий коефіцієнт w_i	Відносний ваговий коефіцієнт W_i	q_i	Індекс токсичності TI
1	Арсен та його сполук	2	0,0012	0,003	4,788	4	6,6667	0,4	2,6667
2	Ванадій та його сполуки	1	0,0008	0,002	0,018	5	8,3333	0,4	3,3333
3	Залізо та його сполуки	3	0,016	0,04	0,145	3	5	0,4	2
4	Мідь та її сполуки	2	0,0012	0,003	3,798	4	6,6667	0,4	2,6667
5	Нікель та його сполуки	2	0,0004	0,001	4,33	4	6,6667	0,4	2,6667
6	Ртуть та її сполуки	1	0,00012	0,0003	0,41	5	8,3333	0,4	3,3333
7	Свинець та його сполуки	1	0,0004	0,0003	4,564	5	8,3333	1,3333	11,1111
8	Хром та його сполуки	1	0,00116	0,002	5,591	5	8,3333	0,58	4,8333
9	Цинк та його сполуки	3	0,02	0,05	13,317	3	5	0,4	2
10	Манган та його сполуки	2	0,0056	0,01	0,05	4	6,6667	0,56	3,7333
11	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	4	0,725	0,15	27960,271	2	3,3333	4,8333	16,1111
12	Діоксид азоту	3		0,2	10749,752	4	6,6667	0	0
13	Оксид азоту	2	0,12325	0,04	124,818	4	6,6667	3,0812	20,5417
14	Діоксид сірки	3	0,93	0,5	127097,61	3	5	1,86	9,3
15	Оксид вуглецю	4	1,55	3,0	979,835	2	3,3333	0,5167	1,7222
16	Ксилол	3	0,096	0,2	0,381	3	5	0,48	2,4

За індексом токсичності здійснюється поділ викидів на групи (табл. 5). Згідно з табл. 5 до групи надзвичайно токсичних викидів належить оксид азоту (індекс токсичності складає 20,54).

Таблиця 5

Поділ на групи залежно від індексу токсичності

ПІ	Характеристика токсичності	Кількість шкідливих речовин	Назва шкідливої речовини (порядковий номер у таблиці 4)
<4,9	Малотоксичні	12	1,2,3,4,5,6,8,9,10,12,15,16
5-9,9	Помірно токсичні	1	Діоксид сірки
10-14,9	Токсичні	1	Свинець та його сполуки
15-19,9	Дуже токсичні	1	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок
20-25	Надзвичайно токсичні	1	Оксид азоту

Оксиди азоту шкідливо впливають на здоров'я людини, сприяють утворенню парникового ефекту та руйнуванню озонового шару. Крім того, оксиди азоту викликають «вимирання лісів», кислотні дощі [13].

Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, індекс токсичності яких 16,11, належать до дуже токсичних викидів.

Свинець та його сполуки за індексом токсичності 11,11 згідно з таблицею 5 належать до токсичних викидів. Свинець може потрапляти в організм людини інгаляційним шляхом у вигляді аерозолей та пилу. Ступінь його поглинання через легені залежить від величини аерозольних частинок [13].

Висновки. Виконано аналіз викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами та наведено прогнозу оцінку подальших викидів, що дасть змогу провести заходи щодо їхнього мінімізування.

Рекомендовано вибір палива з меншим вмістом у викидах не лише таких речовин як оксид азоту, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, діоксиду сірки (що передбачено «Національним планом скорочення викидів від установок для спалювання палива»), але і свинцю та його сполук. При встановленні та реконструкції систем очищення димових газів для Бурштинської ТЕС необхідно враховувати фільтрувальну здатність обладнання щодо речовин із високим значенням індексу токсичності.

Для уніфікації розрахунків, аналізу в розрізі обраного періоду часу, можливості застосування для інших об'єктів господарювання було розроблено програмне забезпечення. Всі дані для обробки спочатку заносять до бази даних, а потім шляхом виконання запиту подають на обробку, згодом дані зберігають і на основі вже розрахованих даних будують вибіркові таблиці та графіки.

Подальший напрям досліджень полягає у розробленні багатофункціональної системи техногенно-екологічної безпеки об'єктів паливно-енергетичного комплексу.

Література

- 1 Адаменко О. М., Рудько Г. І., Консевич Л. М. Екологічне картування. Івано-Франківськ : ІМЕ, 2003. 580 с.
- 2 Адаменко Я. О., Консевич Л. М. Оцінка впливів на навколишнє середовище. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2002. 48 с.
- 3 Білецька Г. А. Моніторинг довкілля. Львів : 2013. 149 с.
- 4 ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів, затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19 червня 1996 р. № 173.
- 5 Енергоекологічна безпека нафтогазових об'єктів : монографія / Р. М. Говдяк та ін. Івано-Франківськ : Лілея-НВ, 2007. 556 с.
- 6 Клименко М. О., Залеський І. І. Техноекология. Рівне, 2010. 298 с.
- 7 Kryvenko G. M., Vozniak L. V. Research of pollutants emissions into the atmosphere by stationary sources // Book of abstracts III International Scientific-Technical Conference. Kielce. 2019. P.58.
- 8 Крижанівський Є. І., Кошлак Г. В. Екологічні проблеми енергетики // Нафтогазова енергетика. 2016. № 1(25) С. 80–90.

9 Md. Khorshed Ali, Atik Sarraz, Preetom Kishore Roy, Roky Mallick, Sagar Das. Assesment of Toxicity Index of Different Heavy Metals from Industrial Discharge // Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology. Vol.10, 2016. P 43-46.

10 Медников Е. П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. М. : Наука, 1981. 176 с.

11 Панківський Ю. І., Ошуркевич-Панківська О. Є., Осташок М. Б. Оцінювання впливу Бурштинської ТЕС на атмосферне повітря // Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27, № 5. С. 59–62.

12 Перспективи роботи ТЕС в умовах сучасних екологічних вимог. 16 с. URL: <https://dtek.com/content/files/iryna-verbitska.pdf>.

13 Плачкова С. Г. Энергетика. История, настоящее и будущее: книга 5. Электроэнергетика и охрана окружающей среды. Функционирование энергетики в современном мире. 2005. URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5>.

14 Про Національний план скорочення викидів від установок для спалювання палива: розпорядження Кабінету Міністрів України. 2017. № 796-р. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua>.

15 Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Івано-Франківській області в 2016 році. Івано-Франківськ, 2017. 188 с. URL: <https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report>.

G. Kryvenko, L. Vozniak, V. Zorin
Ivano-Frankivsk National Technical
University of Oil and Gas

ANALYSIS OF POLLUTANTS EMISSION INTO THE ATMOSPHERE BY STATIONARY SOURCES

The emission of harmful substances into the air has been studied for Ivano-Frankivsk oblast, as it has a considerable number of recreational resources.

Wastes from electricity production at thermal power plants worsen the environmental situation in the country. Solving the problems associated with environmental protection and improving the quality of its social component is always a topical issue. It is important to reduce the man-made impact on the environment by heat generating companies.

The purpose of the article is to analyze and forecast the emissions of pollutants into the air by stationary sources. In the process of research, the authors have solved the issues of analysis of ground level concentration of pollutants at the border of the sanitary protection zone and the forecast estimation of future emissions.

The change in emissions of pollutants for a certain period of time has been analyzed. The ground level concentrations of pollutants at the border of the sanitary-protective zone have been calculated to analyze the existing emissions of Burshtynska thermal power plant (TPP) and compare them with the maximum allowable concentrations (MAC). Burshtynska TPP is in the category 2 hazard. The authors have performed the forecast estimation of future emissions and proposed the measures to minimize them. The toxicity index has been calculated taking into account weight coefficients. The analysis of emissions indicates excessive MAC for some pollutants. According to the toxicity index, which takes into account both the substance hazard category and the degree of excessive MPC, the authors have proposed the measures for reducing the emissions of certain substances and using the fuel with their lower content.

It is recommended to choose the fuel with the lower content in emissions not only of such substances as nitrogen oxide, suspended solids, sulfur dioxide, but also lead and its compounds. When installing and reconstructing the flue gas cleaning systems for Burshtynska TPP, it is necessary to take into account the equipment filterability for the substances with high toxicity index.

The authors have developed the software to unify the calculations, perform analysis for a certain time period, and check the applicability for other business entities.

Keywords: forecast estimation, sulfur dioxide, nitrogen oxide, concentration, toxicity index.

References

1 Adamenko O. M., Rudko G. I., Konsevych L. M. Ekologichne kartuvannia. Ivano-Frankivsk: IME, 2003. 580 s.

2 Adamenko Ya. O., Konsevych L. M. Otsinka vplyviv na navkolyshnie seredovyshe. Ivano-Frankivsk: IFNTUNG, 2002. 48 s.

- 3 Biletska G. A. *Monitoryng dovkillia*. Lviv: 2013. 149 s.
- 4 DSP 173-96. *Derzhavni sanitarni pravyla planuvannia ta zabudovy naselenykh punktiv, zatverdzeni nakazom Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy vid 19 chervnia 1996 r., # 173.*
- 5 *Energoekologichna bezpeka naftogazovykh ob'ektiv: monografiia* / R. M. Govdiak, ta in. Ivano-Frankivsk: Lileia, NV, 2007. 556 s.
- 6 Klymenko M. O., Zaleskyi I. I *Tekhnokologiiia*. Rivne: 2010 298 s.
- 7 Kryvenko G. M., Vozniak L. V. *Research of pollutants emissions into the atmosphere by stationary sources // Book of abstracts III International Scientific-Technical Conference. Kielce, 2019. P.58.*
- 8 Kryzhanivskiy Ye. I., Koshlak G. V. *Ekologichni problemy energetyky // Naftogazova energetyka*. 2016. # 1 (25) S.80 – 90.
- 9 Md. Khorshed Ali, Atik Sarraz, Preetom Kishore Roy, Roky Mallick, Sagar Das. *Assesment of Toxicity Index of Different Heavy Metals from Industrial Discharge // Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*. Vol.10, 2016.P 43 – 46.
- 10 Mednikov Ye. P. *Turbulientnyi pierienos i osazhdeniie aerologii*. Moscow: Nauka, 1981. 176 s.
- 11 Pankivskiy Yu. I., Oshurkevych-Pankivska O. Ye., Ostashuk M. B. *Otsinniuvannia vplyvu Burshtynskoi TES na atmosferne povitria // Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy, 2017, 27, # 5 S.59 – 62.*
- 12 *Perspektyvy roboty TES v umovakh suchasnykh ekologichnykh umov*. 2018. – 16 s. URL: [<https://dtek.com/content/files/iryna-verbitska.pdf>].
- 13 Plachkova S. G. *Energetika. Istoriia, nastoiashcheie i budushcheie: kniga 5. Eliktroenergetika i okhrana okruzhaiashchei sriedy. Funktsionirovaniie energetiki v sovriemiennom mirie*. 2005. URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5>.
- 14 *Pro Natsionalnyi plan skorochennia vykydiv vid ustanovok dlia spaliuvannia palyva: rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy*. 2017. # 796-r. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua>.
- 15 *Regionalna dopovid pro stan navkolyshnogo seredovishcha v Ivano-Frankivskii oblasti v 2016 rotsi*. Ivano-Frankivsk, 2017. 188 s. URL: <https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report>.

Надійшла до редакції 5 травня 2019 р.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

UDC 502/504

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-1(19)-94-103

Aishah I. Shittu^{1,2}, *Kelechi L. Njoku*¹,
*Adeola A. Adesuyi*¹

¹*University of Lagos, Akoka, Nigeria*

²*The Federal Polytechnic, Ilaro, Nigeria*

INDOOR AIR QUALITY AND MICROBIAL ASSESSMENT OF THE NIGERIAN UNIVERSITY CAMPUS IN LAGOS, NIGERIA

Good indoor air quality improves productivity at the workplace. On the other hand, poor indoor air quality could lead to losses in productivity as a result of comfort problems, ill health, and sickness-absenteeism. The purpose of the study was to assess indoor air quality in various rooms of university buildings, covering the offices, lecture theatre, laboratory or workshops, and public restroom across eight faculties in a conventional university. Investigations were conducted at twenty-nine indoor locations in the main campus of the University of Lagos. Noise level, PM_{2.5}, PM₁₀, relative humidity and temperature, CO, SO₂, NO_x, and the microbial quality (fungal and bacterial) were all determined. The microbial quality was determined using the sedimentation method (open Petri dishes) containing different culture media for sample collection. Noise level ranged from 61.60 to 84.10 dBA. The noise level is quite high in almost all sampling points especially in the workshops, yet there was no significant difference ($P > 0.05$) across all the indoor sampling points and the WHO limit. SO₂ was mostly absent, however, the highest value of 0.4 ppm was recorded, which was higher than the recommended limit of 0.1 ppm. PM_{2.5} ranged between 4.0–25.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and PM₁₀ were between 8.0–47.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Though there was high variation in PM_{2.5} and PM₁₀ across all the indoor sampling points, there was no significant difference ($P > 0.05$). They were below the maximum limit of 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The total fungi load ranged from 10.4 to 963 CFU/ m^3 . There was a generally higher number of fungi in the restroom than in all the other indoor environments and they were significant in the Faculty of Social Sciences. Fungi isolates include *Aspergillus spp.* (86.2%), unidentified mold (13.77%) and *Sporothrix schenckii* (0.03%). Total bacteria load ranged from 96.3 to 689 CFU/ m^3 . The lowest load of bacteria (9.63×10^1 CFU/ m^3) was recorded in the Dean's Office at the Faculty of Environmental Sciences. The restrooms have the higher bacterial load (6.89×10^2 CFU/ m^3), which was higher than the recommended maximum limit of 500 CFU/ m^3 . Identification from the colonies showed that about 55% were gram positive and 45% were gram negative cells. Morphological studies showed that cocci were also more predominant over the bacillary shape bacteria (55% versus 45%).

Keywords: indoor air quality, fungi, bacteria, noise, carbon monoxide, oxides of nitrogen.

Introduction. Air pollution is the presence in the atmosphere of chemicals, particulate matter or biological materials in such quantity and for such duration that can cause harm and discomfort to humans and other living organisms (Njoku et al., 2016; Obanya et al., 2018). Common air pollutants in the environment include: sulphur dioxide (SO₂); oxides of nitrogen (NO_x), carbon monoxide (CO); volatile organic compounds (VOCs); ozone (O₃); suspended particulate matter (SPM) also called particulates; and lead (Pb). Air pollutant can be in the form of solid particles, liquid droplets, or gases. In addition, they may be natural or man-made (USEPA, 2006). In recent times, indoor air quality has caught the attention of scientists and the general public because indoor levels of many pollutants are often higher than those typically encountered outside (Jurado et al., 2014). Indoor air pollution (IAP) would cause significant harmful health effects due to a long time period that people stay indoors (Klinmalee et al., 2008). Indoor air pollution concentrations depend on a large number of factors such as indoor sources and the emission rates, air exchange rate, the penetration of outdoor pollutants into the indoor environment, and the pollutant sink or removal rate on indoor surfaces (Beak et al. 1997; Klinmalee et al., 2008).

Air quality of indoor environments is one of the main factors affecting health, wellbeing and productivity of people (Hayleeyesus and Manaye, 2014). One of the problems of indoor air quality is

affected by the presence of microorganisms which include bacteria, moulds and viruses (WHO, 2009a). People's exposure to indoor air pollution is determined by the concentrations of pollutants in the indoor environment and, most importantly, by the time individuals spend in polluted environments. Since, more than 90% of people spend majority of their time indoors by breathing on average 14 m³ of air per day (Brochu et al., 2006), therefore, good air quality is of utmost importance. Poor indoor air quality can pose problems that can be subtle and do not always produce easily recognizable impacts on the health and welfare of populations (USEPA, 2006). Several effects on the respiratory system have been associated with exposure to IAP including asthma development, asthma exacerbation, respiratory infections, upper respiratory tract symptoms, cough, wheeze and dyspnoea (WHO, 2009a; Hayleeyesus and Manaye, 2014). Therefore, indoor air quality is of special concern for students and workers, particularly those sensitive to poor air quality as today's Universities can be regarded as "mini cities" with large territorial coverage, diverse human activities, with different degrees of effect on the environment (Alshuwaikhat and Abubakar, 2008).

Since air is an important vehicle for the dissemination of infectious agents and allergic components, developing potential undesirable effects on human beings, the control of the microbial charge has become an important key to define the environmental quality of ambient media surrounding human populations that are largely exposed to indoor air during their daily activities (Soto et al., 2009). The air quality inside buildings is affected by many factors. In an effort to conserve energy, modern building design has favoured tighter structures with lower rates of ventilation (Ezzati and Kammen, 2001). By contrast, in some areas of the world only natural ventilation is used; in other areas mechanical ventilation is common. Factors that can have a negative effect on health and comfort in buildings range from chemical and biological pollutants to occupant perceptions of specific stresses such as temperature, humidity, artificial light, noise and vibration. Air pollution is believed to kill more people worldwide than AIDS, malaria, breast cancer, or tuberculosis (WHO, 2009b).

The increase in commercial activities in our University environment as well as the functioning of machinery in several business units, and an unquantifiable amount of emissions are now of concern especially from the burning of fossil fuels, poor building designs and poor ventilations. Also, recent developments in construction materials have resulted in the use of more synthetics and composites, which can affect air quality. Radical changes in technology have led to innovations, such as air conditioners, computers and photocopiers that provide greater efficiencies and time savings, but can also affect the quality of indoor air (Franklin, 2007). These potentially adverse effects are further complicated by the fact that people are spending more time than ever indoors. Thus, indoor air quality (IAQ) is an important criterion that must be taken into account when indoor workplaces are designed to provide a safe environment. Good IAQ is an interaction of efficient ventilation and the lowest achievable amounts of chemical, inorganic or organic and microbial compounds which shouldn't evoke symptoms in the occupants. This study provides information on the current indoor air parameters and quality (relative humidity, temperature, VOCs, CO, SO₂, NO_x, H₂S) and the concentration of microorganisms, and also describes the bacterial and fungal loads for different indoor environments of the University of Lagos (offices, lecture theatres, laboratories and public restrooms).

Materials and methods. *Study Area.* The study was conducted in various rooms of university buildings of the University of Lagos, Akoka, Lagos. The University of Lagos is a comprehensive public institution, established in 1962 and located in the western part of Lagos, Nigeria (Fig. 1). It is one of the major University campuses in Nigeria with an estimated 561 hectares of land area hosting 12 faculties, 330 staff housing units, 15 students' hostels and several administrative and academic buildings. It has 52,779 students' enrollment and 4688 members of staff (Adeniran et al., 2017). Only about 25% of the student population and 10% of staff are residents on campus. The University campus has an estimated 87,000 of day population. Major activities on campus are focused on teaching, research and community services. The academic, administrative, residential and commercial spaces are provided for carrying out these functions. Most of the area has permanent structures which are often purposely built for specific activity. The twelve faculties are: Arts, Social Sciences, Business Administration, Law, Sciences, Environmental Sciences, Engineering, Clinical Sciences, Basic Medical Sciences, Dental Sciences, Pharmacy and Education. However, eight faculties are situated in the main campus, Akoka.

Sampling Designs and Data Collection. Twenty-nine points were sampled, and they included all faculties within the university's main campus. Within each Faculty, the Dean's Office, one laboratory or workshop, one lecture theatre and one restroom were monitored. All equipment and meters were all properly pre-calibrated before each usage for quality assurance.

CW-HAT 200 meter was used for measuring the particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), relative humidity and temperature level. Noise levels at each point were measured with a pre-calibrated digital readout noise meter (A CEM DT-805 noise level meter). The sensor of the noise meter was directed towards the source of noise and the average readings over a period of one hour were taken to be the noise-level at each point. CO measurement was obtained through the use of CO meter (CNY 670) at each of the selected sampling locations. NH₃, H₂S, SO₂ and NO_x were determined using multi-gas monitor (310 multi gas meter) for one hour exposure time. Environmental monitoring for each sample location was carried out between the hours of 8 a.m. and 5 p.m. These air quality indicators were measured in confined indoor environments.

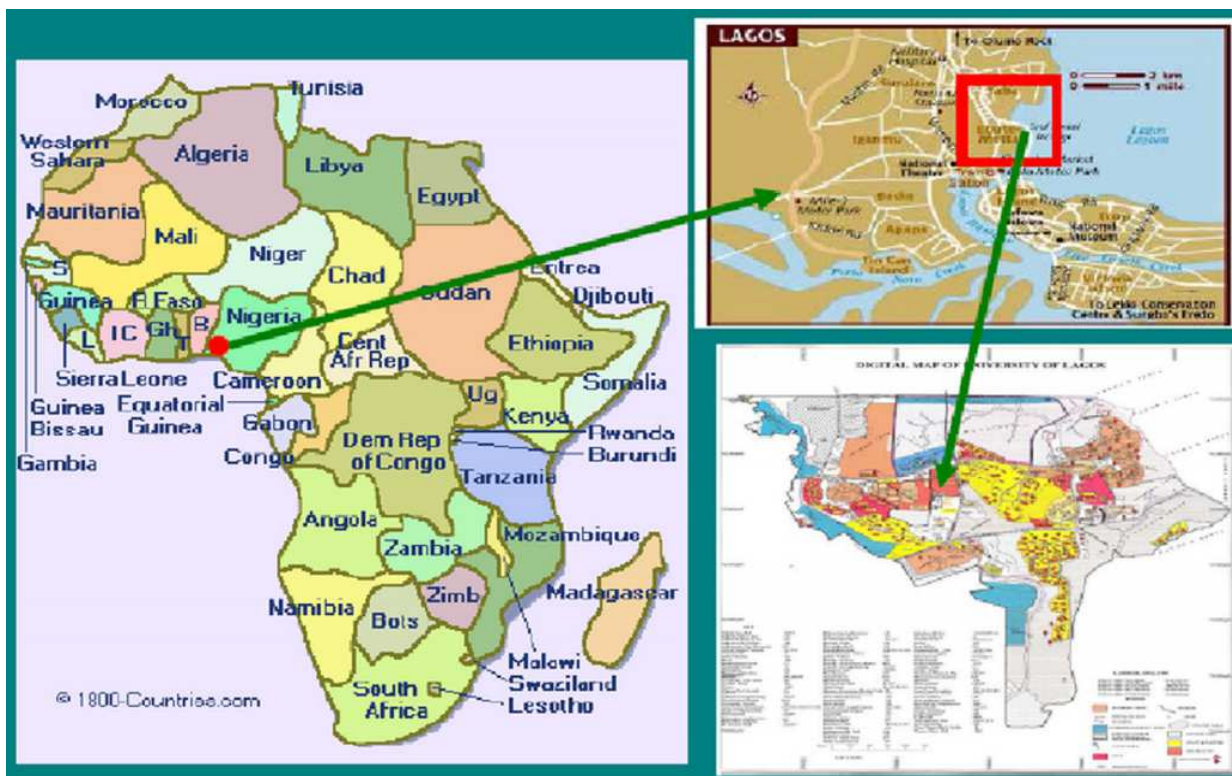


Fig. 1. Map of Africa showing Nigeria and the location of the University of Lagos
(Adeniran et al., 2017)

The sedimentation technique, using open Petri dishes, containing different culture media, was used (Augustowska and Dutkiewicz, 2006). Three plates of each medium were distributed at different parts of each examined room. The samplings were done between the hours of 8 a.m. and 5 p.m. The sampling height was approximated to the human breathing zone (1 m above the floor) and at the centre of the room. The plates containing the culture media (blood agar and sabouraud dextrose agar) were exposed and allowed to stay for 15 minutes, after which the plates were covered and transferred to the microbiology laboratory for incubation. The blood agar plates were incubated at 37°C for 24 hours while the sabouraud dextrose agar plates were incubated for 3 days at 28°C. The total numbers of colony forming units (cfu) were enumerated. The identification of the isolates was done according to standard procedures (Cheesebrough, 1991; Rajash and Rattan, 2008).

Statistical analysis. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and the mean values were defined, using Duncan multiple range test, using GraphPad with significant p value set at <0.05. The data were presented as tables and charts using Microsoft Excel.

Results and discussion. The mean temperature and relative humidity across the various indoor environments in the University is shown in Figure 2. The Dean's Office in the Faculty of Social Sciences had the lowest temperature of 20.00±0.00°C while the lecture theatre of the Faculty of Engineering had the highest temperature of 31.00±0.00°C. Out of all the four sampling points in each Faculty, only the temperature of the Dean's Office was below the WHO standard of 22.5–25.5°C while all others exceeded it. The lecture theater in the Faculty of Science had the highest relative humidity value (96.00±0.01%), while the Dean's Office in the Faculty of Law had the lowest humidity value (49.00±0.01%). Most of the sampling points exceeded the WHO limit of <70% for indoor relative humidity. The very low

temperature recorded in virtually all the offices (Deans' Offices) can be attributed to the constant use of air-conditioning systems in those rooms. The result is also similar to the study carried out by Jurado et al. (2014) in which air-conditioned rooms had lower temperature and relative humidity in comparison with naturally ventilated rooms. There was no significant difference at ($P>0.05$) in relative humidity from the different sampling points irrespective of the faculties.

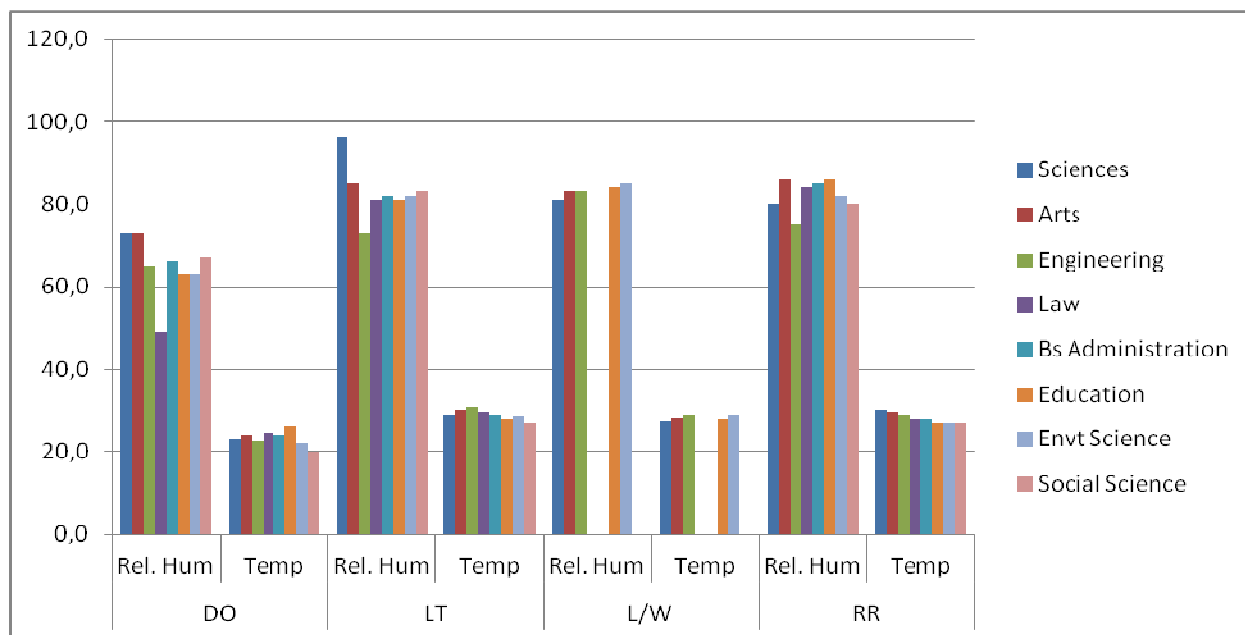


Fig. 2. Temperature (°C) and relative humidity (%) in the sampling locations (DO – Dean’s Office; LT – Lecture theatre; L/W – Laboratory/Workshop; RR – Restroom)

The result of the noise level in the sampled University rooms is shown in Figure 3. It ranged from 61.60 ± 0.05 to 84.10 ± 0.01 dBA. The noise level is quite high in almost all sampling points especially in the workshops, yet there was no significant difference ($P>0.05$) across all the indoor sampling points and WHO limit. The overall mean of the noise level showed that the lecture theatre had the highest noise level, and this can be attributed to the fact that the classes are quite large and are used by a lot of students, especially the first year students, whose population is usually the largest in the school. Also, public address system is mostly used to ensure the lecturer is heard. The Dean’s Office had the least mean noise level of 70.64 dBA. The result is in line with a study carried out by Rasool et al., 2016, in which the indoor noise level in the institution ranged between 61.37 dBA and 75.37 dBA during the noon time.

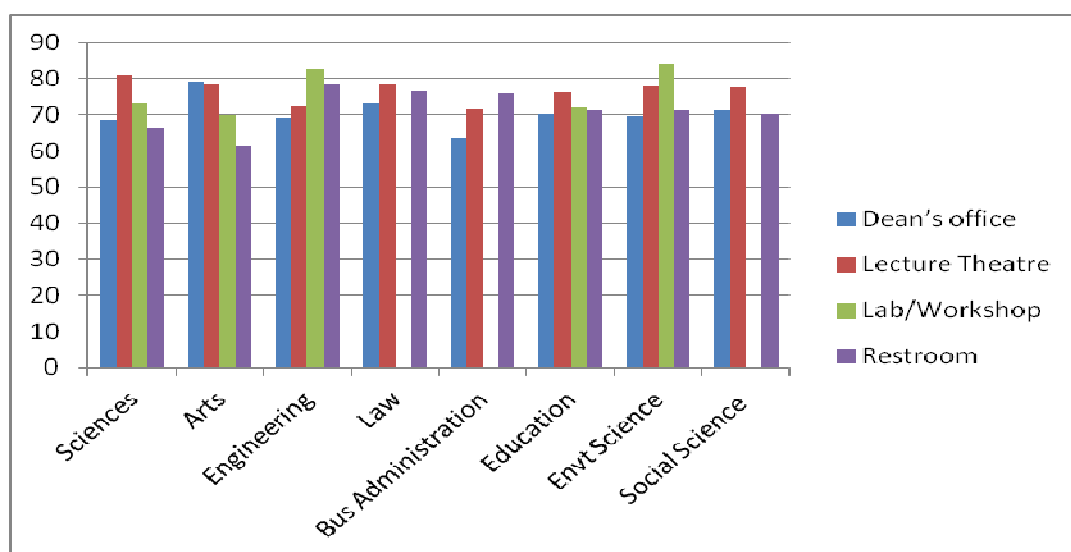


Fig. 3. Mean noise level (dBA) recorded indoors of the University of Lagos

The laboratory in the Faculty of Education had the highest level of PM_{2.5} (25.0 ± 0.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), although the value ranged between 4.0 ± 0.01 – 25.0 ± 0.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Table 1). The Faculty Of Education

recorded the highest overall mean of $15.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The highest value recorded for PM₁₀ was $47 \pm 0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in the laboratory at the Faculty of Education while the range was between 8.0 ± 0.05 – $47.0 \pm 0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Despite the high variation in PM_{2.5} and PM₁₀ across all the indoor sampling points, there were no significant differences ($P > 0.05$). The highest overall mean PM₁₀ level of $32.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ was recorded in the laboratory at the Faculty of Education. All the recorded values were below the WHO limit of $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cao et al. (2005) and Klinmalee et al (2009) reported PM_{2.5} levels in rural homes and classrooms, averaged at $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively, which were also in the same range of our study. The level recorded by Molnar et al. (2007) in high school classrooms in Stockholm, Sweden ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) is lower than the level found in our study. The results also do not corroborate that of the findings of Liu et al. (2004) which clearly showed wide variability within indoor PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations which are higher in restaurants, dormitories, and classrooms, rather than in supermarkets, computer rooms, offices, and libraries (PM₁₀ and PM_{2.5} ranging, respectively, from $373.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $136.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in libraries).

Table 1

Indoor particulate matter (PM 2.5 and PM 10) for the various sampling points ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Faculties	DO		LT		L/W		RR	
	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀
Sciences	5.0 ± 0.01	11.0 ± 0.01	8.0 ± 0.01	16.0 ± 0.15	10.0 ± 0.01	18.0 ± 0.01	8.0 ± 0.01	16.0 ± 0.01
Arts	6.0 ± 0.01	11.0 ± 0.01	4.0 ± 0.01	8.0 ± 0.02	7.0 ± 0.01	19.0 ± 0.05	6.0 ± 0.01	11.0 ± 0.01
Engineering	8.0 ± 0.01	16.0 ± 0.02	9.0 ± 0.01	14.0 ± 0.01	7.0 ± 0.01	15.0 ± 0.01	8.0 ± 0.01	15.0 ± 0.05
Law	7.0 ± 0.01	14.0 ± 0.01	6.0 ± 0.01	11.0 ± 0.01	-	-	5.0 ± 0.01	10.0 ± 0.05
Business Administration	4.0 ± 0.01	9.0 ± 0.02	5.0 ± 0.01	12.0 ± 0.01	-	-	4.0 ± 0.01	8.0 ± 0.05
Education	16.0 ± 0.01	36.0 ± 0.01	12.0 ± 0.50	26.0 ± 0.01	25.0 ± 0.50	47.0 ± 0.01	10.0 ± 0.01	21.0 ± 0.01
Envt Sciences	6.0 ± 0.01	13.0 ± 0.01	7.0 ± 0.01	13.0 ± 0.02	8.0 ± 0.01	15.0 ± 0.05	6.0 ± 0.01	14.0 ± 0.01
Social Sciences	5.0 ± 0.01	10.0 ± 0.01	4.0 ± 0.01	9.0 ± 0.01	-	-	6.0 ± 0.01	14.0 ± 0.01

(DO – Dean's office, LT – Lecture Theatre, L/W – Laboratory/Workshop, RR – Restroom)

Most of the values recorded for sulphur dioxide (SO₂) were 0 ppm, however, the highest value of 0.4 ppm (Table 2) was recorded in the laboratory at the Faculty of Education which is above the recommended limit of 0.1 ppm (WHO, 2010). Common sources of sulphur dioxide in offices or classrooms can include tobacco smoke or automobile exhaust from car parks close to the office building. Sulphur dioxide affects human health when it is breathed in. It irritates the nose, throat and airways causing coughing, wheezing, or a tight feeling around the chest. It is usually more severe in the individuals suffering from asthma or similar conditions (Njoku et al., 2016). The long-term exposure to even low levels of sulphur dioxide can cause lung function to deteriorate, aggravate the existing heart disease and increase complications for people with asthma.

Table 2

Sulphur dioxide (SO₂) level recorded in University rooms (ppm)

Faculties	Dean's Office	Lecture Theatre	Lab/Workshop	Restroom
Sciences	0.00	0.00	0.00	0.00
Arts	0.00	0.00	0.00	0.00
Engineering	0.00	0.00	0.00	0.00
Law	0.10	0.00	-	0.00
Business Administration	0.00	0.00	-	0.00
Education	0.10	0.00	0.40	0.00
Envt Sciences	0.00	0.00	0.00	0.00
Social Sciences	0.00	0.00	-	0.00

The absence of carbon monoxide (CO), hydrogen sulphide (H₂S) and nitrogen oxide (NO₂) was recorded in all the sampling locations. The only way carbon monoxide can be introduced into the indoor environment is through the infiltration of carbon monoxide from the outdoor environment. This indicates that there was no infiltration of combustion gas from the car park into the office or classroom space. Similar results were observed by Ismail et al., (2010) and Tse and Oguoma, (2014). The presence of NO_x will form photochemical oxidants, which may irritate the eyes and respiratory tracts and impair human health.

The average levels of fungal load air observed in the different indoor environments are shown in Table 3. The number of fungi in the indoor air varied widely in the whole research period. The total number of fungi ranged from 10.4 to 963 CFU/m³. The lowest concentration (1.04×10¹ CFU/m³) was recorded in the lecture theatre in the Faculty of Arts while the restroom in the Faculty of Social Sciences had the highest concentration. There was generally higher number of fungi in the restroom than in all the other indoor environments and they were significant in the Faculty of Social Sciences. There is no uniform international standard available on the levels and acceptable maximum bioaerosols loads (Jyotshna and Helmut, 2011). The work conducted by a WHO expert group on the assessment of health risks of biological agents in indoor environments has set the guidelines of bioaerosols counts at 500 CFU/m³, if higher than this, the environment is considered as contaminated. *Aspergillus spp.* was observed to be the highest identified fungi (86.2%) present indoors in various sampling points (Figure 3). Mold (unidentified) was recorded to be 13.77% of the total sampling points in the University while *Sporothrix schenckii* accounted for 0.03% of the total fungal load. However, this result may be dependent on the time of exposure of the media plates to the indoor air. *Aspergillus spp.* was also the most predominant fungi in a study carried out by Agbagwa and Onyemaechi (2014) in a general hospital and health centre in Rivers State. Fungal exposure can result in skin and breathing irritations and can even cause dangerous infection and toxicity (Fung and Hughson, 2003). Lou et al. (2012) also isolated *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, and *Aspergillus* in the indoor air samples from university campuses and concluded that airborne fungi may cause a number of allergic, inflammatory, and toxic reactions in students. Airborne microbiota may pose serious hazards to human health.

Table 3

The average fungal load across all the sampled indoor rooms (CFU/m³)

Faculties	Dean's Office	Lecture Theatre	Laboratory/Workshop	Restroom
Sciences	2.22×10 ¹	1.41×10 ¹	2.96×10 ¹	2.00×10 ²
Arts	1.48×10 ¹	1.04×10 ¹	7.40×10 ¹	3.70×10 ²
Engineering	1.51×10 ¹	1.41×10 ²	5.19×10 ¹	1.78×10 ²
Law	1.33×10 ²	2.73×10 ²	NS	2.0×10 ²
Business Administration	8.80×10 ¹	2.00×10 ²	NS	1.41×10 ²
Education	1.33×10 ²	8.89×10 ¹	1.41×10 ²	2.00×10 ²
Envt Sciences	8.80×10 ¹	3.00×10 ²	1.40×10 ²	1.63×10 ²
Social Sciences	1.03×10 ²	1.11×10 ²	NS	9.63×10 ²

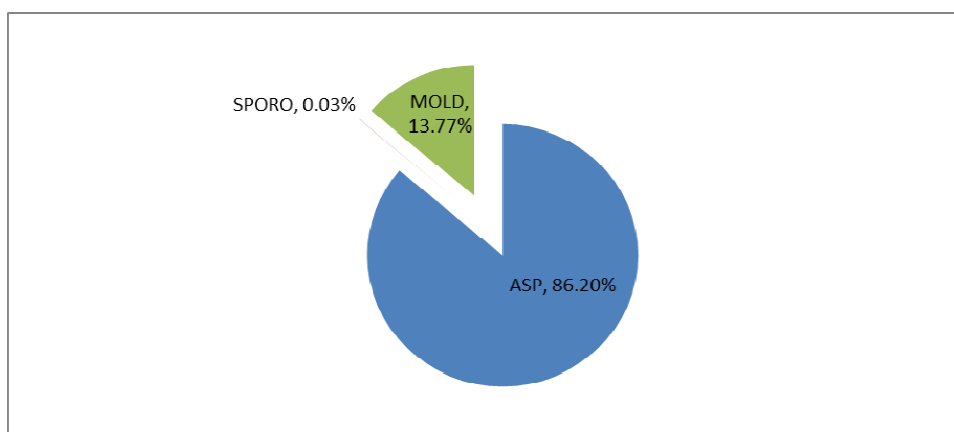


Fig. 3. Distribution of fungal species identified in various sampling points in the University (ASP = *Aspergillus spp.*; SPORO= *Sporothrix schenckii*; MOLD= Unspecified mould)

The average levels of indoor bacterial loads are shown in Table 4. The number of bacteria in the indoor air varied widely in the whole research period. The total number of bacteria ranged from 96.3 to 689 CFU/m³. The lowest load of bacteria (9.63×10¹ CFU/m³) was recorded in the Dean's Office at the Faculty of Environmental Sciences. The restroom at the Faculty of Law had the highest bacterial load (6.89×10² CFU/m³), which was higher than the recommended maximum concentration of 500 CFU/m³ for the total fungi count (WHO, 2010; OSHA, 2011). The identification of bacteria from the colonies showed that about 55% of the isolates from the sampling points were gram positive and 45% stained as gram negative cells. On the other hand, morphological studies showed that cocci were also more

predominant over the bacillary shape bacteria (55% versus 45%) (Figure 4). Bacilli can be found in almost every environment. They contain spores that enable them to survive for a long period of time in the environment. The bacterial species isolated in this study are similar to those isolated by Stryjakowska-Sekulsa et al. (2007) and Vlad et al. (2013). Microorganisms are well adapted to aerial transmission through nasopharyngeal secretions and saliva drops and can easily survive dehydration; therefore, they can be easily transmitted from one host to another (Brooks et al., 1998). Although bacteria are part of normal skin and nasal passages flora, some species can cause a large range of illnesses from minor skin infections (furuncles, pimples, impetigo, abscesses) to life-threatening diseases (pneumonia, meningitis, sepsis) (Kluytmans et al., 1997). Airborne microorganisms affect human health, especially generating respiratory allergies, and infectious lung diseases (Fracchia et al., 2006).

Table 4

Average bacterial load across all the sampled indoor rooms (CFU/m³)

Faculties	Dean's office	Lecture Theatre	Lab/Workshop	Restroom
Sciences	3.11×10^2	4.44×10^2	1.26×10^2	3.7×10^2
Arts	1.41×10^2	4.88×10^2	5.33×10^2	4.44×10^2
Engineering	1.04×10^2	3.04×10^2	4.44×10^2	6.51×10^2
Law	2.07×10^2	2.22×10^2	-	6.89×10^2
Business Administration	1.85×10^2	2.80×10^2	-	4.60×10^2
Education	4.07×10^2	4.18×10^2	1.93×10^2	4.96×10^2
Envt Sciences	9.63×10^1	4.67×10^2	2.96×10^2	4.89×10^2
Social Sciences	1.48×10^2	4.10×10^2	-	1.04×10^2

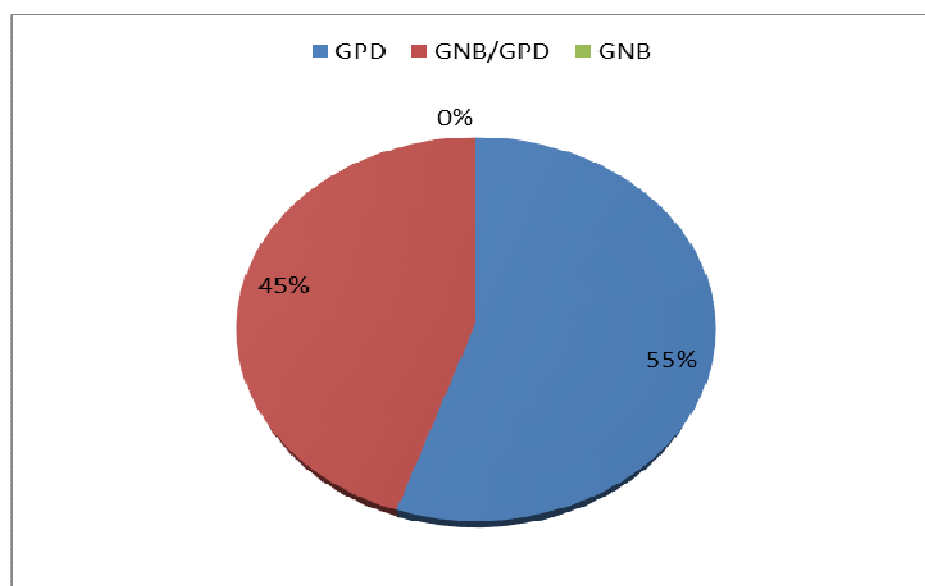


Fig. 4. Distribution of bacteria species identified in various university rooms (GNB= Gram Negative Bacilli; GPD= Gram Positive Diplococci)

Conclusions. Indoor air pollution assessment is very important as it has been linked to public health problems. The levels of carbon monoxide, nitrogen dioxide, hydrogen sulphide, volatile organic compounds and particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀) were all below the standard limits. Sulphur dioxide also exceeded in some sampling points and this was attributed to the possible infiltration of mobile vehicle exhaust to the indoor environment. The temperature and relative humidity recorded in the various sampling points at the University were above the WHO limit of 24°C and 60%, respectively. The high relative humidity may be responsible for the presence of mould, especially *Aspergillus spp.*, which was found in the all sampling points. Studies have shown that *Aspergillus spp.* are the indicators of moisture in buildings that can also pose a health threat to the occupant. It is recommended that a more intense environmental monitoring of the indoor air in the University should be carried to provide comprehensive information on IAQ and the ways to improve the indoor air quality and ensure safe work environment (Indoor Air Quality Plan and Procedures) should be outlined.

А. Шутту^{1,2}, К. Ньюку¹,
А. Адесуйи¹

¹ Університет Лагоса, Акока, Нігерія

² Федеральний політехнічний інститут, Ларо, Нігерія

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВІТРЯ У ПРИМІЩЕННІ І МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ЧИСТОТИ У КАМПУСІ УНІВЕРСИТЕТУ ЛАГОСА, НІГЕРІЯ

Хороша якість повітря у приміщенні підвищує продуктивність на робочому місці. З іншого боку, погана якість повітря у приміщеннях може призвести до втрати продуктивності внаслідок дискомфорту, погіршення стану здоров'я та невиходу на роботу у зв'язку з хворобою. Метою дослідження було оцінити якість повітря у приміщеннях у різних університетських будівлях, зокрема офісах, лекційних аудиторіях, лабораторіях або майстернях, а також у громадських туалетах на восьми факультетах у звичайному університеті. Дослідження проводилися у двадцяти дев'яти приміщеннях в центральному кампусі Університету Лагоса. Визначено рівень шуму, PM_{2.5}, PM₁₀, відносну вологість і температуру, CO, SO₂, NO_x та мікробіологічну чистоту (грибки та бактерії). Мікробіологічну чистоту визначено за допомогою седиментаційного методу (відкриті чашки Петрі) з різними культуральними середовищами для відбору проб. Рівень шуму коливався від 61,60 до 84,10 дБА. Рівень шуму досить високий майже у всіх місцях відбору проб, особливо в майстернях, однак не було суттєвої різниці ($P > 0,05$) у всіх точках відбору проб у приміщеннях у порівнянні з нормами ВООЗ. SO₂ був переважно відсутній, однак було зафіксовано найвище значення 0,4 од/млн, яке було вище, ніж рекомендована межа 0,1 од/млн. Рівень PM_{2.5} коливався у діапазоні від 4,0 до 25,0 мкг/м³, а PM₁₀ був у межах 8,0–47,0 мкг/м³. Незважаючи на високі коливання PM_{2.5} і PM₁₀ у всіх точках відбору проб у приміщеннях, не було зафіксовано значної різниці ($P > 0,05$). Показники були нижче максимальної межі 150 мкг/м³. Загальна концентрація грибків становила від 10,4 до 963 КУО/м³. Загалом у туалеті було більше грибків, ніж у всіх інших приміщеннях. Найбільшу концентрацію виявлено на факультеті соціальних наук. Грибкові ізоляти включають *Aspergillus spp.* (86,2%), неідентифіковану цвіль (13,77%) і *Sporothrix schenckii* (0,03%). Загальна концентрація бактерій коливалася від 96,3 до 689 КУО/м³. Найнижчу концентрацію бактерій ($9,63 \times 10^1$ КУО/м³) було зафіксовано у деканаті на факультеті екології. У туалетах спостерігається вища концентрація бактерій ($6,89 \times 10^2$ КУО/м³), яка перевищує рекомендовану максимальну межу 500 КУО/м³. Ідентифікація у колоніях показала, що близько 55% були грампозитивними і 45% були грамнегативними клітинами. Морфологічні дослідження показали, що коки також переважали над паличкоподібними бактеріями (55% і 45% відповідно).

Ключові слова: якість повітря в приміщенні, грибки, бактерії, шум, монооксид вуглецю, оксиди азоту

References

- 1 Adeniran, A.E., Nubi, A.T., and Adelopo, A.O. (2017). Solid waste generation and characterization in the University of Lagos for a sustainable waste management. *Waste Management*, 67: 3–10
- 2 Agbagwa, O. and Onyemaechi, S.A. (2014). Microbiological quality of indoor air of a general hospital and a health centre in Rivers State, Nigeria. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(12): 424-431.
- 3 Alshuwaikhat, H.M., and Abubakar, I., 2008. An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. *Journal of Cleaner Production* 16, 1777–1785
- 4 Augustowska, M. and Dutkiewicz, J. (2006). Variability of airborne microflora in a hospital ward within a period of one year. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 13: 99–106
- 5 Brochu, P., Ducré-Robitaille, J.F., and Brodeur, J. (2006). Physiological daily inhalation rates for free-living individuals aged 1 month to 96 years, using data from doubly labeled water measurements: a proposal for air quality criteria, standard calculations and health risk assessment. *Human Ecol Risk Assess.*, 12: 675-701.
- 6 Brooks, G.F., Butel, J.S. and Morse, S.A. (1998). Jawetz, Melnick, Adelberg's Medical Microbiology. 21st ed. Stamford, CT: Appleton and Lange. Pp. 832.
- 7 Cao, J.J., Lee, S.C., Chow, J.C., Cheng, Y., Ho, K.F., Fung, K., et al. (2005). Indoor/outdoor relationships for PM_{2.5} and associated carbonaceous pollutants at residential homes in Hong Kong—case study. *Indoor Air*, 15: 197–204.

- 8 Cheesbrough M. (1991). *Medical laboratory manual for tropical countries*. 2nd ed. Cambridge, UK: University Press Cambridge, Pp. 508–511.
- 9 Ezzati, M. and Kammen. D.M. (2001). Quantifying the effects of exposure to indoor air pollution from biomass combustion on acute respiratory infections in developing countries. *Environmental Health Perspectives*, 109(5): 481-488.
- 10 Fracchia, L., Pietronave, S., Rinaldi, M. and Martinotti, M. (2006). The assessment of airborne bacterial contamination in three composting plants revealed site-related biological hazard and seasonal variations. *Journal of Applied Microbiology*, 100:973-84.
- 11 Franklin, P.J. (2007). Indoor Air Quality and Respiratory Health of Children. *Pediatric Respiratory Reviews*, 8(4): 281-2866.
- 12 Fung, F. and Hughson, W.G. (2003). Health effects of indoor fungal bioaerosol exposure. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 18(7): 535-544
- 13 Hayleeyesus, S.F., and Manaye, A.M. (2014). Microbiological Quality of Indoor Air in University Libraries. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(1): S312-S317.
- 14 Ismail, S.H., Deros, M.B. and Leman, A.M. (2010). Indoor air quality issues for non-industrial workplace. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 5 (3): 235-244.
- 15 Jurado, S.R., Bankoff, A.D and Sanchez A. (2014). Indoor air quality in Brazilian Universities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11:7081-7093.
- 16 Jyotshna, M., and Helmut, B. (2011). Bioaerosols in Indoor Environment - A Review with Special Reference to Residential and Occupational Locations. *The Open Envir. & Biol. Mon. J.*, 4: 83-96.
- 17 Klinmalee, A., Srimongkol, K., and Kim Oanh, N.T. (2009). Indoor air pollution levels in public buildings in Thailand and exposure assessment. *Environ Monit Assess*, 156: 581–594.
- 18 Kluytmans, J., Van-Belkum, A. and Verbrugh, H. (1997). Nasal carriage of *Staphylococcus aureus*: epidemiology, underlying mechanisms, and associated risks. *Clinical Microbiology Review*, 10(3): 505-520.
- 19 Liu, Y., Chen, R., Shen, X., and Mao, X. (2004). Wintertime indoor air levels of PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁ at public places and their contributions to TSP. *Environ. Int.*, 30: 189–197.
- 20 Lou, X., Fang, Z. and Gong, C. (2012). Assessment of culturable airborne fungi in a university campus in Hangzhou, southeast China. *African Journal of Microbiology Resource*, 6(6): 1197-1205.
- 21 Molnar, P., Ballander, T., Sallsten, G., & Boman, J. (2007). Indoor and outdoor concentrations of PM_{2.5} trace elements at homes, preschools, and schools in Stockholm, Sweden. *Journal of Environmental Monitoring*, 9: 348–357.
- 22 Njoku, K.L., Rumide, T.J., Akinola, M.O., Adesuyi, A.A., and Jolaoso, A.O. (2016). Ambient Air Quality Monitoring in Metropolitan City of Lagos, Nigeria. *Journal of Applied Science and Environmental Management*, 20(1): 178-185.
- 23 Obanya, H.E., Amaeze, N.H., Togunde, O., and Otitolaju, A.A. (2018). Air Pollution Monitoring Around Residential and Transportation Sector Locations in Lagos Mainland. *Journal of Health and Pollution*, 8(19). <https://doi.org/10.5696/2156-9614-8.19.180903>.
- 24 Occupational Safety and Health Act (OSHA), (2011). *Indoor Air Quality in Commercial and Institutional Buildings*. U.S. Department of Labor.
- 25 Rajash B, Rattan LI. *Essential of medical microbiology*. 4th ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2008, p. 415-439.
- 26 Rasool, N., Rampal, R.K and manhas, P. (2016). Assessment of noise level status in institutional areas of Samba Town. *International Journal of Applied Research*, 2(7): 887-889.
- 27 Soto, T., Murcia, RMG., Franco, A., Vicente-Soler, J., Cansado, J., and Gacto, M. (2009). Indoor airborne microbial load in a Spanish university (University of Murcia, Spain). *Anales de Biologia*, 31: 109-115.
- 28 Stryjawska-Sekulsa, M., Piotraszewska-Pajak, A., Szyszka, A., Nowicki, M. and Filipiak, M. (2007). Microbiological quality of indoor air in university rooms. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16(4): 623-632.
- 29 Tse, A.C. and Oguama, A.C. (2014). Air quality in parts of the University of Port Harcourt, rivers state. *Scientia Africana*, 13: 120-137.
- 30 United States Environmental Protection Agency USEPA (2006). *Air Pollutants*. Accessed on 20th April, 2018. Retrieved from <http://www.epa.gov/ebtpages/airpollutants>

31 Vlad, D.C., Popescu, R., Filimon, M.N., Gurban, C., Tutelca, A., Nica, D.V. and Dumitrascu, V. (2013). Assessment of microbiological indoor air quality in public buildings: A case study (Timisoara, Romania). African Journal of Microbiology Research, 7 (19): 1957-1963.

32 WHO (2010). The WHO European Centre for Environment and Health, Bonn Office. WHO guidelines for indoor air quality: Selected pollutants. ISBN 978 92 890 0213 4.

33 World Health Organization - WHO (2009a). Guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Copenhagen, Denmark: World Health Organization; 2009.

34 World Health Organization (2009b). Global Health Risks: Mortality and burden of disease attributable to selected major risks, World Health Organization, Geneva.

Надійшла до редакції 16 травня 2019 р.

*D. Dimitrijević Jovanović¹, P. Živković¹,
J. Janevski¹, M. Vukić¹, A. Momčilović¹,
D. Jovanović²*

*¹Innovation Centre of Advanced Technologies,
University of Nis, Nis, Serbia*

²Public Utility Company Waterworks, Leskovac, Serbia

GREEN LIVING ROOF SIMULATION MODEL REVIEW

The integration of nature, living, organic materials, in the design of built areas and building structure is an architectural response to the environmental problems of dense urban areas. At the site where green space is limited, greening the building envelope is the solution to the issues such as heat waves, flooding, and noise and air pollution. The benefits could be predicted only by using the accurate simulation model of this technology. The energy balance of green living roof has been researched through the models developed over the years by various authors. Most models have been developed and validated with data from extensive roofs and more than 50% of the models have been validated using data from warm temperate climatic zones. The ability to determine the impact of green living roofs at different stages of their architectural design process is of most importance if the incorporation of this technology is planned, taking into account the impact on the building and the urban level.

Only five of more than twenty models have been implemented in the building energy simulation programs, such as EnergyPlus, TRNSYS, ESP-r, and MIT. Still, not all of these GLR models are part of the software's official release. The largest differences between the models were in the ways each mass and heat transfer phenomenon was considered. The lack of appropriate and easy-to-use building energy simulation that integrates GLR models complicates the evaluation of the green roof performance at the early stages of the building design process or the optimization of the green roof design at this stage and assessment of the impact on the building and the urban level. The validations of these models differ and do not follow any particular protocol or standard. Unfortunately, no study has reported the whole-building energy data to evaluate the impacts of green living roofs on the energy consumption of buildings and no study has compared and validated more than one model at a time. Consequently, it is difficult to evaluate which model is more accurate in terms of the actual energy performance of buildings.

Keywords: green roof, simulation, model, building.

Introduction. Living architecture is the integration of the living, organic systems characterized by green walls and green roofs, with the inorganic and lifeless structures that have come to dominate modern architecture. Green roof technology, as an architectural tool, originated in Germany in the 1880s, although, the history of green roof in the form of roof gardens started in Babylon around 500 B.C. Germany is regarded as the world leader in the employment of green roof strategy with the greenest roofs in the world and as the country with the most advanced knowledge in modern living roof technology. Green-roof coverage in Germany alone now increases by approximately 13.5 million square meters per year. According to the latest studies conducted by FBB (Fachvereinigung Bauwerksbegrünung), 80% of implemented green roofs are extensive type. According to ADIVET (French association of green roofing companies), from 100,000 m² to 1,000,000 m² of green roofs have been implemented yearly in France for the past ten years. Green roofs in London cover 9300 m² only in the Greater London area. In the US, Chicago is a leading city in green roofs technology with more than 50,000 m² of installed vegetative roofs only in 2008. In Canada, the city of Toronto approved the by-law mandating of green roofs on residential and industrial buildings. From February 1, 2010 to March 1, 2015, 260 green roofs were created in Toronto, consisting of 196,000 m² of green roof area. Serbia and the surrounding countries are late in practical work as well as research due to the constraint from infrastructure investment, lack of relevant laws, regulations and national policies concerning the green roof strategy.

There has been a substantial development in designing and constructing green vegetated roofs. Green roofs offer several substantial benefits in comparison to conventional roofs. Recent papers offer a complete review of the main environmental benefits that green roofs can achieve, such as providing reduction in stormwater runoff and improving stormwater quality, reducing interior noise levels, reducing dust and air pollution levels, increasing thermal efficiency. Depending on the types of plants and soils, a

green roof can provide the natural habitat for animals, insects and plants and can increase the biodiversity of the urban area and, at the city level, contribute to the mitigation of the urban heat island effect [1].

Results and discussion. There are two main classifications of green roofs: Extensive Green Roofs (EGR) and Intensive Green Roofs (IGR). Each system is defined primarily by the depth of the growth media, but also by the variety and type of vegetation. In the recent literature, Semi-intensive Green Roof occurs as a hybrid system, composed of both Extensive and Intensive Green Roof characteristics.

Extensive Green Roofs (EGR). Extensive Green Roofs are lightweight structures with a thinner substrate and feature succulent plants like sedums that can survive in harsh conditions. They are used mostly for environmental benefit, require little maintenance once they are established and are generally cost effective, particularly in commercial and public buildings with long life spans.

Intensive Green Roofs (IGR). Intensive Green Roofs allow a great variety of sorts and sizes of plants, such as shrubs and small trees, but have higher initial costs. A thicker soil layer should be considered as a landscape with plants found in parks and gardens and requires irrigation during dry periods. The thicker soil requires greater structural support for intensive roofs, than for the extensive ones.

Green Living Roof (GRL) assembly. Green roof construction mimics in a few centimeters what normal soil does in a couple meters, as shown in Fig. 1. The green roof accomplishes natural balance through several layers.

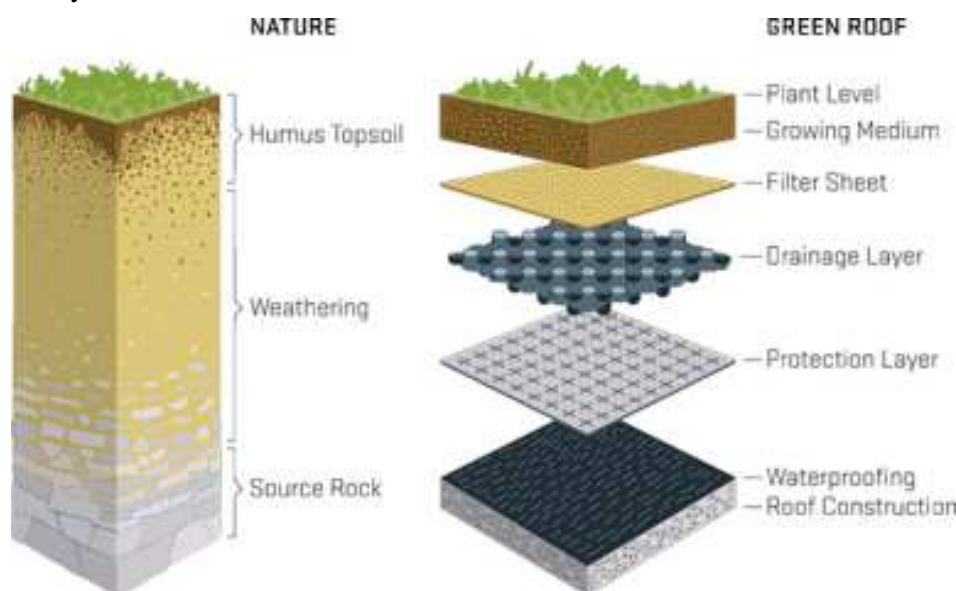


Fig. 1. Green roof systems mimics the natural soil layers

Three main components of the model of the green vegetated roof are:

- 1) The Structural Support includes all the layers between the inner plaster and the root barrier;
- 2) The Soil Layer, also called substrate, growth medium or engineered soil, is a complex with the solid phase (organic and mineral material), the liquid phase (water) and the gaseous phase (water vapor and air). Engineered soil is a substitution for standard landscaping soil or loam containing a specified ratio of the organic and inorganic material. When applying Green Living Roofs to existing buildings, the growth media must be designed with consideration of the load capacity of the roof structure.
- 3) The Foliage Layer (vegetation canopy) is composed of the leaves and the air within the leaves and depends on the plant selection. The plant's architecture, such as leaf size, shape and coverage, and physiology, for example, transpiration tendencies, will affect the roof's performance and its tolerance to drought, wind, light, shade, and pollutants. The selection criteria of the plants should be performed according to the particular GLR application with account of the climate conditions and maintenance requirements of the plants.

Several more layers could be present, depending on its complexity. As a part of structural support, besides slab, we can identify:

- 1) Insulation Board. The insulation in a GLR system requires sufficient compressive strength to support the weight of the full saturated soil and water storage, hardscape materials, live loads and environmental loads.

2) Protection Board. It is required as fire separation and protection between the selected waterproofing membrane and insulation board.

3) Waterproofing Membrane. Fluid-applied asphalt-based membranes, torch-applied bitumen membranes, thermoplastic (PVC or TPO) single-ply membranes, or thermoset polymer-based (EPDM) single-ply membranes could be installed in the GLR assembly.

4) Root Barriers are commonly made of thermoplastic sheets such as PVC, TPO or polyethylene. Asphalt-based and bituminous membranes and materials are subject to attack and premature degradation from soil-borne microbial activity; therefore, root barriers are necessary to protect these waterproofing materials and eliminate the risk of root penetration into the waterproofing membrane.

5) Drainage Panel has the function to expel excess water from the roof during rain periods, which can easily pass underneath it away and down the roof drain. It also serves as water storage for the GLR during dry periods, providing water for the upper layers in relatively small space and with light weight. It can be manufactured from a variety of materials, including hard plastic, polystyrene, and foam, or made from free-draining materials, such as gravel.

6) Filter Fabric is a woven or non-woven geotextile which provides protection against the accumulation of fine soil in the drainage paths, ensuring the long-term efficiency of the drainage layer.

7) Moisture Retention Mat performs the dual functions of retaining water to provide moisture for the growing media and the plants and protecting the waterproof membrane during and after construction. This layer is very often made of recycled polypropylene fibers stitched to a thermoplastic fabric sheet, such as polyethylene.

The accurate and validated heat and mass transfer models are crucial to evaluate the energy performance of buildings. In most studies the analyzed Foliage Layer design parameters were the height of plants, the leaf area index (LAI), leaf reflectivity, leaf emissivity and stomata resistance and the analyzed thermal properties of the Soil Layer were thickness, density, thermal conductivity, and heat capacity. The numerical and field studies showed that Thermal insulation also plays an important role in the performance of vegetated roofs.

Green Living Roof (GRL) numerical heat and mass transfer simulation models. Many green living roof simulation models have been developed during the last 35 years. Most of the models have been developed during the last decade. General assumptions have been applied to most of the reviewed models, for example:

- 1) Horizontal heat and mass transfer are negligible.
- 2) Plants and substrate of the vegetated roofs are horizontally homogeneous.
- 3) Volumetric water content within the substrate is homogeneous.
- 4) Green roof substrate is completely covered by plants.
- 5) Conductive heat transfer in plants is negligible.
- 6) Photosynthesis of the plant results in negligible heat fluxes.
- 7) Air beneath the stomata is saturated.

More than 20 models could be found in the current literature. Nevertheless, only a few numerical heat and mass transfer green roof models have been implemented in actual energy building simulation tools. There are four building energy simulation engines that include green living roof models: EnergyPlus, TRNSYS, ESP-r and MIT Design Advisor.

EnergyPlus is an energy analysis and thermal load simulation program that has its roots in two other simulation programs, both written in Fortran: BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) and DOE-2, developed by the U.S. Department of Energy. The GRL model developed by Sailor [2] is implemented in the official version of the software. Moreover, the model from Tabares-Velasco et al. [3] has been implemented, but is currently not part of the official release version.

The energy balance of the green roof is dominated by radiative forcing from the sun. This solar radiation is balanced by the sensible (convection) and latent (evaporative) heat flux from soil and plant surfaces combined with the conduction of heat into the soil substrate and long-wave (thermal) radiation to and from the soil and leaf surfaces. Sailors [2] energy budget analysis follows the fast all season soil strength (FASST) model developed by Frankenstein and Koenig [4] for the US Army Corps of Engineers. The energy budget was divided into a budget for the foliage layer F_f (1) and a budget for the ground surface F_g (2).

$$F_f = \sigma_f [I_s(1 - \alpha_f) + \varepsilon_f I_{irr} - \varepsilon_f \sigma T_f^4] + \frac{\sigma_f \varepsilon_g \varepsilon_f \sigma}{\varepsilon_1} (T_g^4 - T_f^4) + H_f + L_f, \quad (1)$$

$$F_g = (1 - \sigma_f) [I_s(1 - \alpha_g) + \varepsilon_g I_{ir} - \varepsilon_g T_g^4] + \frac{\sigma_f \varepsilon_g \sigma_f \sigma}{\varepsilon_f} (T_g^4 - T_f^4) + H_g + L_g + K \times \frac{\partial T_g}{\partial z}, \quad (2)$$

where σ_f – fractional vegetation coverage; F_f – net heat flux to foliage layer [W/m²]; I_s – total incoming short-wave radiation; α_f – albedo of the canopy; α_g – albedo of ground surface; ε_f – emissivity of canopy; ε_g – emissivity of the ground surface; I_{ir} – total incoming long-wave radiation; T_f – foliage temperature [°C]; σ – Stefan-Boltzmann constant; T_g – ground surface temperature [°C]; H_f – foliage sensible heat flux [W/m²]; H_g – ground sensible heat flux [W/m²]; L_f – foliage latent heat flux [W/m²]; L_g – ground latent heat flux [W/m²].

Complex Tabares-Velasco model is given in Fig 2.

A proposed green roof model was validated using the quasi-steady state experimental data. All heat fluxes in GLR system were supposed to be interconnected and dependent on each other, hence the model considered heat and mass transfer processes between the sky, plants, and substrate. Several different models were calculated: substrate thermal conductivity, the substrate and plants evapotranspiration, radiative heat transfer between the plants and substrate, and convection heat and mass transfer.

GRL model [5] integrated in TRNSYS is not part of the official TRNSYS package/type, but it was validated with the field data for vegetated walls and roofs in mock-up buildings. The mathematical model, describing energy balance across the green roof, was based on the model of Frankenstein and Koenig [4] and Sailor [2]. Water balance was introduced through the term of thermal conductivity, which was not taken into account in the previous model.

The equation describing the mass transfer of water is:

$$C_m \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial \psi}{\partial z} \left[D_{m\psi} \frac{\partial \psi}{\partial z} - D_{l\psi} \right], \quad (3)$$

where C_m is the capillary capacity of the soil, ψ is the matrix potential of water in the soil (m), $D_{m\psi}$ and $D_{l\psi}$ are respectively the water conductivity (liquid and vapor) and liquid water related to the potential gradient (m s⁻¹).

ESP-r is an open-source building energy program commonly used in Europe, in which two green roof models are adopted [6, 7]. Currently simulation domains include thermal exchanges, moisture transfer, and air flows within and across zones, HVAC plants, electrical distribution, and piping networks. The building geometry, fabric and zones are represented by control volumes. The statement of energy balance for the rooftop layer was expressed in terms of seven energy fluxes and the heat capacity of the roof layer was given as [6]:

$$SW_{down} - SW_{up} + LW_{down} - LW_{up} - Q_{convection} - Q_{conduction} - Q_{latent} = C_{roof} \frac{dT_{roof\ layer\ average}}{dt}, \quad (4)$$

where SW , LW , $Q_{convection}$, $Q_{conduction}$, Q_{latent} refer to shortwave, longwave, convection, conductive heat flow (into or from the room below) and latent heat transport, respectively.

The method in [7] used for the development of green roof model involved dividing the green roof elements into control volumes and identifying the governing thermal and moisture exchange equations. These equations were further turned into a set of time-discretized equations which were solved for successive time steps. The control volume equations were combined and the matrix of linear equations was formed for facilitating the simultaneous solving for state variables. The time varying coefficients of these matrix equations were defined in terms of thermal and moisture-related properties of various elements of the green roof.

MIT Design Advisor, an early-stage building design program, has a GLR model developed by Ray and Glicksman [8]. The assumed energy balance for the green roof with insulation under the slab is shown in Fig. 3.

They took into consideration the convective, H_{veg} , shortwave radiation, $I_s(1-\rho)(1-\tau_s)$, and longwave radiation, $q_{ir, veg}$, heat transfer between the vegetation and environment, and a latent L_{veg} , as well. The only interaction between the vegetation and soil is assumed to take place through longwave radiation, $q_{ir, soil-veg}$, although the soil interacts with the environment by receiving incident solar radiation $I_s(1-\rho)\tau_s$ as well as by exchanging longwave radiation, $q_{ir, soil}$. Heat is conducted through the soil, slab, and insulation, denoted $q_{conduct}$ and convection, H_{rooms} , and radiation, $q_{ir, room}$ as heat transfer to the room. The green roof model was validated by both the University of Kobe and FSEC studies.

Heat Flux	Equation	New/Adopted/Modified Component
Energy Balance	$R_{sh,abs,plants} = Q_{film,plants} + Q_{R,S,P}$ $R_{sh,abs,substrate} = -Q_{R,S,P} + Q_{s,s} + Q_{conduction} + Q_{IR,subs,cov,sky} + Q_E$ $R_{sh,abs,plants} = (1 - \rho_{plants} - \tau_{plants,solar})(1 + \tau_{plants}\rho_{substrate})R_{sh}$	Modified
Radiation	$R_{sh,abs,substrate} = \tau_{plants,solar}(1 - \alpha_{s,substrate})R_{sh}$ $Q_{IR,plants,sky} = (1 - \tau_{plants,IR})\epsilon_{plants}\sigma(T_{plants}^4 - T_{sky}^4)$ $Q_{IR,substrate,cov,sky} = (\tau_{plants,IR})\epsilon_{substrate}\sigma(T_{plants}^4 - T_{sky}^4)$	Adopted Adopted Adopted
	$Q_{R,S,P} = (1 - \tau_{IR}) \frac{\sigma(T_{plants}^4 - T_{top,substrate}^4)}{\frac{1}{\epsilon_{substrate}} + \frac{1}{\epsilon_{plants}} - 1}$	Adopted
Convection	$Q_{convection,plants} = 1.5 \cdot LAI \cdot h_{conv}(T_{plants} - T_{air})$ $Q_{convection,substrate,cov} = h_{sub}(T_{substrate,top} - T_{air})$	Modified New
Evapotranspiration	$Q_T = LAI \frac{\rho C_p}{\gamma(\tau_s + \tau_a)} (\epsilon_{s,plants} - \epsilon_{air})$ $Q_E = \frac{\rho C_p}{\gamma(\tau_{soil} + \tau_a)} (\epsilon_{soil} - \epsilon_{air})$	Adopted Adopted
Conduction	$Q_{conduction} = k_{substrate} \frac{T_{top,substrate} - T_{bottom,substrate}}{L_{substrate}}$	Adopted

Fig. 2. Summary of the recommended equations for the green roof fully covered by plants [3]

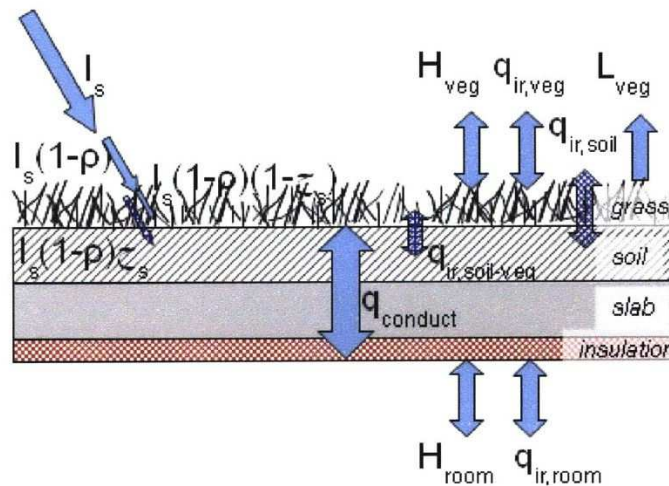


Fig. 3 Green roof energy balance. All terms shown are energy fluxes [8]

Conclusions. Only five of more than twenty models have been implemented in the building energy simulation programs, such as EnergyPlus, TRNSYS, ESP-r, and MIT. Still, not all of these GLR models are part of the software's official release. The largest differences between the models were in the ways each mass and heat transfer phenomenon was considered. The lack of appropriate and easy-to-use building energy simulation that integrates GLR models complicates the evaluation of the green roof performance at the early stages of the building design process or the optimization of the green roof design at this stage and assessment of the impact on the building and the urban level. The validations of these models differ and do not follow any particular protocol or standard. Unfortunately, no study has reported the whole-building energy data to evaluate the impacts of green living roofs on the energy consumption of buildings and no study has compared and validated more than one model at a time. Consequently, it is difficult to evaluate which model is more accurate in terms of the actual energy performance of buildings.

*Д. Димитрієвич Йованович¹, П. Живкович¹,
О. Яневські¹, М. Вукич¹,
Г. Момчилович¹, Д. Йованович²*

¹Інноваційний центр передових технологій,
Університет Ніш, Ніш, Сербія

²Комунальне підприємство "Waterworks", Лесковац, Сербія

ОГЛЯД ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ЗЕЛЕНОГО ДАХУ

Інтеграція природи, живих, органічних матеріалів, при проектуванні забудованих територій і будівельних конструкцій є архітектурною відповіддю на екологічні проблеми густонаселених міських територій. На місці, де обмежені зелені насадження, озеленення зовнішньої оболонки будівлі є вирішенням таких питань, як теплові хвилі, затоплення, шум і забруднення повітря. Переваги цієї технології можна передбачити лише за допомогою точної імітаційної моделі. Енергетичний баланс зеленого даху досліджено крізь призму моделей, розроблених різними авторами протягом багатьох років. Більшість моделей розроблено та підтверджено даними з екстенсивних дахів, і більш ніж 50% моделей перевірено з використанням даних з помірно-теплих кліматичних зон. Можливість визначення впливу зелених дахів на різних етапах їхнього архітектурного проектування має найбільше значення, якщо застосування цієї технології заплановано з урахуванням її впливу на будівлю і міський рівень.

Лише п'ять з більш ніж двадцяти моделей було реалізовано у програмах моделювання енергоспоживання будівлі, таких як EnergyPlus, TRNSYS, ESP-r і MIT. Проте не всі з цих моделей зеленого даху є частиною офіційного випуску програмного забезпечення. Найбільші відмінності між моделями полягали у тому, як було розглянуто кожне явище тепло- і масообміну. Відсутність належного та простого у використанні моделювання енергоспоживання будівлі, що інтегрує моделі зеленого даху, ускладнює оцінку ефективності зеленого даху на ранніх етапах процесу проектування будівлі або оптимізацію проекту зеленого даху на цьому етапі та оцінку впливу на

будівлю на рівні міста. Підтвердження цих моделей відрізняються і не відповідають певному протоколу або стандарту. На жаль, у жодному дослідженні нема інформації про енергетичні дані цілої будівлі для оцінки впливу зелених дахів на енергоспоживання будівель, у жодному дослідженні не здійснено порівняння і не підтверджено більше ніж одну модель за один раз. Отже, важко оцінити, яка модель більш точна у контексті реальної енергетичної ефективності будівель.

Ключові слова: зелений дах, імітаційне моделювання, модель, будівництво.

References

- 1 Berardi, U., Ghaffarian, H. A., A comprehensive analysis of the environmental benefits of green roofs, *Applied Energy*, 115 (2014), pp. 411–428;
- 2 Sailor DJ. A green roof model for building energy simulation programs. *Energy Build* 2008;40(8):1466–78;
- 3 Tabares Velasco PC. Predictive heat and mass transfer model of plant-based roofing materials for assessment of energy savings Ph.D. Thesis Department of Architectural Engineering, The Pennsylvania State University; 2009;
- 4 S. Frankenstein, G. Koenig, FASST Vegetation Models, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory (ERDC/CRREL), Technical Report TR-04-25, 2004;
- 5 Ouldboukhitine SE, et al. Assessment of green roof thermal behavior: a coupled heat and mass transfer model. *Build Environ* 2011;46(12):2624–31;
- 6 Gaffin SR, et al. Energy balance modeling applied to a comparison of green and white roof cooling efficiency. Third annual international greening rooftops for sustainable communities. Washington, D.C.: Green Roof for Healthy Cities; 2005;
- 7 Decruz A. Development and integration of a green roof model within whole building energy simulation. Ph.D. Thesis. Nottingham, UK: University of Nottingham; 2016;
- 8 Ray S, Glicksman L. Potential energy savings of various roof technologies. Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings XI International Conference. Clearwater Beach, FL: ASHRAE; 2010.

Надійшла до редакції 20 травня 2019 р.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

УДК 502.3:379.85

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-1(19)-111-119

Я. С. Коробейникова, Ю. І. Юрас
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

ПРОБЛЕМИ ТУРИСТИЧНОГО РЕСУРСОКОРИСТУВАННЯ В ГІРСЬКИХ ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У статті розглянуто основні напрями ресурсокористування в гірських об'єднаних територіальних громадах Івано-Франківської області. Туризм серед галузей є пріоритетним, оскільки може опиратись на потужний природний та історико-культурний потенціал у поєднанні зі збереженими етнічними традиціями та традиційними промислами в досліджуваному регіоні. Досліджено сучасний стан та проблеми децентралізації в Україні. Однією з проблем новостворених місцевих територіальних громад є відсутність методологічного інструментарію комплексного використання туристичного потенціалу територій. Авторами запропоновано алгоритм формування проектних пропозицій щодо розвитку туризму в межах місцевих територіальних громад. Розвиток туризму супроводжується виникненням нових екологічних загроз у межах туристичних дестинацій. Авторами проаналізовані особливості впливу туризму на довкілля в гірських об'єднаних територіальних громадах. Основними впливами на довкілля туристичних дестинацій є зміни первинних ландшафтів, забруднення води, забруднення атмосферного повітря, поводження з відходами. У статті досліджено проблему поводження з відходами в гірських туристичних дестинаціях. Удосконалено метод розрахунку обсягу відходів, згенерованого туристами та екскурсантами в межах туристичних дестинацій. Розраховані обсяги відходів, згенеровані туристами та екскурсантами в ОТГ гірських районів Івано-Франківської області, підтверджують наявність впливу туристів на проблему відходів у межах ОТГ. Серед проаналізованих ОТГ проблема утворення відходів туристами та екскурсантами проявляється в ОТГ Яремчанської міської ради, ОТГ Долинського та Коломийського районів. Високі показники утворення відходів туристами та екскурсантами ще більше ускладнюють проблему системи поводження з відходами, яка планувалась без урахування можливого впливу туристів. Така обставина актуалізує проблему формування програм управління відходами в межах об'єднаних територіальних громад. Запропоновано методологічні підходи щодо формування програм поводження з відходами в межах ОТГ.

Ключові слова: децентралізація, об'єднані територіальні громади (ОТГ), збалансований розвиток громад, туризм, управління побутовими відходами.

Постановка проблеми. Для гірських територіальних громад Івано-Франківської області перспективними галузями господарства є лісове господарство та переробка лісу, туризм, розвиток і розбудова інфраструктури, насамперед транспортної, дорожньої та комунікаційної; розвиток наукомістких, енергоощадних, високотехнологічних та екофільних виробництв, що вимагають екологічно чистого середовища; розвиток традиційного гірського сільського господарства; відродження та розвиток традиційних промислів і ремесел. Потужний природний та історико-культурний потенціал Прикарпаття у поєднанні зі збереженими етнічними традиціями та традиційними промислами сформували базу розвитку туризму в регіоні. Окрім цього, туристична галузь не потребує значних капіталовкладень та має швидкі терміни окупності проектів в умовах стійкої динаміки галузі. Це усвідомлюють керівники місцевих територіальних громад, проголошуючи туризм як пріоритетну галузь розвитку. Як показує досвід співпраці з місцевими територіальними громадами в галузі туризму, вони потребують дослідження рекреаційно-туристичного потенціалу ОТГ, формування інвестиційних пропозицій розвитку окремих видів

туризму на територіях ОТГ, проектів планувальної організації рекреаційних та паркових зон, створення програми просування місцевого туристичного продукту на ринку послуг туризму, формування баз даних ресурсного потенціалу та інфраструктурної складової розвитку туризму, проектів удосконалення туристичної інфраструктури територій ОТГ, створення екскурсійних програм у межах ОТГ, консультивання щодо можливості розвитку сільського туризму на територіях ОТГ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням децентралізації в Україні останні роки приділяється підвищена увага. Цій реформі присвячена велика кількість робіт вітчизняних учених. Найбільш відомі праці Возняк Г. В., Луніної І. О.; Федоренко Ю. І., Баймуратова М. О., Касич А. О., Хандій О. О., в яких висвітлені загальні аспекти та проблеми впровадження реформи місцевого самоврядування. Сьогодні напрацьована достатня наукова основа щодо правових і фінансових аспектів децентралізації влади в Україні у працях Ганущак Ю. І., Камінської Н. В., Карчевської І. О., Легкоступ І. І., Молдован О. О., Карабін Т. О., Хамінч С. Ю. та ін. Міжнародний досвід децентралізації висвітлено в працях Бондаренко А. І., Гнидюк І. В., Науменко Р. А., Сухенко В. В. тощо.

Дослідження екологічних аспектів розвитку місцевих територіальних громад визначається науковою спільнотою як новий напрям досліджень. Вкрай мало також наукових публікацій, що висвітлюють екологічні наслідки туристичної діяльності. Шляхи забезпечення екологічної безпеки у розвитку індустрії туризму, як складової її збалансованого розвитку, викладені у працях Воробійової О. А., Голод А. П., Корж Н. В., Куценко В. І., Миронова Т. Л., Шарко В. В., Коробейникової Я. С., Ю. Зінька, М. Мальської, М. Іваника, С. Благодира тощо.

Поводження з відходами в межах туристичних дестинацій серед інших є найменш дослідженим напрямом впливу. Питаннями проблем відходів відповідно до сфер їхнього утворення та функціонування сміттєзвалищ займалися такі вітчизняні дослідники як Федоренко О. І. (вплив відходів на довкілля), Шаніна Т. П., Губанова О. Р., Петрук В. Г., Гурець Л. Л. (проблеми управління та поводження з відходами), Мальований М. С., Радовенчик В. М., Гомеля М. Д., Корбут М. Б. (екологічна безпека звалищ твердих побутових відходів), Орфанова М. М. (еколого-технологічні принципи поводження з відходами), Коцюба І. Г. (чинники впливу на обсяг утворення твердих побутових відходів), Пушкарьова-Безділь Т. М. (проблема поширення територій несанкціонованих звалищ твердих побутових відходів на землі природно-заповідного фонду України) та ін. Однак практично не дослідженими залишаються проблеми поводження з відходами у межах туристичних дестинацій.

У світовій науковій спільноті такі дослідження здійснено в рамках програми ООН з навколишнього середовища (UNEP) [1], а також такими авторами як A. Holden, T. Davies, S. Cahill (основні напрями впливу туризму та готельної індустрії на довкілля), S. Nair, C. Jayakumar (особливості управління відходами у межах територій розвитку сільського туризму), A. Khajuria, Y. Yamamoto, T. Morioka (чинники, що впливають на обсяг утворення відходів), F. Mihai (туризм як джерело утворення відходів в міських та сільських туристичних дестинаціях) [2], J. Mateu-Sbert, I. Ricci-Cabello, E. Villalonga-Olives, E. Cabeza-Irigoyen (аналіз впливу туризму на обсяг утворення відходів) [3], C. Ezeah, J. Fazakerley, T. Byrne (дослідження досвіду країн ЄС у сфері поводження з відходами в межах територій розвитку туризму) [4], тощо.

Постановка завдання. Детальний аналіз наукових результатів у цій сфері показав, що у наукових працях обговорено питання розмежування повноважень між районами, регіонами й територіальними громадами, розглянуто організаційно-правові аспекти децентралізації влади, основні поняття, її види, принципи, моделі, фінансове забезпечення проведення реформ. Однак у них висвітлено переважно теоретичні сторони процесу децентралізації в Україні, а практичні аспекти часто залишаються поза увагою. Незважаючи на повільність процесів децентралізації, щомісяця з'являються нові приклади впровадження елементів децентралізації та виникають нові проблеми втілення в життя державного соціально-економічного експерименту. Як відомо, кожна територіальна громада формує власні стратегії розвитку. Проте стратегічні плани виступають тільки як вектор розвитку, а не як практичні поради щодо реалізування запланованого [5-8]. Більшість громад не володіє інформаційною базою та відповідними методиками, які дозволятимуть реалізовувати туристичні проекти. Тому актуальними на сьогодні є розроблення науково-методичних інструментаріїв щодо розвитку об'єднаних територіальних громад та пошук напрямів збалансованого, екологічно безпечного туристичного ресурсокористування в їхніх межах.

Метою дослідження є аналіз проблеми поведження з відходами та розроблення алгоритму збалансованого туристичного ресурсокористування в межах гірських об'єднаних територіальних громад Івано-Франківської області.

Досягнення мети досліджень реалізовувалось виконанням таких *завдань*:

- проаналізувати стан наукових досліджень у галузі практичних аспектів процесу децентралізації в Україні;
- ідентифікувати перспективні напрями розвитку гірських об'єднаних територіальних громад та запропонувати алгоритм формування проектних пропозицій щодо розвитку туризму в їхніх межах;
- на основі аналізу негативних екологічних наслідків розвитку туризму в досліджуваному регіоні визначити пріоритети в управлінні станом довкілля місцевих територіальних громад гірської частини Івано-Франківської області;
- на основі розробленої методики розрахувати обсяги відходів, утворених туристами та екскурсантами в ОТГ гірських районів Івано-Франківської області;
- обґрунтувати необхідність формування програм поведження з відходами на рівні ОТГ як пріоритетних у комплексному плануванні соціально-економічного розвитку місцевих територіальних громад для їхнього сталого розвитку.

Об'єкт дослідження – гірські об'єднані територіальні громади Івано-Франківської області як управлінські системи в галузі поведження з відходами в контексті сталого розвитку туризму в їхніх межах. *Предмет дослідження* – управління поведження з відходами як складова частина збалансованого розвитку туристичної галузі.

Виклад основного матеріалу. Реформа адміністративно-територіального устрою відбувається в Україні з 2014 року та є багатоетапною та клопіткою роботою у багатьох сферах життєзабезпечення та розвитку суспільства. Територіальні громади мають право розпоряджатися земельними ресурсами в межах своєї території, об'єднувати свої майно та ресурси в рамках співпраці територіальних громад для виконання спільних програм та більш ефективного надання публічних послуг населенню суміжних територіальних громад [9]. Об'єднані громади акумулюють бюджетні кошти для вирішення нагальних питань територіальних громад, отримують додатково фінансування другого бюджетного рівня з доходів районного бюджету, зменшують бюрократичний управлінський апарат; отримують повноваження на рівні міст обласного значення, що дозволить на практиці впроваджувати перспективні плани активного розвитку. У результаті децентралізації для об'єднаних територіальних громад змінилися не тільки процеси бюджетотворення та фінансування, а й відбулась перебудова процесів ухвалення рішень щодо життєдіяльності ОТГ та відповідальності за їхнє успішне реалізування.

Практичне реалізування процесу децентралізації розпочалася лише у 2015 році та до сьогодні просувається дуже повільно. Місцеві громади, які утворилися, зіткнулися з рядом проблем, що унеможливує їхній ефективний розвиток. По-перше, сформовані територіальні громади є різними за ресурсним потенціалом та соціально-економічним станом. Деякі з них опираються, в основному, тільки на державні субвенції. З іншого боку, фінансова децентралізація привела до акумулювання в територіальних громадах більше коштів, які не завжди раціонально використовуються. По-друге, величезний тягар проблем життєзабезпечення громад, які не вирішувалися більше тридцяти років, лягли на плечі новоутворених адміністрацій. По-третє, органи управління більшості територіальних громад потребують кваліфікованих управлінців у різних галузях, віддалені громади відчувають нестачу кадрів, які мають вирішувати не тільки нагальні проблеми життєзабезпечення громади, але і працювати на перспективу, окреслюючи напрями майбутнього розвитку громади.

В умовах формування територіальних громад актуальним постало питання напрямів соціально-економічного розвитку нових адміністративних утворень для раціонального планування господарського комплексу. Гірські об'єднані територіальні громади займають близько 50 % території Івано-Франківської області (табл. 1). Їхній успішний розвиток як самостійних самоврядних об'єднань є запорукою успіху всього регіону.

Авторами розроблений алгоритм формування проектних пропозицій щодо розвитку туризму в межах місцевих територіальних громад, що дозволить упорядкувати та раціонально планувати розвиток туристичного сектору господарства, більш ефективно витратити ресурс для досягнення цілей у межах місцевих територіальних громад (рис. 1).

Структура гірських територіальних громад в Івано-Франківській області

№	Район області	Територіальні громади
1	Богородчанський	Яблуньська, Дзвиняцька, Богородчанська, Старобородчанська, Солотвинська
2	Верховинський	Верховинська, Білоберезька, Красноільська, Зеленська, Яблуницька
3	Долинський	Болахівська, Долинська, Вигодська, Витвицька
4	Коломийський	Печеніжинська, Коломийська, Матєєвецька, Нижньовербізька
5	Косівський район	Косівська, Яблунівська, Рожнівська, Космацька, Кутська, Пістинська*, Шепітська*
6	Надвірнянський	Переріслянська, Надвірнянська, Ланчинська, Делятинська, Зеленська
7	Рожнятівський	Спаська, Брошнів-Осадівська, Перегінська, Рожнятівська
8	Яремчанська міська рада	Яремчанська, Ворохтянська

*Межі та структура громад уточнюються

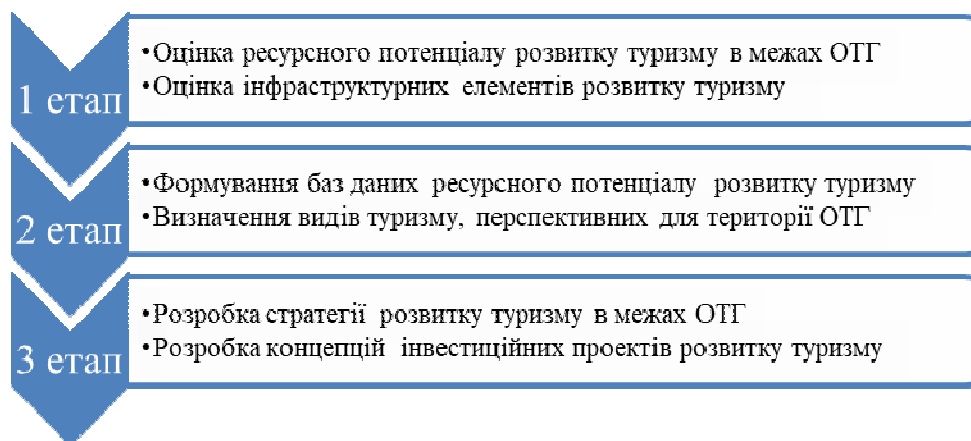


Рис. 1. Етапи формування концепцій проектів розвитку туризму в межах ОТГ

Туризм і навколишнє середовище є єдиною системою; яка загалом укладається в модель «природа – населення – господарство». Якість навколишнього середовища є необхідною умовою для розвитку туризму, а успішний розвиток може бути забезпечений за умови регулювання потоку туристів і досягши збалансованого співвідношення економіки і екологічного стану регіону. Хоча частка деградації довкілля в результаті туристичної діяльності становить 5–7 %, у світовому вимірі, у регіонах, де туризм є провідною галуззю, ці цифри, очевидно, значно більші. Кажучи загалом про вплив туризму на навколишнє середовище, не можна прийти до однозначного висновку. У багатьох випадках відносно однакові умови розвитку туристичної діяльності можуть привести на різних територіях як до позитивних, так і до негативних результатів. Проте в умовах слабого контролю виконання природоохоронного законодавства в Україні, низького рівня екологічної свідомості громадян та відповідальних управлінців, відсутності комплексних програм управління довкіллям, переважно, спостерігається негативний вплив туристичної діяльності на довкілля туристичних дестинацій. Непродумані підходи до створення туристичних центрів у певних регіонах можуть спричинити порушення місцевих екологічних і суспільних систем. Ще у 1983 р. ВТО визначила п'ять ситуацій, коли туризм завдає шкоди довкіллю:

- зміни в екологічній ситуації районів, де природне середовище було у доброму стані з точки зору природи, культури й людини;
- спекулятивний натиск, який призводить до знищення пейзажу і природного життєвого середовища;
- зайняття місця та виконання робіт, які призводять до незворотних процесів у користуванні землею;
- шкода для традиційних цінностей в охоплених туризмом зонах і зниження стандарту в людському вимірі при існуючому розвитку;

– значні обсяги, що розростаються і збіднюють якість середовища охопленого туризмом району.

Для регіону Українських Карпат туризм залишатиметься пріоритетною галуззю господарювання і в майбутньому на фоні світових трендів зростання туристичного сектору економіки. Тому урахування всіх наслідків розвитку туризму для місцевих громад та мінімізування негативних наслідків є новими управлінськими викликами. У межах Карпатського регіону основними впливами на довкілля туристичних дестинацій є зміни первинних ландшафтів, забруднення води, забруднення атмосферного повітря, поводження з відходами [10].

Для Карпатського регіону та гірської Івано-Франківської області зокрема проблема поводження з відходами у межах туристичних дестинацій є найменш дослідженим та недостатньо вирішеним напрямом впливу. Ця проблема стає особливо гострою у зв'язку з тим, що кількість туристів щороку зростає та в піки сезону значно перевищує кількість місцевого населення.

Проблему поводження з відходами в Івано-Франківській області актуалізують в останні роки у зв'язку з швидкими темпами розвитку галузі туризму в області і збільшенням туристичних потоків, які за останні десять років зросли у понад 10 разів. Аналіз статистичних показників поводження з ТПВ в Україні, Карпатському регіоні та Івано-Франківській області дозволив зробити висновок про загрозову для довкілля тенденцію до збільшення їхніх обсягів, а особливо обсягів тих відходів, які підлягають видаленню, та їхнього нагромадження на полігонах. Протягом 2010–2016 рр. обсяг відходів, що підлягають видаленню, зріс у Івано-Франківській області майже у 10 разів і з усього обсягу відходів складає близько 50%. У зв'язку з неефективним поводженням з відходами, їхній обсяг у спеціально відведених місцях постійно збільшується і з 2010 року зріс майже на 25%.

Аналіз стану полігонів ТПВ Івано-Франківської області показав, що на сьогодні більшість із них заповнені в середньому на 80–90% або повністю вичерпали свій ресурс. Найменш забезпеченими полігонами ТПВ є найбільш популярні туристичні Яремчанська міська рада та Косівський район.

В останні роки світова наукова спільнота активно досліджує вплив туристичної індустрії на проблему утворення відходів. Ф. Міхай у своєму дослідженні наводить формулу розрахунку обсягу відходів, згенерованих туристами в міських та сільських територіях (1) [2]:

$$Q_{wt} = \frac{N_t \times I_{twg} \times D_s}{1000}, \quad (1)$$

де Q_{wt} – обсяг відходів, утворений туристами, т;

N_t – кількість туристів, ос.;

I_{twg} – швидкість утворення відходів туристами (кг/ос/день);

D_s – середня тривалість перебування в закладах розміщення, дн.

Цей метод має свої недоліки, оскільки не враховує чинника екскурсантів, які можуть перевищувати кількість туристів у Карпатському регіоні у 2–10 разів (рис. 2) [11, 12].

Тому, для розрахунку обсягу твердих побутових відходів, згенерованого туристами та екскурсантами, запропоновано використовувати таку формулу (2):

$$W = (N_t \times D_t + N_e \times D_e) \times K_w, \quad (2)$$

де W – обсяг твердих побутових відходів, згенерований туристами та екскурсантами за обраний період часу, кг;

N_t – кількість туристів, ос.;

D_t – середня тривалість перебування туристів, діб;

N_e – кількість екскурсантів, ос.;

D_e – середня тривалість перебування екскурсантів, діб;

K_w – середній обсяг згенерованих твердих побутових відходів туристами і екскурсантами в день, кг/ос.×доба.

Розроблення такого методу розрахунку є наразі особливо важливе, оскільки відходи туристичних дестинацій не виділено в окрему категорію при збиранні відповідних статистичних даних.

У світовій спільноті немає однастайності щодо показника середнього обсягу згенерованих твердих побутових відходів туристами і екскурсантами в день (табл. 2).

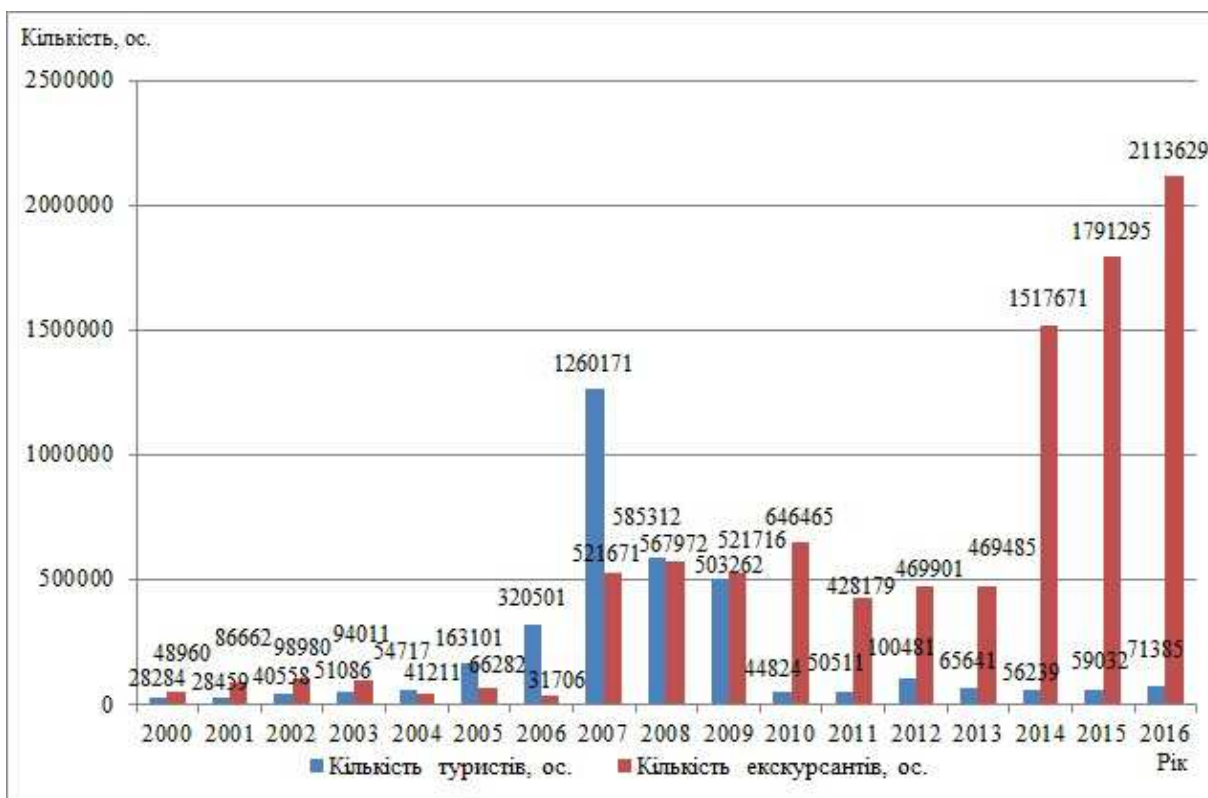


Рис. 2. Кількість туристів та екскурсантів у Івано-Франківській області у 2000–2016 рр.

Таблиця 2

Показники середнього обсягу твердих побутових відходів, згенерованих туристами та екскурсантами*

Країна/організація	Середній обсяг згенерованих твердих побутових відходів туристами і екскурсантами в день, кг
ВТО	1
країни ЄС-27	1,41
Іспанія	1,31
Мальдівська Республіка	2,9
Кіпр	1
Румунія	0,9 (в міських територіях), 0,4 (в сільських територіях)
Індія	2
Таїланд	1-2,5
Ботсвана	0,39

*Складено автором за даними [1–3,13–16]

Якщо вважати, що середня тривалість перебування туристів у Карпатському регіоні 5,56 днів і екскурсантів – 1 день, то можна розрахувати обсяг твердих побутових відходів, утворений туристами та екскурсантами у межах ОТГ Івано-Франківської області. Для розрахунку ми прийняли, що кожен турист створює принаймні 1 кг твердих побутових відходів у день відповідно до даних ВТО.

Розраховані обсяги відходів, згенеровані туристами та екскурсантами в ОТГ гірських районів Івано-Франківської області, підтверджують наявність впливу туристів на проблему відходів у межах ОТГ (рис. 3). Серед проаналізованих ОТГ найчіткіше проблема утворення відходів туристами та екскурсантами проявляється в ОТГ Яремчанської міської рад, Долинського та Коломийського районів. Такі високі показники утворення відходів туристами та екскурсантами ще більше ускладнюють проблему системи поводження з відходами, яка планувалась без урахування можливого впливу туристів. Тим більше, що в популярних туристичних ОТГ області кількість туристів може перевищувати кількість населення та відповідно і обсяги утворених ними відходів.

Висновки. Розвиток туризму відіграє важливу роль у соціально-економічному становленні місцевих громад: з'являються нові робочі місця, підтримується високий рівень життя населення, створюються передумови для поліпшення платіжного балансу громади. Розвиток сфери туризму сприяє підвищенню рівня освіти, удосконаленню системи медичного обслуговування населення, впровадженню нових засобів поширення інформації.

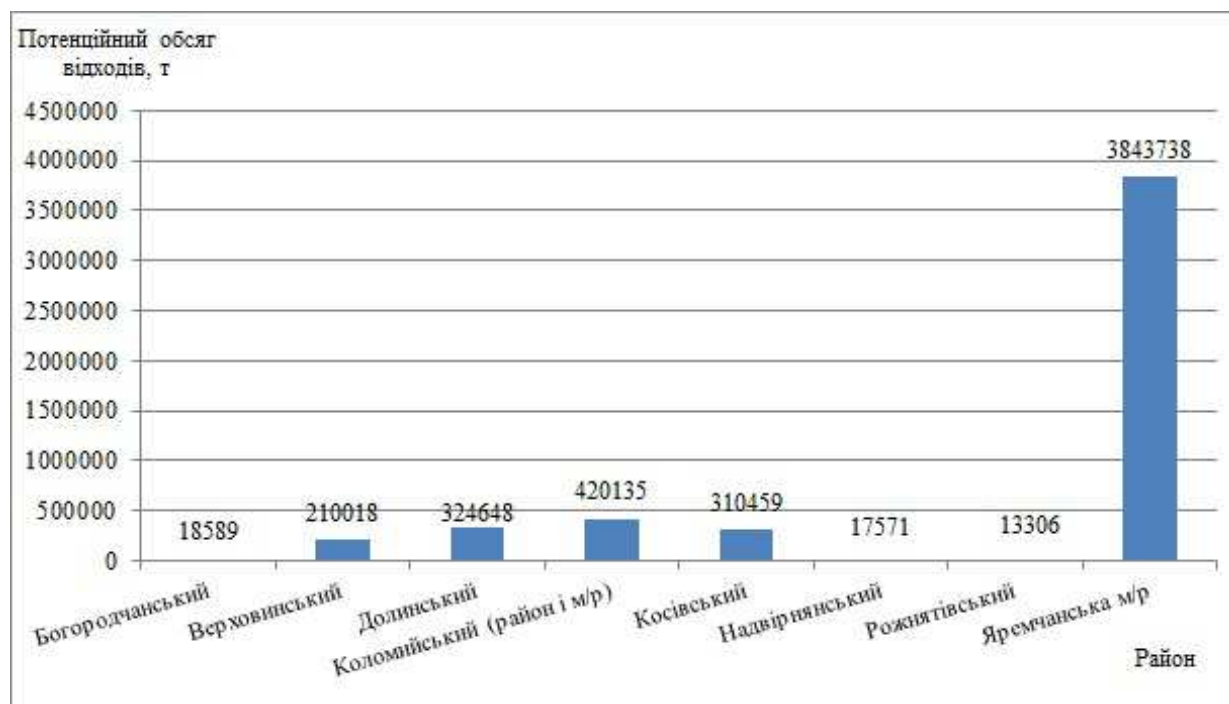


Рис. 3. Розрахований обсяг відходів, згенерований туристами та екскурсантами у 2016 р. у межах ОТГ гірських районів Івано-Франківської області

Розроблений у результаті досліджень алгоритм проектних пропозицій щодо розвитку туризму в межах місцевих територіальних громад дозволить упорядкувати та раціонально планувати розвиток туристичного сектору господарства. Для запобігання негативному впливу туризму на довкілля органи місцевого самоврядування, разом із органами контролю, адміністраціями природоохоронних установ мають розробляти програми оздоровлення довкілля, включаючи управління відходами громад. Удосконалено метод розрахунку обсягу відходів, згенерованого туристами та екскурсантами в межах туристичних дестинацій. Розраховані обсяги відходів, згенеровані туристами та екскурсантами в ОТГ гірських районів Івано-Франківської області, підтверджують наявність впливу туристів на проблему відходів у межах ОТГ. Подальші наукові дослідження слід спрямувати на локальний рівень – на території місцевих територіальних громад, надання їм науково-методичної основи для формування стратегій розвитку громад та створення програм у сфері управління навколишнім середовищем на засадах сталого розвитку.

Література

- 1 A Manual for Water and Waste Management. URL: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/WEBx0015xPA-WaterWaste.pdf> (дата звернення: 12.02.2017).
- 2 Mihai F. Tourism implications on local waste management. Case study: Neamț County, Romania. *Present Environment and Sustainable Development*. 2013. Vol. 7(1). pp. 214–221.
- 3 Mateu-Sbert J., Ricci-Cabello I., Villalonga-Olives E., Cabeza-Irigoyen E. The Impact of Tourism on Municipal Solid Waste Generation: The Case of Menorca Island (Spain). *Waste Management*. 2013. 33. pp. 2589–2593.
- 4 Ezeah C., Fazakerley J., Byrne T. Tourism Waste Management in the European Union: Lessons Learned from Four Popular EU Tourist Destinations. *American Journal of Climate Change*. 2015. 4. pp. 431–445.
- 5 Берданова О., Вакулєнко В. Стратегічне планування місцевого розвитку. Практичний посібник. Швейцарсько-український проект «Підтримка децентралізації в Україні». DESPRO. К. : ТОВ «Софія-А». 2012. 88 с.

6 Бородіна О. А. Теоретичні та практичні аспекти стратегічного планування в умовах децентралізації. Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності. 2016. Вип. 14. С. 104–111.

7 Методологія стратегічного планування розвитку об'єднаних територіальних громад в Україні [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Проекту Європейського Союзу «Підтримка політики регіонального розвитку в Україні». URL: http://surdp.eu/uploads/files/SP_OTG_Methodology_UA.pdf (дата звернення: 20.02.2019)

8 Ткачук А., Кашевський В., Мавко П. Стратегічне планування у громаді (навчальний модуль). К. : ІКЦ «Легальний статус», 2016. 96 с.

9 Про схвалення Концепції реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні : розпорядження Кабінету Міністрів України від 01.04.2014 р. № 333-р // Офіц. вісн. України. 2014. № 30. С. 8. Ст. 831.

10 Коробейникова Я. С. Екологічні проблеми територій туристичних дестинацій. Екологічна безпека та збалансоване природокористування: науково-технічний журнал. 2013. № 1 (7). С. 91–94.

11 Статистична інформація Івано-Франківської області. URL: www.ifstat.gov.ua (дата звернення: 15.11.2017 р.)

12 Відділ туризму Управління зовнішніх економічних зв'язків і туризму Івано-Франківської області. URL: <http://www.if.gov.ua> (дата звернення: 15.11.2017 р.)

13 Zorpas A. A., Lasaridi K., Voukkali I., Loizia P., Inglezakis V. J. Solid Waste From The Hospitality Industry In Cyprus. Island Sustainability II. 2012. 166. pp. 41–49.

14 Peterson C. Assessment of Solid Waste Management Practices and Its Vulnerability to Climate Risks in Maldives Tourism Sector, Report submitted to Ministry of Tourism, Arts and Culture. 2013. 19 p.

15 Bashir S, Goswami S. Tourism induced challenges in municipal solid waste management in hill towns: Case of Pahalgam. Procedia Environmental Sciences. 2016. 35. pp. 77–89.

16 Ranieri E., Antognoni S., Istrate I. A., Apostol T. Municipal solid waste management in Italian and Romanian tourist areas. UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering. 2015. 76 (2). pp. 277-288.

Ya. Korobeinykova, Iu. Iuras

*Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas*

PROBLEMS OF TOURISM RESOURCE USE IN THE MOUNTAINOUS UNITED TERRITORIAL COMMUNITIES OF IVANO-FRANKIVSK OBLAST

The article outlines the main directions of resources use in the mountainous united territorial communities of Ivano-Frankivsk oblast. Tourism is a priority among other sectors of economy, since it can rely on strong natural, historical and cultural potential, combined with the preserved ethnic traditions and traditional crafts in the studied region. The present state and problems of decentralization in Ukraine were studied. One of the problems in the newly created territorial communities is the lack of methodological tools for the complex use of tourism potential of the territories. The authors have proposed the algorithm for developing project proposals for tourism development within the local territorial communities. Tourism development results in the appearance of new environmental hazards within tourism destinations. The authors have analyzed the peculiarities of tourism impact on the environment in the mountainous united territorial communities (UTC). The main environmental impacts of tourism destinations are changes in primary landscapes, water pollution, air pollution, and waste management. The article studies the problem of waste management in the mountainous tourist destinations. The authors have improved the method of calculating the amount of waste generated by tourists and excursionists within tourist destinations. The calculated amounts of waste generated by tourists and excursionists within the united territorial communities of the mountainous regions of Ivano-Frankivsk oblast prove the tourists' impact on the amount of waste in the UTCs. In the analyzed UTCs the problems of waste generation by tourists and excursionists exist in the UTC of Yaremche City Council and in the UTC of Dolyna and Kolomyia regions. High indicators of waste generation by tourists and excursionists complicate the process of waste management which was planned without taking into

account the possible impact of tourists. This circumstance makes the issue of developing waste management programs topical in the UTCs. The methodological approaches to the development of waste management programs in the UTCs have been proposed.

Key words: decentralization, united territorial communities (UTC), sustainable development of communities, tourism, municipal waste management.

References

- 1 A Manual for Water and Waste Management. URL: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/WEBx0015xPA-WaterWaste.pdf> (accessed on 12.02.2017).
- 2 Mihai F. Tourism implications for local waste management. Case study: Neamț County, Romania. *Present Environment and Sustainable Development*. 2013. Vol. 7 (1). pp. 214-221.
- 3 Mateu-Sbert J., Ricci-Cabello I., Villalonga-Olives E., Cabeza-Irigoyen E. The Impact of Tourism is Municipal Solid Waste Generation: The Case of Menorca Island (Spain). *Waste Management*. 2013. 33. pp. 2589-2593.
- 4 Ezeah C., Fazakerley J., Byrne T. Tourism Waste Management in the European Union: Lessons Learned from Four Popular EU Tourist Destinations. *American Journal of Climate Change*. 2015. 4. p. 431-445.
- 5 Berdanova O., Vakulenko V. Stratehichne planuvannia mistsevoho rozvytku. Praktychnyi posibnyk. Shveitsarsko-ukrainskyi proekt «Pidtrymka detsentralizatsii v Ukraini». DESPRO. K. : TOV «Sofiiia-A». 2012. 88 s.
- 6 Borodina O. A. Teoretychni ta praktychni aspekty stratehichnoho planuvannia v umovakh detsentralizatsii. Teoretychni i praktychni aspekty ekonomiky ta intelektualnoi vlasnosti. 2016. Vyp. 14. S. 104-111.
- 7 Metodolohiia stratehichnoho planuvannia rozvytku ob'iednanykh terytorialnykh hromad v Ukraini [Elektronnyi resurs] // Ofitsiinyi sait Proektu Yevropeiskoho Soiuzu «Pidtrymka polityky rehionalnoho rozvytku v Ukraini». URL: http://surdp.eu/uploads/files/SP_OTG_Methodology-UA.pdf (accessed on 20.02.2019)
- 8 Tkachuk A., Kashevskyi V., Mavko P. Stratehichne planuvannia u hromadi (navchalnyi modul). K. : IKTs «Lehalnyi status», 2016. 96 s.
- 9 Pro skhvalennia Kontseptsii reformuvannia mistsevoho samovriaduvannia ta terytorialnoi orhanizatsii vlady v Ukraini : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 01.04.2014 r. № 333-r // Ofits. visn. Ukrainy. 2014. № 30. S. 8. St. 831.
- 10 Korobeinykova Ya. S. Ekolohichni problemy terytorii turystychnykh destynatsii. Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane pryrodokorystuvannia: naukovo-tekhnichnyi zhurnal. 2013. №1 (7). S. 91–94.
- 11 Statystychna informatsiia Ivano-Frankivskoi oblasti. URL: www.ifstat.gov.ua (accessed on 15.11.2017)
- 12 Viddil turyzmu Upravlinnia zovnishnykh ekonomichnykh zv'iazkiv i turyzmu Ivano-Frankivskoi oblasti. URL: <http://www.if.gov.ua> (accessed on 15.11.2017)
- 13 Zorpas A. A., Lasaridi K., Voukkali I., Loizia P., Inglezakis V. J. Solid Waste from the Hospitality Industry In Cyprus. *Island Sustainability II*. 2012. 166. pp. 41-49.
- 14 Peterson C. Evaluation of Solid Waste Management Practices and Its Vulnerability to Climate Risks in the Maldives Tourism Sector, Report submitted to the Ministry of Tourism, Arts and Culture. 2013. 19 p.
- 15 Bashir S, Goswami S. Tourism induced challenges in municipal solid waste management in the hill towns: Case of Pahalgam. *Procedia Environmental Sciences*. 2016. 35th pp. 77-89.
- 16 Ranieri E., Antognoni S., Istrate I. A., Apostol T. Municipal solid waste management in Italian and Romanian tourist areas. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*. 2015 (76) (2). pp. 277-288.

Надійшла до редакції 25 березня 2019 р.

*І. П. Смадич**Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу,*

ОБГРУНТУВАННЯ ВИМОГ РОЗВИТКУ РЕКРЕАЦІЇ ГІРСЬКИХ РАЙОНІВ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Створення рекреаційних інфраструктури в Карпатському регіоні в період з 2000 року зазнало ряд змін, що відбувалися в соціально-економічній, політичній, демографічній, геополітичній та інших сферах. Вони ставлять нові вимоги до створення об'єктів сучасної рекреації. Першочергову роль у рекреаційному освоєнні гірських районів Івано-Франківської області належить врахування вимог екологічності, як базисного елемента збереження середовища для розвитку рекреації.

У попередніх дослідженнях проаналізовано та оцінено потенціал незадіяних рекреаційних ресурсів регіону та охарактеризовано особливості та чинники архітектурно-планувальної організації. Виділені чинники формування рекреаційної сфери поділяються на п'ять груп: соціальні; економічні; демографічні; політичні; екологічні; ті, що належать до матеріальної та духовної культури населення.

У дослідженні обгрунтовано такі вимоги екологічної безпеки розвитку рекреації в гірських районах Івано-Франківської області: вимога відповідності стратегіям та планам регіонального розвитку, яка передбачає врахування та узгодження стратегій та програм збереження підвищення екологічної безпеки на всіх рівнях рекреаційного районування та проектування; поглиблення наукової обгрунтованості проектних рішень з урахування даних екологічного моніторингу, соціальної орієнтованості архітектурних рішень при формуванні рекреаційного середовища, що передбачає зміну систем громадських обговорень та роботи з територіальними громадами, енергоефективності та екологічності проєктованих об'єктів, що передбачає використання альтернативних джерел енергії, енергоощадних матеріалів та конструкцій, а також екологічної безпеки проектних рішень.

Ключові слова: екологічна безпека регіону, об'єкти рекреації, гірські населені пункти Івано-Франківської області, вимоги розвитку рекреації.

Постановка проблеми. Поряд з основними проблемами гірських населених пунктів Івано-Франківської області: низька народжуваність, міграційні процеси та проблеми якості життя місцевого населення в останнє десятиліття особливо гостро постала проблема неправильного освоєння рекреаційних ареалів, що знижують показники екологічності а подекуди призводять до екологічного колапсу. Вирішення цієї проблеми в архітектурно-містобудівній галузі можливе шляхом включення нових вимог та принципів розвитку рекреації, що враховують умови розвитку екосистеми окремих територій та їхній рекреаційний потенціал.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковій літературі багато авторів займаються різними аспектами екологічних проблем регіону. проблеми екологічної безпеки та шляхи їхнього вирішення висвітлені в працях В. Н. Шмандія [2], О. В. Харламова [2], А. А. Гаврілідіса [3], В. С. Колесника [1]; дослідження екологічної ситуації в контексті гірських та передгірських населених пунктів займались О. Бондарчук [4], О. С. Глух [5], В. О. Фесюк [6] та інші; проблему природокористування та моніторингу екологічної ситуації в Карпатському регіоні досліджували О. М. Мандрик [9], Л. М. Архипова [9], О. В. Побігун [9], О. Р. Манюк [9].

Із закордонних дослідників проблеми енергозбереження та сталого розвитку населених пунктів у своїх працях висвітлювали Milan Kumar Jana [7], Adam James [12] та інші.

Проте в цьому дослідженні сформовані вимоги екологічної безпеки на окремих ареалах у контексті архітектурного освоєння та розвитку інфраструктури рекреації. На нашу думку зосередивши дослідження саме на стадії первинного розвитку інфраструктури, через містобудівну та проектну документацію дозволить не допустити негативних впливів на екосистему та зберегти баланс у природокористуванні та збереженні екологічної привабливості Карпат.

Метою роботи є обгрунтування вимог розвитку рекреації при архітектурно-містобудівному освоєнні території.

Виходячи зі сформульованої мети, окреслено **завдання:**

- провівши передній аналіз рекреаційного потенціалу регіону, виділити чинники впливу на архітектурну організацію та розвиток рекреації на теренах Карпатського регіону;
- обґрунтувати вимоги розвитку рекреації в гірських населених пунктах Івано-Франківської області;
- визначити умови дії цих вимог та шляхи їхнього реалізування;
- сформулювати практичні рекомендації дії вимог розвитку рекреації в гірських населених пунктах Івано-Франківської області.

Виклад основного матеріалу. Створення рекреаційних інфраструктури в Карпатському регіоні в період з 1991 року зазнало ряд змін, що відбувалися в соціально-економічній, політичній, демографічній та геополітичній та інших сферах. Вони ставлять нові вимоги до збереження екосистеми регіону. Проаналізувавши та оцінивши потенціал незадіяних рекреаційних ресурсів регіону, охарактеризувавши особливості та чинники архітектурно-планувальної організації і розвитку об'єктів сучасної рекреації, виділяємо наступний ряд вимог, виконання яких дозволить створити дієву інфраструктуру рекреації.

У попередніх дослідженнях проаналізовано та оцінено потенціал незадіяних рекреаційних ресурсів регіону та охарактеризовано особливості архітектурно-планувальної організації 150 об'єктів сучасної рекреації. На основі отриманих даних сформовано чинники розвитку рекреації в Карпатському регіоні. Виділені чинники формування рекреаційної сфери поділяються на п'ять груп: соціальні; економічні; демографічні; політичні; екологічні; ті що належать до матеріальної та духовної культури населення.

Виконання вимог відповідності стратегіям і планам регіонального розвитку передбачає врахування та узгодження стратегій, програм та планів розвитку регіону на всіх рівнях рекреаційного районування та архітектурної діяльності. Інструментом реалізування стратегії розвитку рекреації, що розрахована на періоди від 2–5 років, є програми розвитку адміністративних районів, окремих населених пунктів. Вони дозволяють локально коригувати окреслені межі розвитку території, реорганізацію сфери послуг, створення додаткової інфраструктури рекреації в короткотривалому періоді (місяць, квартал, півріччя, рік). Метою програм розвитку є забезпечення комплексного вирішення основних завдань та проблем розвитку на різних рівнях районування, покращити якість сервісу, вказати вектор розвитку інфраструктури рекреації. Реалізування програми розвитку рекреації передбачає виконання комплексу організаційних, управлінських, соціально-економічних, нормативних, екологічних, господарських заходів всіх сфер господарювання. Відсутні програми та стратегії розвитку території для окремих ділянок, як наслідок відбувається несистемне розміщення об'єктів рекреації на території регіону. Практика архітектурно-планувальної організації об'єктів рекреації в Коломийському районі показала невідповідності між проектними рішеннями та розробленою програмою розвитку району на 2016–2020 роки. При цьому програми та плани розвитку території мають передбачати не лише декларативну форму основних аспектів розвитку рекреації, але й зазначати механізми їхнього реалізування. Це дозволить на рівні районних та обласних рад формувати структуру розвитку адміністративних районів з окресленими пропозиціями будівництва та рекреаційного профілю об'єктів сучасної рекреації, їхніх потужностей та виділення ділянок реалізації. Також у межах дії цих програм слід створити спрощений механізм їхньої майнової участі та оформлення дозвільної документації.

Саме цей шлях дозволить створити прозору програму розвитку рекреації та підвищити його інвестиційну привабливість. Виникає потреба оновлення та регулювання системи забудови населених пунктів через створення дієвих генеральних планів території (на сьогодні тільки 35% території регіону мають оновлену містобудівну документацію, що регулює існуючі зони забудови, без чітких прогностичних пропозицій розвитку). Саме на цьому рівні слід провести реформування підходів до співпраці з місцевим населенням, інвесторами, органами влади. На нашу думку, програми розвитку рекреації в регіоні слід формувати на основі виділення незадіяного рекреаційного потенціалу регіону та розвитку на його основі сучасних видів рекреації. Розроблені стратегії розвитку рекреації в адміністративних районах підкреслюють пріоритетність цієї галузі в економіці Карпатського регіону та формують курс практичних кроків на різних рівнях державної влади. Швидке освоєння рекреаційного потенціалу з орієнтацією на сучасні види рекреації викличе зміни в інших галузях господарства регіону та створить умови для вирішення наявних проблем краю (безробіття, міграція трудових ресурсів, низький рівень життя місцевого населення). Разом із цим відбувається реорганізація економіки регіону, що функціонуватиме

ринковому середовищі, а геополітичний потенціал окремих адміністративних районів (Верховинського, Надвірнянського, Коломийського) дозволить сприяти міжнародним інвестиціям та розвитку регіону.

Проведений аналіз реалізованих об'єктів сучасної рекреації та наявного рекреаційного потенціалу на території дослідження свідчить про потребу формування вимоги поглиблення наукової обґрунтованості проектних рішень з урахування даних екологічного моніторингу. Вона передбачає активізацію наукових досліджень регіону, проведення класифікації та систематизації об'єктів сучасної рекреації, обґрунтування особливостей їхнього формування, структурних та функціональних зв'язків в тому числі і ширшим використанням світового досвіду проектування та функціонування рекреаційних об'єктів. Існує потреба постійного моніторингу процесів в екологічній, господарській, економічній, соціальних сферах регіону. Дані дослідження можуть вестися, як на базі сформованих центрів дослідження рекреації (центр розвитку рекреації «Косів'янка» в м. Косів), так і новостворених осередків моніторингу рекреації. Ця вимога поширюється на всі етапи проектування. Особливу увагу слід приділити розробленню проектних завдань, які повинні мати наукове обґрунтування. В умовах процесу адміністративно-територіальної реформи існує потреба проведення досліджень та вивчення рекреаційного потенціалу, шляхів його залучення в рекреацію. На нашу думку, доцільним є створення на базі даних громадських центрів, інстанцій, основними завданнями яких є:

- ведення моніторингу процесів, що відбуваються в регіоні;
- здійснення оцінки змін, що відбуваються в сфері відпочинку;
- здійснення наукового обґрунтування для проектних завдань формування сучасної рекреації;
- брати участь у розробленні проектних пропозицій формування об'єктів сучасної рекреації;
- брати участь в експертуванні проектних пропозицій з позиції впливу нових об'єктів на екологічний, економічний, соціальний стан регіону.

Слід створити розвинуту ієрархію служб моніторингу. Першою їхньою групою виступають селищні територіальні громади, на базі яких збиратимуть інформацію про ситуацію на місцях.

Наукове обґрунтування проектних рішень виконує ряд завдань на етапі до проектних пропозицій та формує рекомендації, що дозволяють підвищити ефективність та раціональність використання наявного рекреаційного потенціалу, створити архітектурно-планувальні вирішення, що відповідають вимогам часу та кон'юктури ринку. При цьому, ще до стадії реалізації проекту можна отримати показники ефективності використання даного проекту, доцільність його спорудження, функціонування в реальних умовах та ефект його реалізування для окремо взятого населеного пункту, району, області (рис. 1).

Виконання вимоги наукового обґрунтування проектних рішень дасть можливість вказати шляхи створення більш ефективних та дієвих об'ємно-планувальних вирішень. Також ця вимога забезпечує зв'язок об'єкта сучасної рекреації в системі «об'єкт – об'єкт, об'єкт – рекреаційний вузол, об'єкт – рекреаційний район, об'єкт – рекреаційний регіон, об'єкт – навколишнє середовище, об'єкт – система забудови».

Стратегія розвитку рекреації в Карпатському регіоні передбачає як реорганізацію наявної матеріально-технічної бази з урахуванням вимог сучасної рекреації, так і створення додаткової інфраструктури (прокладання автошляхів, формування об'єктів сучасної рекреації). При цьому загосподарювання додаткових ареалів відбуватиметься в системі сформованого адміністративно-територіального устрою. В Україні взято курс на реформу місцевого самоврядування з наданням більших повноважень та фінансових ініціатив територіальним громадам. Постає вимога соціальної орієнтованості архітектурних рішень при формуванні рекреаційного середовища. Вимога громадського обговорення проектних рішень є законодавчо підтримана. Проте ця вимога вказує на зміну форми участі громади не тільки як погоджувального органу на останніх етапах представлення проекту, але й як тісної співпраці населення з інвесторами на всіх стадіях проектування. Тим самим існування конфліктів на останніх етапах реалізування об'єкта немає. Вимога соціальної орієнтованості проектних рішень дозволяє вирішити такі завдання:

- забезпечує контроль громади процесу проектування рекреаційного об'єкта через багаторівневе обговорення проектних рішень;
- дозволяє створити ідею, що максимально повно враховуватиме як думку спеціалістів, так і місцевого населення;

- дає можливість отримання важливої інформації та ідей від місцевого населення;
- унеможливує конфліктні ситуації та спротив громади реалізації об'єктів сучасної рекреації.

У ширшому контексті ця вимога передбачає громадські обговорення та затвердження стратегії розвитку населених пунктів, розміщення об'єктів рекреації на цих території, визначення їхньої потужності та особливостей розвитку інфраструктури.

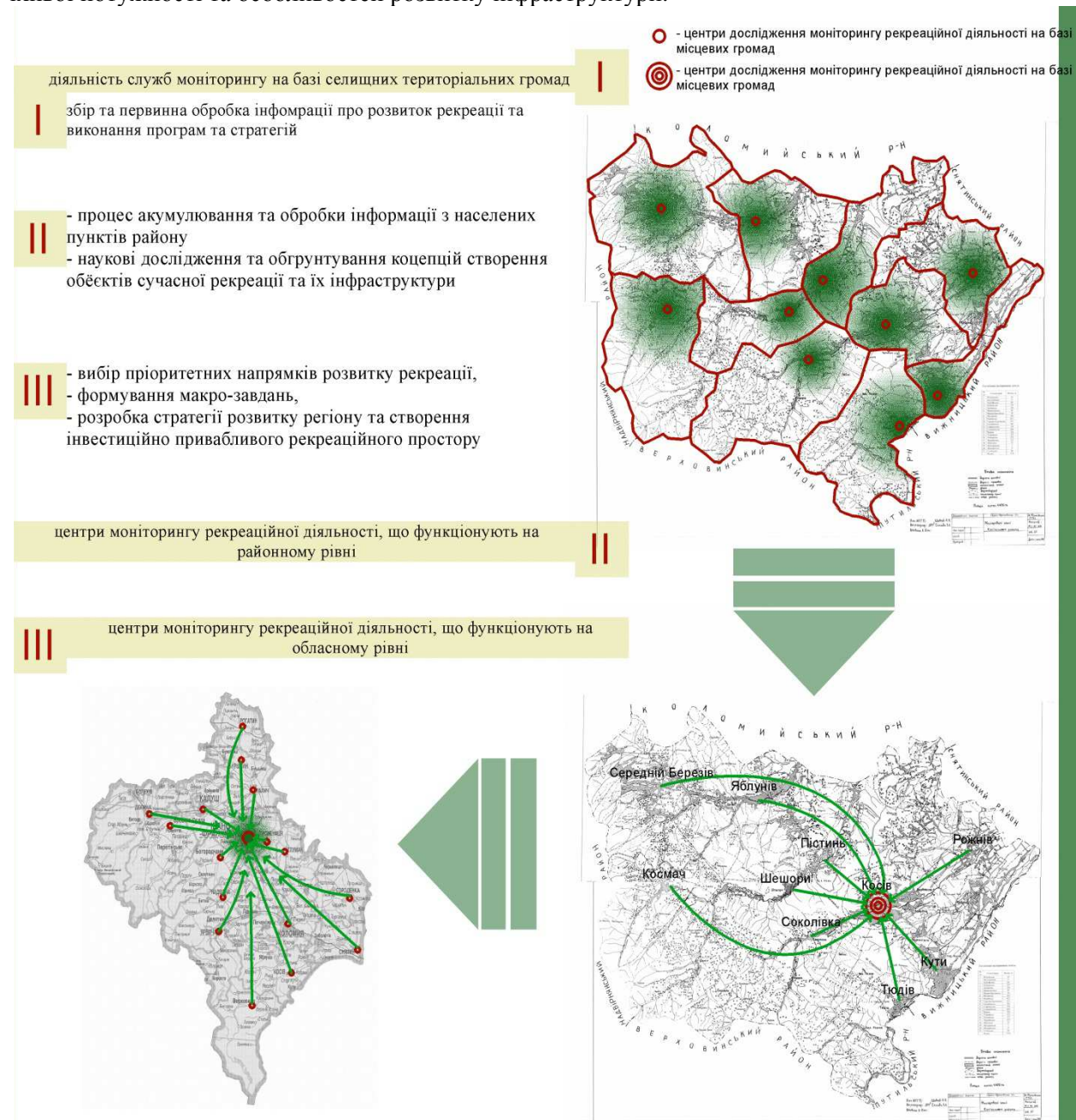


Рис. 1. Схема дії вимоги поглиблення наукової обґрунтованості проектних рішень з урахування даних екологічного моніторингу

В останнє десятиліття серед основних проблем розвитку регіону постають екологічні проблеми пов'язані з безсистемним загосподарюванням окремих ділянок, надлишковим використанням рекреаційних ресурсів, вирубкою лісів та забруднення гірських річок. Серед вимог, інтенсивно враховуваних при формуванні рекреаційної інфраструктури в період з 2000-х років є вимога енергоефективності та екологічності проєктованих об'єктів. Будь-яке будівництво передбачає зміни природного середовища. При цьому зміни сформованого природного середовища та подальше використання рекреаційних ресурсів довколишніх ареалів мають відбуватися з урахуванням можливостей окремого природного кластера. На території регіону існує потреба створення розгалуженої інженерної мережі, що включатиме систему каналізації та

очищення, сміттепереробних підприємств, підприємств сортування та вторинної переробки відходів. Відсутність таких об'єктів на території Косівського та Коломийського районів створює передумови для екологічного колапсу. При цьому недостатня потужність інженерних мереж для потреб місцевих жителів унеможливорює створення додаткових об'єктів сучасної рекреації та збільшення їхньої рекреаційної ємності. Створення рекреаційних об'єктів часто відбувається за залишковим принципом, де задекларовані вимоги екологічності не реалізуються. Першочерговим завданням розвитку інфраструктури рекреації є створення мережі інженерних комунікацій, які б формувалися за прогностичними моделями кількості рекреаційних об'єктів у регіоні.

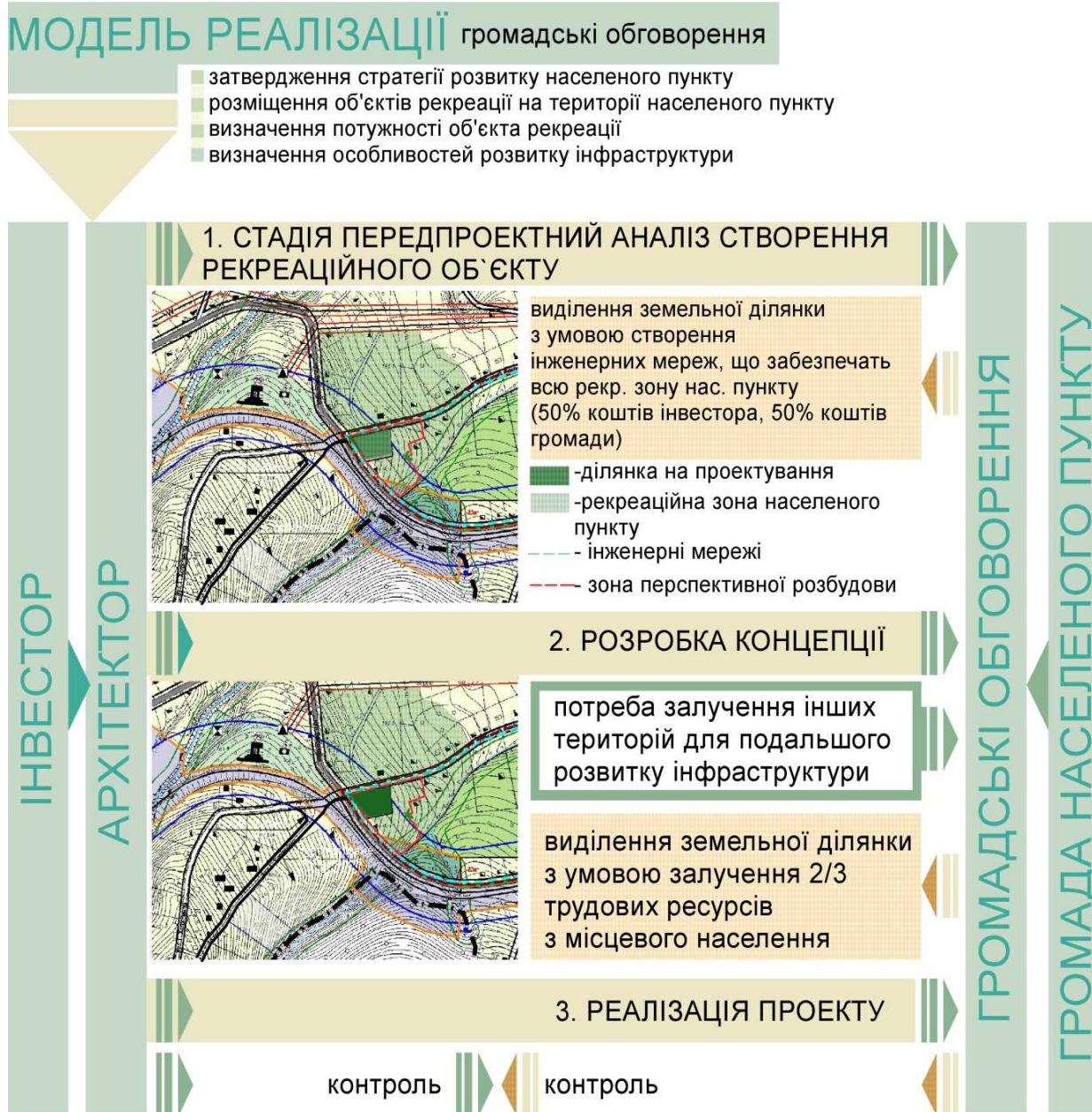


Рис. 2. Схема реалізації вимоги соціальної орієнтованості архітектурних рішень при формуванні рекреаційного середовища

Іншим завданням даної вимоги є вирішення проблеми сміттезбирання, переробки та утилізації. На даний час проблема носить загрозливий характер для екосистеми Карпатського регіону. Вісімдесят п'ять відсотків території високогір'я Карпат займають заповідники та національні парки. При цьому формування гідрологічної мережі регіону формується саме на цьому ареалі. Тому слід знайти механізми утилізації відходів у передгірській та низинній частині. На сьогодні наявна проблема спротиву місцевого населення щодо формування сміттєзвалищ на території їхніх населених пунктів.

МОДЕЛЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ВИМОГИ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

№1

ВИЗНАЧЕННЯ РІЧНИХ ОБ'ЄМІВ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ТА ПЕРСПЕКТИВ ЇХ ЗБІЛЬШЕННЯ



ІЄРАРХІЯ ПРІОРИТЕТІВ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ



- Європа**
- 1 запобігання;
 - 2 підготовка до повторного використання;
 - 3 переробка;
 - 4 інший тип утилізації, напр., для відновлення енергії;
 - 5 ліквідація (видалення на звалища).
- Україна**

№2

ВИБІР МОЖЛИВИХ ДІЛЯНОК ТА РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТЕЙ ПІДПРИЄМСТВ УТИЛІЗАЦІЇ

радіус обслуговування



20xN (m³)



приклад архітектурних рішень сміттєпереробних підприємств

№3

ПОШУК МЕХАНІЗМІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ



- ПОШУК ІНВЕТОРІВ
- ЗАЛУЧЕННЯ ДОДАТКОВИХ КОШТІВ

10N (m³) - частка сміття з інших громад
 \$ - оплата за утилізацію

ВТОРИННА ПЕРЕРОБКА



Рис. 3. Схема дії вимоги енергоефективності та екологічності проектованих об'єктів на прикладі території Коломийського району

УМОВИ СТВОРЕННЯ ОБ'ЄКТІВ СУЧАСНОЇ РЕКРЕАЦІЇ ВИМОГАМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

№1



ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

№2

ПОШУК АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА ВЛАШТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОНТРОЛЮ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ



№3

БУДІВНИЦТВО "ПАСИВНИХ" РЕКРЕАЦІЙНИХ СПОРУД

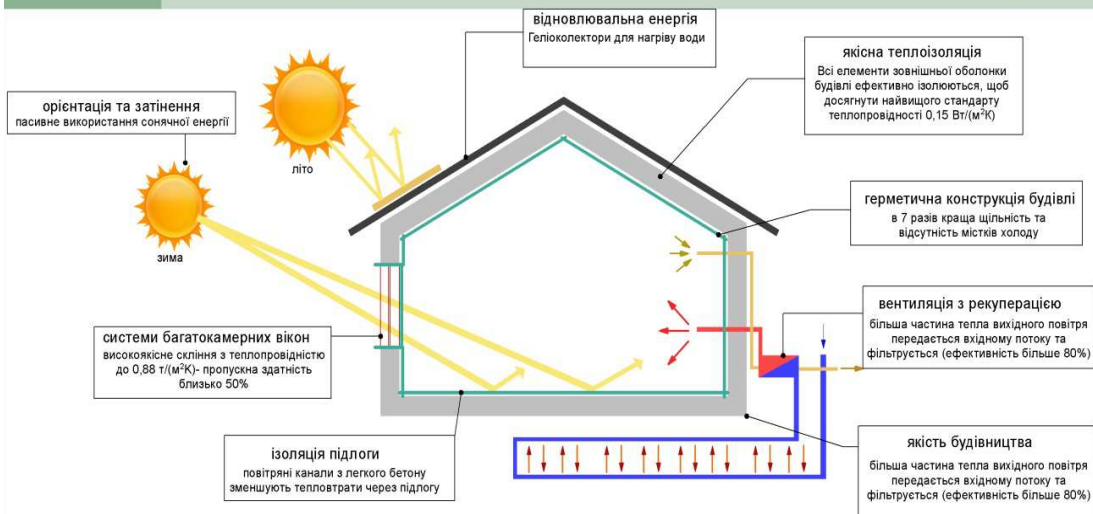


Рис. 4. Схема дії вимоги енергоефективності та екологічності проєктованих об'єктів архітектури

Слід формувати сміттєпереробні підприємства локального рівня, що забезпечуватимуть потреби кількох територіальних громад, а також на стадії генерального планування територій населених пунктів забезпечувати виділення зон будівництва цих об'єктів. Європейська практика демонструє рентабельність створення невеликих підприємств сміттєпереробки. Наприклад формування таких підприємств можливе на території передгірської частини Долинського, Богородчанського та Косівського районів. Пошук можливостей використання альтернативних джерел енергії в останнє десятиліття став не тільки ознакою стилю, але і необхідністю енергоефективного використання ресурсів. Відповідно змінюються і підходи до формування архітектурних рішень створення додаткових територій розташування сонячних батарей та теплових колекторів на етапі генерального планування.

Ця категорія технічних об'єктів перейшла з інженерної галузі в архітектурну. Пошук естетичних та композиційних рішень гармонійної організації інженерних елементів в архітектурному образі та розпланувальній схемі є важливим аспектом архітектурно-планувального вирішення об'єкта сучасної рекреації. Також вимога екологічності передбачає максимальне зменшення негативної дії процесу функціонування створених об'єктів рекреації на довкілля. Шляхом вирішення цієї проблеми є створення генеральних планів забудови в межах розробленої стратегії, які б передбачали перспективи розвитку комплексу чи території з можливістю додаткового влаштування інженерних комунікацій. При цьому слід враховувати граничні можливості екосистеми рекреаційного ареалу та на початковому етапі створення концепції об'єкта сучасної рекреації розробити рішення максимального та поетапного втілення проекту.

Висновки. Сформовані вимоги сталого розвитку рекреації в гірських районах Івано-Франківської області мають широкий спектр застосування і охоплюють як макрозміни в системі створення містобудівної документації, так і процесу проектування об'єктів архітектури загалом. Проте обгрунтовані вимоги мають узагальнювальний характер, а формування дієвого механізму розвитку рекреації потребує подальших уточнень та формування принципів і методичних рекомендацій на конкретних ділянках.

Література

- 1 Колесник В. Є. Оцінка ефективності реалізації природоохоронних заходів на вугільних шахтах [Текст] / В. Є. Колесник, А. В. Павличенко // Вісник НТУ «ХП»: серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х. : НТУ «ХП», 2016. – № 50(1222). – С. 142–146.
- 2 Шмандій В. М. Теоретичні та практичні аспекти управління екологічною безпекою на основі антропоцентричного підходу [Текст] / В. М. Шмандій, О. В. Харламова // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна: серія «Екологія». – Х., 2013. – Вип. 9. – № 1070. – С. 24–30.
- 3 Gavrilidis A. A. Urban Landscape Quality Index – Planning Tool for Evaluating Urban Landscape sand Improving the Quality of Life [Text] / A. A. Gavrilidis, C. M. Ciocănea, M. R. Niță, D. A. Onose // Procedia Environmental Sciences. – 2016. – № 32. – P. 155–167. – doi: 10.1016/j.proenv.2016.03.020.
- 4 Olga Bondarchuk. Ecological safety of visual environment and video ecological perception (vep) of Vinnitsa /Olga Bondarchuk, Vasyl Petruk// Environmental problems. – Lviv – 2016 – Vol.1 – No 1 – P. 35–38.
- 5 Глух О. С. Оцінка якості візуального середовища деяких пам'яток архітектури м. Ужгорода / О. С. Глух // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія : Хімія. – 2015. – Вип. 2(34). – С. 95-97.
- 6 Фесюк В.О. Відеоекологічні особливості міст Північно-Західної України/В.О. Фесюк, М. М. Мельничук // Науковий вісник Волинського національного університету ім. Лесі Українки. – Луцьк: ВНУ ім. Лесі Українки. – 2009. – Т. № 4: Міжнародні відносини. – С. 220–226.
- 7 Milan Kumar Jana. Visual pollution can have a deep degrading effect on urban and suburban community: a study in few places of Bengal, India, with special reference to organized billboards / Milan Kumar Jana, Tanaya De// European Scientific Journal June 2015 /Special/ edition ISSN\$ 1857-7881 (Print) e – ISSN 1857-7431 – P.1-14.
- 8 Кундельська Т. В. Огляд методик оцінки візуальних впливів в межах урбосистеми та пропозиції щодо проведення такої оцінки на території м. Івано-Франківська / Т. В. Кундельська // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2017. – № 2. – С. 86-91. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2017_2_13.

9 O. M. Mandryk, L. M. Arkhypova, O. V. Pobigun, O. R. Maniuk. Renewable energy sources for sustainable tourism in the Carpathian region// IOP Publishing. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 144 (2016) 012007. Volume 144. – August 2016. International databases Web of science (Scopus) <http://iopscience.iop.org/issue/1757-899X/144/1>.

10 Renewable Energy Resources. John Twidell, Tony Weir. Taylor&FrancisLtd. ROUTLEDGE: London, United Kingdom. – 2015. – 816 pages.

11 Renewable Energy: Powerfor a Sustainable Future/ Editedby Godfrey Boyle. Oxford, United Kingdom. – 2012, 584 pages.

12 Adam James. Fact Sheet: 6 Things You Should Know About The Value Of Renewable Energy [Elektronnijresurs]. – 2015 – Rezhim dostupu: <http://thinkprogress.org>.

I. Smadych

*Ivano-Frankivsk National Technical
University of Oil and Gas*

SUBMISSION OF REQUIREMENT FOR THE RECONCILIATION DEVELOPMENT IN THE MOUNTAINOUS REGION OF IVANO-FRANKIVSK OBLAST IN THE CONTEXT OF ENVIRONMENTAL SAFETY

Since 2000 the recreational infrastructure in the Carpathian region has been affected by a number of changes in the socio-economic, political, demographic, geopolitical and other spheres. They set new requirements for the creation of modern recreational facilities. The primary task in the recreational development of the mountainous areas in Ivano-Frankivsk oblast is to take into account the environmental requirements as a basic element of environmental conservation for the development of recreation.

In the previous studies, the analysis and evaluation of the potential of unused recreational resources of the region was carried out and the peculiarities and factors affecting the architectural and planning organization were described. Factors affecting the development of the recreational sphere are divided into five groups: social; economic; demographic; political; ecological; those relating to the material and spiritual culture of the population.

The author substantiates the following requirements for the environmental safety of recreational development in the mountainous regions of Ivano-Frankivsk oblast, namely: the requirement for compliance with regional development strategies and plans, which provides for the consideration and coordination of the strategies and programs for preserving the high level of environmental safety at all levels of recreational zoning and design; improving the scientific feasibility of design decisions with account of the environmental monitoring data and social orientation of architectural decisions in the formation of recreational environment that involves changing the system of public discussions and work with territorial communities, energy efficiency and environmental friendliness of the designed objects, which provides for the use of alternative energy sources, energy saving materials and designs as well as the environmental safety of design solutions.

Keywords: environmental safety of the region, recreational facilities, mountainous settlements of Ivano-Frankivsk oblast, requirements for recreational development.

References

1 Kolesnyk V. Ye. Otsinka efektyvnosti realizatsii pryrodookhoronnykh zakhodiv na vuhilnykh shakhtakh [Tekst] / V. Ye. Kolesnyk, A. V. Pavlychenko // Visnyk NTU «KhPI»: seriia: Mekhaniko-tekhnologichni systemy ta komplekсы. – Kh.: NTU «KhPI», 2016. – № 50(1222). – S. 142–146.

2 Shmandii V. M. Teoretychni ta praktychni aspekty upravlinnia ekolohichnoiu bezpekoiu na osnovi antropotsentrychnoho pidkhodu [Tekst] / V. M. Shmandii, O. V. Kharlamova // Visnyk KhNU im. V.N. Karazina: seriia «Ekolohiia». – Kh., 2013. – Vyp. 9. – № 1070. – S. 24–30.

3 Gavrilidis A. A. Urban Landscape Quality Index – Planning Tool for Evaluating Urban Landscape sand Improving the Quality of Life [Text] / A. A. Gavrilidis, C. M. Ciocănea, M. R. Niță, D. A. Onose // Procedia Environmental Sciences. – 2016. – № 32. – P. 155–167. – doi: 10.1016/j.proenv.2016.03.020.

4 Olga Bondarchuk. Ecological safety of visual environment and video ecological perception (vep) of Vinnitsa /Olga Bondarchuk, Vasyl Petruk// Environmental problems. – Lviv – 2016 – Vol.1 – No 1 – P.35-38.

5 Hlukh O. S. Otsinka yakosti vizualnoho seredovyscha deiakyykh pam'iatok arkhitektury m. Uzhhoroda / O. S. Hlukh // Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya : Khimiia. – 2015. – Vyp. 2(34). – S. 95-97.

6 Fesiuk V.O. Videoekolohichni osoblyvosti mist Pivnichno-Zakhidnoi Ukrainy / V.O. Fesiuk, M. M. Melniichuk // Naukovyi visnyk Volynskoho natsionalnoho universytetu im. Lesi Ukrainky. – Lutsk: VNU im. Lesi Ukrainky. – 2009. – t.№ 4: Mizhnarodni vidnosyny. – S.220-226.

7 Milan Kumar Jana. Visual pollution can have a deep degrading effect on urban and suburban community: a study in few places of Bengal, India, with special reference to organized billboards / Milan Kumar Jana, Tanaya De// European Scientific Journal June 2015 /Special/ edition ISSN\$ 1857-7881 (Print) e – ISSN 1857-7431 – P.1-14.

8 Kundelska T. V. Ohliad metodyk otsinky vizualnykh vplyviv v mezhakh urbosystemy ta propozytsii shchodo provedennia takoi otsinky na terytorii m. Ivano-Frankivska / T. V. Kundelska // Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. – 2017. – № 2. – S. 86-91. – Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2017_2_13.

9 O. M. Mandryk, L. M. Arkhypova, O. V. Pobigun, O. R. Maniuk. Renewable energy sources for sustainable tourism in the Carpathian region// IOP Publishing. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 144 (2016) 012007. Volume 144. – August 2016. International databases Web of science (Scopus) <http://iopscience.iop.org/issue/1757-899X/144/1>.

10 Renewable Energy Resources. John Twidell, Tony Weir. Taylor&FrancisLtd. ROUTLEDGE: London, United Kingdom. – 2015. – 816 pages.

11 Renewable Energy: Power for a Sustainable Future/ Edited by Godfrey Boyle. Oxford, United Kingdom. – 2012, 584 pages.

12 Adam James. Fact Sheet: 6 Things You Should Know About The Value Of Renewable Energy [Elektronijresurs]. – 2015 – Rezhim dostupu: <http://thinkprogress.org>.

Надійшла до редакції 9 квітня 2019 р.

ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ВИХОВАННЯ

УДК 37.016 : 502/504

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-1(19)-130-139

*О. М. Мандрик¹, М. С. Мальований²,
М. М. Орфанова¹*

*¹Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

*²Національний технічний
університет «Львівська політехніка»*

ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Впровадження освіти в інтересах сталого розвитку є одним із пріоритетних завдань, а це неможливе без активної участі освітніх закладів, без усвідомлення необхідності екологічно безпечного використання природних ресурсів та бережливого ставлення до природи. Важливою ланкою є організація навчального процесу інформування дітей та молоді щодо проблеми охорони навколишнього середовища. Саме діти та молодь є тією рушійною силою, що може вплинути на стан довкілля в майбутньому. Основою впровадження ефективної стратегії екологічної освіти є інституційний розвиток сектору трирівневого екологічного виховання молоді: дошкільний навчальний заклад та молодші класи середньої школи – середня школа – заклади вищої освіти. Ефективність: максимальне об'єднання зусиль для досягнення ефективного результату на основі визначення реперних позицій у формальній та неформальній екологічній освіті; формування у дитини здатності цілеспрямовано спостерігати, досліджувати, правильно оцінювати предмети і явища у процесі елементарного спостереження. Тренінг є характерною особливістю інтеграції педагогіки та екології, що дозволить учителям не обмежуватись традиційним формуванням екологічних знань, умінь та навичок. Участь в екологічних заходах сприяє формуванню екологічної свідомості молодого покоління, вихованню їхнього не байдужого ставлення до оточуючого навколишнього середовища, допомагає у вирішенні проблеми поведінки з відходами. Участь в екологічних заходах сприяє поглибленню екологічної свідомості, прагненню особистої участі у вирішенні екологічних проблем регіону, країни, покращення інформованості різних верств населення. Розроблена стратегія та план дій на розширення співпраці у напрямі покращення інформаційної політики для суспільства, розвитку освітніх програм, спрямованих на підвищення рівня обізнаності населення щодо проблеми охорони навколишнього середовища.

Ключові слова: екологічна освіта, екологічне виховання, екологічна свідомість, інтеграція освіти, формальна освіта, неформальна освіта.

Постановка проблеми. Сучасна екологічна ситуація спонукає до швидкої перебудови мислення людства і кожної конкретної людини, формування екологічної свідомості та екологічної культури. У зв'язку з цим екологічна освіта й екологічне виховання стають новим пріоритетним напрямом освіти. Досвід країн ЄС свідчить, що базуючись на принципах екологічної політики країни, високому рівні екологічної культури та активній позиції людини у природоохоронній діяльності, можна покращити стан навколишнього середовища. Водночас високий рівень екологічної культури не можливий без екологічної освіти, що має здійснюватися на основі комплексності та безперервності освіти. Актуальним постає підвищення рівня освіти суспільства на основі інтеграції знань [1, 2] та модернізація усього освітнього простору з елементами сталого розвитку [3]. На сьогодні у Західній Європі та Японії систематичне екологічне виховання починається вже з 3 років, з 5 років у Фінляндії, у початкових школах в Англії, Швеції, Данії [4].

Протягом останніх років в Україні, як і в багатьох країнах світу, на державному рівні декларується концепція екологізації виховання. Екологічній свідомості слід не навчати – її слід виховувати. Ще одна причина низької екологічної свідомості криється у пасивності самої людини. Тому екологізація загалом усієї системи освіти і виховання є надзвичайно актуальною темою сучасного розвитку суспільства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Паростки екологічної освіти в Україні з'являються у середині-кінці 70-х років минулого століття, коли питання охорони навколишнього природного середовища стали актуальними для розвитку держави. Після Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища (1972 р.) були прийняті законодавчі та нормативні акти, спрямовані на організацію охорони та контролю стану довкілля [5], почала розвиватись науково-дослідницька робота. У 2001 році на Колегії МОН України була затверджена Концепція екологічної освіти, спрямована на формування екологічної культури як складової системи національного і громадянського виховання всіх верств населення України (в тому числі через екологічне просвітництво за допомогою громадських екологічних організацій та природоохоронних установ) і включає процеси навчання, виховання, розвитку особистості [6].

На сьогодні в Україні існує розвинута система законодавчої бази у галузі природокористування та охорони навколишнього природного середовища, що включає окремі статті Конституції України, цілий ряд законів України (Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону атмосферного повітря», «Про відходи», «Про оцінку впливу на довкілля», «Земельний кодекс України», «Водний кодекс України», «Кодекс про надра», Стратегічну екологічну оцінку (СЕО) тощо, а також цілий ряд постанов, указів, підзаконних актів тощо.

У 90-х роках ХХ століття в Україні почали утворюватись перші кафедри екологічного спрямування [7]. Лідером в екологічній освіті був ректор Львівського лісотехнічного інституту, доктор сільськогосподарських наук, професор Кучерявий В. П. Саме тут у 1989 році була утворена перша кафедра екології. Також Дніпропетровський державний університет перетворив кафедру фізичної географії на кафедру геоекології та фізичної географії, її очолив доктор географічних наук, професор Пасічний Г. В. У Харківському державному університеті таку ж випускню кафедру створив доктор географічних наук, професор Некос В. Ю. Потужний осередок з екологічної освіти утворився на географічному факультеті Київського державного університету ім. Т. Г. Шевченка, де тоді працювали кандидат географічних наук, доцент Падун М. М., доктор геолого-мінералогічних наук, професор Білявський Г. О. Згодом дисципліну «Основи екології», як самостійну дисципліну, почали впроваджувати і в технічних вишах.

Одночасно з формування екологічних дисциплін у ЗВО при Міністерстві була створена перша Науково-методична комісія з охорони природи, яку очолив Кучерявий В. П., а до її складу ввійшов завідувач кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності кандидат технічних наук ІФІНГ, доцент Лисяний Г. М.

Постановка завдання. На сьогодні актуальності набуває екологізація вихованого та навчального процесу як у дошкільних, загальноосвітніх навчальних закладах, так й у закладах вищої освіти, формування багатоступеневої екологічної освіти.

Мета статті полягає в аналізі розвитку екологічної освіти в Україні, формуванні законодавчої бази та обґрунтуванні необхідності створення багатоступеневої екологічної освіти.

Завданнями дослідження є обґрунтування основних напрямів розвитку формальної та неформальної екологічної освіти та визначення основних проблем, що перешкоджають їхньому втіленню на кожному етапі формування особистості.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні необхідно, щоб екологічні ідеї, поняття, принципи проникали у всі сфери життя і навчання сучасного покоління дітей дошкільного, шкільного віку та студентської молоді.

Реалізація екологічної освіти передбачає чітко структуровані етапи, спрямовані на всі вікові, соціальні та професійні групи населення [8]. У ній можна виокремити два основні напрями освіти: формальну і неформальну. Формальна освіта охоплює всі ланки загальної системи освіти, що існує в Україні: дошкільна, шкільна, позашкільна, професійно-технічна, вища та післядипломна. Другий напрям – неформальна освіта – має просвітницький характер і спрямований на формування екологічної культури населення через церкву, засоби масової інформації, громадські екологічні організації, партії тощо.

Важливе місце в екологічній освіті належить її багатоступеневому характеру освіти (рис. 1).

Формальна освіта. Формальна екологічна освіта та виховання орієнтовані переважно на передавання спеціальних знань, головним чином у галузі теоретичних основ фундаментальної і прикладної екології.

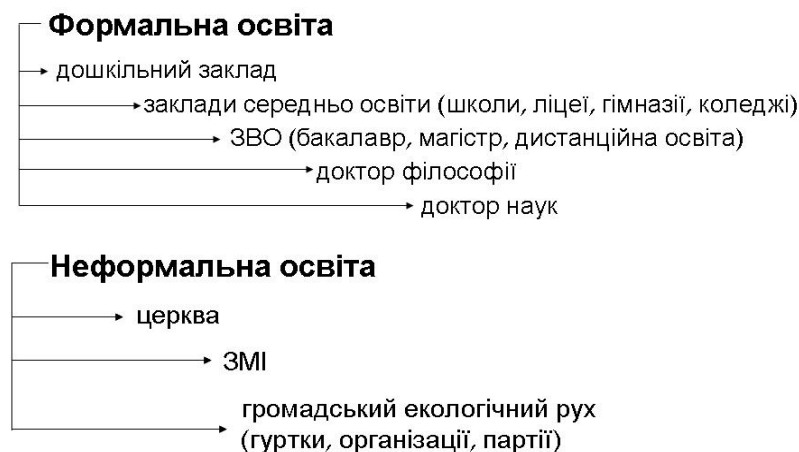


Рис. 1. Багатоступенева система освіти

Дошкільний етап. У системі безперервної екологічної освіти найважливішою є її перша ланка — дошкільна освіта. Базовий компонент дошкільної освіти в Україні передбачає формування у дитини почуття відповідальності за те, що відбувається навколо неї та за свої дії у довкіллі. Програмний матеріал дитячих дошкільних закладів має бути базою для формування екологічної культури у дитини [9].

Проблема: екологічне виховання у дошкільних закладах має здебільшого ініціативний характер.

Шкільний етап. Суспільство на сучасному етапі вимагає від шкільної освіти забезпечення максимального розвитку інтелектуальних здібностей і формування загальнолюдських якостей особистості [10]. Насамперед – духовного розвитку особистості, що притаманно екологічному способу мислення, екологічній культурі, моралі та етиці. Тому саме школі має належати головна роль у формуванні екологічного мислення. Шкільну екологічну освіту необхідно впроваджувати на основі екологізації навчальних дисциплін. Важливою ланкою в системі екологічної освіти є мережа позашкільних еколого-освітніх закладів. Необхідно створювати освітнє середовище на принципах сталого розвитку [11].

Якісно новий результат у підвищенні рівня екологічної освіти та виховання можна досягнути завдяки кооперації, а в перспективі – інтеграції шкільної освіти з вищою.

Проблема: сьогодні склалася ситуація, коли здобуті в школі знання відмежовані від повсякденного життя та існують самі собою, слабе методичне забезпечення загальноосвітніх шкіл матеріалами екологічної спрямованості, неможливість реальної практики школярів в ознайомленні з ними, неможливість участі учнів у реальній природоохоронній роботі; майже немає матеріально-технічної бази у більшості шкіл (відсутність відеоматеріалів, лабораторного обладнання, сучасного туристського спорядження тощо).

Вища освіта. Особливо актуальним є якісно нова підготовка вихователя, вчителя школи та викладача ЗВО, здатного перебудувати навчально-освітній процес у напрямі його екологізації на основі знань, набутих умінь та навичок [8, 11]. Він має переформатувати навчальний процес від передавання знань до розгляду проблеми і розроблення можливих шляхів її вирішення.

Екологічна освіта ЗВО відрізняється формуванням організаторських здібностей молоді, наприклад, у проведенні екологічних заходів, прагненні самостійного вирішення конкретної екологічної проблеми з отриманням практичного результату. Необхідно залучати студентів до еколого-просвітницької діяльності. Для даної вікової категорії важливим є проведення інформаційно-просвітницької діяльності з учнями загальноосвітніх навчальних закладів. Студенти у формі бесіди, за допомогою презентацій та власно створених фільмів для дітей молодшої та середньої школи наочно висвітлюють екологічні проблеми та необхідність бережливого ставлення до навколишнього середовища. У формі тренінгу студенти показують і допомагають учням старшої школи обґрунтовувати шляхи вирішення конкретної екологічної проблеми.

І цей етап є завершальним в екологічному формуванні особистості та культури екологічної поведінки людини.

Кожний з етапів формування екологічної свідомості, дитини – учень – студент – фахівець, має враховувати психологічний віковий розвиток особистості. Це є особливо важливим при

плануванні заходів екологічного спрямування. Процес екологічної освіти може складатись з емоційного, пізнавального та поведінкового елементів, які мають різний рівень сприйняття матеріалу для кожної вікової категорії, та гармонійного їхнього поєднання.

Проблема: обмежена кількість годин, виділених на викладання природничих дисциплін; обмежена можливість для введення в навчально-виховний процес спецкурсів екологічної спрямованості; слабе висвітлення екологічних проблем своєї місцевості, низький рівень лабораторного оснащення, недостатня мотивація учнів (студентів) для отримання екологічних знань.

Не менш важливе місце у розвитку екологічної освіти належить дистанційній формі освіти і курсам підвищення кваліфікації фахівців.

Дистанційна освіта. В основу дистанційної екологічної освіти має бути покладений ієрархічний принцип модульності вивчення дисциплін (напрямків, проблемних питань) [12]. Такий підхід дозволить послідовно дослідити та вивчити проблему, встановити причинно-наслідкові зв'язки. Викладання лекційного матеріалу у віртуальній реальності дозволяє використовувати імітаційні моделі, що підвищує рівень засвоєння матеріалу. Існують різні механізми впровадження дистанційної форм навчання [13]. Навчання має передбачати не тільки використання інформаційних ресурсів, але й проведення он-лайн-семінарів, конференцій або дискусій, коли можна оцінити ступінь засвоєння матеріалу, а його ефективність залежить від інформаційного забезпечення, можливостей інформаційних технологій і фахових компетентностей викладача та його універсальної підготовки [12]. Оскільки ефективність дистанційної освіти напряму залежить від професійного рівня викладача, то важливе місце посідає проблема кадрового забезпечення.

Проблеми: незважаючи на значні переваги у зручності навчання з використанням дистанційної форми освіти та мобільних технологій, все ж таки існують деякі недоліки: неможливість отримання комплексності знань, відсутність взаємозв'язку між різними науковими дисциплінами (рівнями, напрямками), неможливість формування повного уявлення про зміст дисципліни, відсутність формування усіх фахових компетентностей.

Курси підвищення кваліфікації. На курсах підвищення кваліфікації важливою складовою є формування готовності самого фахівця (викладача ЗВО) до інноваційної екологічної діяльності на професійному рівні. Формування готовності стає можливим лише за умов здійснення цілеспрямованої, спеціально організованої всебічної та комплексної підготовки.

Проблеми: наукові, теоретичні знання відірвані від практичних проблем, що пов'язано з інтенсивним технічним розвитком суспільства.

Неформальна освіта. Процес формування екологічних знань відбувається з дотриманням принципів доступності і практичності. І екологічна освіта не можлива без практичної екологічної діяльності, зокрема, екскурсіям, спостереженням, екологічним іграм, виготовлення предметів та іграшок із природного матеріалу що є основою неформальної освіти. Важливе місце в екологічній освіті належить церкві, ЗМІ, громадському екологічному руху.

Церква. Основне місце в екологічній неформальній освіті належить церкві [14]. Церква на сьогодні займає активну позицію у вирішенні природоохоронних завдань і стає могутнім засобом підвищення екологічної свідомості суспільства. В Україні збереглися (особливо серед сільського населення) традиції визначального авторитету церкви, яка може служити і служить могутнім виховним фактором екологічної свідомості як через проповіді духовенства, так і через реальні природоохоронні акції, які здійснюються під керівництвом церкви. Проповіді на екологічну тематику та опис природоохоронних заходів, які впроваджуються під патронатом церкви, можна знайти на сайтах всіх церков, які функціонують в Україні. А в складі Української греко-католицької церкви існує Бюро УГКЦ із питань екології.

Засоби розповсюдження інформації (ЗМІ). У вихованні екологічної свідомості суспільства значна роль належить мас-медіа. Однаковою мірою це стосується як передач радіо і телебачення, так і спеціальних друкованих видань та використання природоохоронної тематики у всьому комплексі інформації, донесеної до суспільної свідомості. У наш час існує багато джерел інформації:

- видання науково-методичної літератури;
- книжково-ілюстровані виставки;
- проведення занять у середніх школах;
- вільний доступ усіх громадян до екологічної інформації через бібліотеки;

- велика кількість телевізійних програм, спрямованих на розглядання екологічних питань;
- проведення конференцій та лекцій у закладах вищої освіти серед студентів;
- Інтернет.

«Оскільки між мас-медіа та суспільством існує гнучкий зв'язок і тематика мас-медіа повинна відповідати потребам суспільства (тільки тоді інформація буде жаданою), то саме зростання останнім часом інформації на природоохоронну тематику є непрямим свідченням зростання екологічної свідомості суспільства», – зазначає професор Мальований М. С. [14]. Слід очікувати, що з часом ця тенденція посилюватиметься.

Громадські організації. В Україні існує велика кількість громадських екологічних організацій («Всеукраїнська екологічна ліга», «Зелений світ», «Екоправо», «Українське товариство охорони природи», «Голос Природи», Всеукраїнська екологічна громадська організація «МАМА-86», Всеукраїнський комітет підтримки Програми Організації Об'єднаних Націй з навколишнього середовища (УкрЮНЕПком) та багато інших. На жаль, велика кількість цих організацій є заполітизованими; їхня діяльність млява і значно активізується тільки у передвиборні періоди, щоб привернути увагу громадськості до тих чи інших політичних сил [14]. Хоча слід зазначити, що багато із цих організацій проводять значну роботу із формування екологічної свідомості суспільств. Із величезної кількості громадських екологічних організацій найчисленнішою і найпотужнішою є Всеукраїнська екологічна ліга. Ліга залучає активну громадськість до оцінювання та регулювання екологічної політики та проведення різних екологічних заходів.

Розвиток та формування формальної та неформальної освіти на кафедрі екології ІФНТУНГ. Кафедра екології ІФНТУНГ під керівництвом Адаменка Я. О., який очолює кафедру з 2007 року, теж не стоїть осторонь у розвитку екологічної освіти в Україні. Ще у 1989 році з осіннього семестру професор Адаменко О. М. вперше почав читати курс «Основи екології», згодом курс був введений у робочі навчальні програми усіх 18 спеціальностей ІФНГ і вже з 1993 р. почався перший прийом студентів на спеціальність «Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів» [7].

Під керівництвом доктора геолого-мінералогічних наук, професора, заслуженого діяча науки і техніки України, лауреата Державної премії СРСР Олега Максимовича Адаменка започаткована Наукова Школа раціонального використання і захисту природи. Під його керівництвом захищено 10 докторських та понад 20 кандидатських дисертацій (рис. 2).



Рис. 2. Адаменко Олег Максимович

Невід'ємною складовою діяльності кафедри екології є науково-дослідна робота за такими напрямками: оцінка впливу на довкілля народногосподарських об'єктів; комп'ютерні системи екологічного моніторингу та екологічної безпеки держави, регіону, адміністративних областей і районів, міст і промвузлів, окремих об'єктів; екологічний аудит територій та підприємств; екологічна геофізика, екологічна геологія, екологічна геоморфологія; еколого-економічна оцінка нетрадиційних енергоресурсів: вітру, води, біогазу, сонячної, геотермальної й інших видів альтернативної енергетики; оцінки природно-ресурсного потенціалу; розрахунки гранично допустимих викидів та скидів, інвентаризація джерел викидів, видача дозволів на

спецводокористування; екологічні моделі Дністра, Прута, Карпатського регіону; палеогеографія, палеоекологія та геoarхеологія Європи, Азії й Африки.

На кафедрі екології було виконано 13 міжнародних проєктів.

Для забезпечення високого рівня підготовки фахівців у галузі екології та технології захисту навколишнього середовища на кафедрі екології створено 3 науково-технічні лабораторії: Лабораторія фізико-хімічних методів досліджень, Наукова лабораторія технологічних досліджень, Лабораторія «Фізико-хімічні методи дослідження стану навколишнього середовища», та комп'ютерний клас з відповідним програмним забезпеченням.

Для проходження навчальних практик у с. Маріямпіль Галицького р-ну створений «Науково-навчально-виробничий протипаводковий полігон», як модельна територія долини Дністра, де можна відпрацьовувати заходи із захисту території від впливу катастрофічних паводків та проводити наукові дослідження.

На кафедрі екології запроваджена система дуальної освіти, що дозволяє студентам поєднати роботу і навчання, коли навчальний заклад готує фахівця разом із підприємством.

Упродовж навчання студенти-екологи проходять навчальне стажування у провідних начальних закладах Польщі, Німеччини та інших країнах. У 2011 році між ІФНТУНГ та Краківською гірничо-металургійною академією ім. Станіслава Сташица (КГМА, Польща) укладена угода щодо навчання студентів-магістрів (в тому числі й екологів). І вже понад 70 магістрів-екологів успішно захистили магістерські роботи та отримали подвійний диплом КГМА та ІФНТУНГ (рис. 3).



Рис. 3. Отримання подвійних дипломів

Починаючи з 2010 року у ІФНТУНГ видається науково-технічний журнал «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування».

Для екологічної просвітницької роботи на кафедрі екології діє студентський науковий гурток «Еколог XXI століття», основними завданнями якого є [15]:

- сприяння формуванню екологічного мислення у студентів;
- виховання соціальної активності до вирішення проблем захисту природи;
- вивчення актуальних екологічних проблем;
- виявлення талановитих студентів та сприяння розвитку їхніх наукових навичок.

Студенти гуртка активно беруть участь у Всеукраїнських та Всесвітніх екологічних акціях. Так, наші студенти започаткували в Івано-Франківську акцію «Година Землі», яку проводять у центра міста на Вічевому майдані.

У 2016 році був організований і проведений в Івано-Франківську 2-денний еко-фестиваль «EcoLifeStyle».

У рамках еко-просвітницької діяльності гурток постійно співпрацює із навчальними закладами середньої освіти (школами, гімназіями, ліцеями та коледжами) м. Івано-Франківськ, у яких студенти проводять тематичні екологічні бесіди, лекції, вікторини, тренінги та квести.

Для ознайомлення студентів із галузевими екологічними проблемами організують поїздки на підприємства області: ПАТ «Карпатнафтохім», Долинський ГПЗ, НГВУ «Долина нафтогаз», комунальне підприємство «Полігон ТПВ» (рис. 4).

У рамках формування у студентів загальних і фахових компетентностей на заняттях гуртка проводять тематичні заняття за принципом «круглий стіл». Такий підхід дозволяє студентам, спочатку кожному окремо, детально дослідити будь-яку екологічну проблему (регіональну, галузеву), а потім вже в рамках виступів та дискусій проаналізувати її в масштабах України. Це також дозволяє розвинути у студента вміння аналізувати інформацію та здатність застосовувати знання при обґрунтуванні вибору природоохоронних заходів.

Під керівництвом викладачів кафедри екології студенти III-V курсів проводять наукові дослідження. Підсумком такої наукової співпраці є використання результатів у курсовому та магістерських роботах, щорічна публікація понад 10 статей та тез у матеріалах конференцій.



Долинський ГПЗ



ТОВ «Карпатнафтохім»



Міське сміттєзвалище с. Рибне

Рис. 4. Ознайомчі поїздки з студентами на підприємства Івано-Франківської області

Висновки. Отже, існує цілий комплекс суперечностей між інноваційними процесами, що відбуваються сьогодні в системі освіти в Україні, та недостатнім рівнем теоретико-методологічної та практичного розроблення проблеми реформування професійної діяльності вихователів, педагогів та викладачів вищої школи. Екологічна освіта є ключовим процесом, що допомагає підвищити рівень обізнаності щодо охорони навколишнього середовища та сформуванню суспільної екологічної позиції. Аналіз сучасного стану формальної екологічної освіти свідчить про недостатню реалізацію її структури і змісту. Крім того, необхідно забезпечити екологічну підготовку кадрів (вихователів, педагогів, викладачів ЗВО) для формування у них активної громадської позиції щодо вирішення проблем захисту навколишнього середовища і сталого розвитку.

Основними завданнями екологічної освіти є формування:

- фундаментальних екологічних знань;
- екологічного мислення;
- розуміння екологічних проблем на різних рівнях (глобальному, державному, регіональному, галузевому);

– формування екологічної відповідальності на основі системних знань про екологічні проблеми сучасності та можливості впровадження концепції сталого розвитку, сучасної цивілізації та навколишнього середовища;

– формування знань і вмінь дослідницького характеру, які забезпечують креативний підхід до розв’язання екологічних проблем, що виникають;

– формування мотивації й потреби в екологічно безпечній та екологічно раціональній діяльності, формування усвідомлення необхідності розв’язання екологічних завдань, здатності до багатоаспектної (правової, економічної, моральної тощо) оцінки екологічних ситуацій.

Екологічна освіта має бути тривалим та міждисциплінарним за своєю суттю процесом, вивчати основні проблеми навколишнього середовища, надавати можливість молоді застосовувати свої знання та допомогти учням розглядати навколишнє середовище в усій його повноті.

Література

1 Погребняк В. Г., Волошин В. С. Шляхи подолання екологічної кризи на землі з точки зору представників природничих наук // зб. наук. праць / Вісник Приазовського державного технічного університету. Маріуполь, 2008. Вип. 18. Ч. 1. С. 248–253.

2 Перкун І. В., Погребняк В. Г. Інтеграція знань у контексті сталого розвитку // Екологіяна безпека як основа сталого розвитку суспільства, європейський досвід та перспективи: матеріали II-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Львів, 2015. С. 30–31.

3 Дубасенюк О. А. Сучасні тенденції розвитку вищої освіти // Інноваційні аспекти підготовки фахівців в умовах модернізації освітнього простору : матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, Новоград-Волинський, 2018. С. 12–21.

4 Шумілова А. В. Формування екологічної свідомості школярів еколого-освітніми заходами НПП «Слобожанський» // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна серія «Екологія». 2015. Вип.13. С.104–111.

5 Писанка К. О. Проблеми екологічної освіти та виховання в різних країнах світу / К. О. Писанка // Молодий вчений. Психологічні та педагогічні науки. 2014. № 4 (07). С. 65–70.

6 Про концепцію екологічної освіти в Україні: Закон України / Рішення колегії МОНУ № 13/6-19 від 20.12.2001.

7 Зоріна Н. О. Психолого-педагогічні аспекти екологічної освіти в університеті нафти і газу // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2010. № 2. С. 68–75.

8 Орфанова М. М., Яцишин Т. М. Екологізація освітнього процесу: екологічна освіта та виховання // Екологічний вісник. 2015. № 6. С. 23–24.

9 Інноваційні технології у формуванні трирівневої екологічної освіти / М. Мик. Орфанова, М. Мих. Орфанова, Т. М. Яцишин, О. І. Рибак // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». 2016. Вип. 14. С.98–101.

10 Висоцька О. Є. Формування розвивального освітнього середовища учня на засадах освіти для сталого розвитку засобами предметів природничого циклу // зб. наук. праць всеукраїнського круглого столу (12 березня 2018 р., м. Полтава) / Технології інтеграції змісту освіти. 2018. Вип. 10. С. 109–116.

11 Федоряк Р. М., Діденко Є. О. вища освіта в контексті концепції сталого розвитку // Ефективність організаційно-економічного механізму інноваційного розвитку вищої освіти : спецвипуск Серія «Економічні науки» VIII Міжнародна науково-практична конференція (5 жовтня 2018 р.). Київ, 2018. С. 116–122.

12 Орфанова М.М. Дистанційна екологічна освіта: можливості та перспективи / М. М. Орфанова // Інноваційні технології в освіті: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. (09–11 квітня 2019 р.). Івано-Франківськ, 2019. С. 185–186.

13 Калюжний В. С. Механізми впровадження дистанційних способів навчання у вищій освіті України // Публічне управління та митне адміністрування. 2017. № 1 (16). С. 45–50.

14 Мальований М. С. Формування екологічної свідомості та її роль в забезпеченні екологічної безпеки // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2010. № 2. С. 68–75.

15 Орфанова М. Мик., Орфанова М. Мих. Студентський екологічний гурток кафедри екології ІФНТУНГ // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування : збірник матеріалів конференції – доповідей (статей) і тез I-ї Міжнародної науково-практичної конференції (20–22 вересня 2012 р., м. Івано-Франківськ). 2012. С. 89–91.

*O. Mandryk¹, M. Maliovanyi²,
M. Orfanova¹*

¹*Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas,
²Lviv Polytechnic National University*

ENVIRONMENTAL EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Ecological education for sustainable development is a priority task which cannot be realized without the active participation of educational institutions, raising the understanding of the need to use natural resources in an environmentally acceptable way and careful treatment of nature. It is important to organize the educational process to inform children and youth about the environmental protection problems. Children and youth are the driving force that can influence the environmental state in the future. Institutional development of the sector of three-stage ecological education of youth (kindergartens and primary schools – secondary schools – higher educational institutions) is the basis for the effective ecological education strategy implementation. The effectiveness of this activity depends on the combination of forces for the achievement of effective results based on defining the main reference stages in the formal and informal ecological education; the formation of a child's ability to specifically observe, explore, and adequately assess objects and phenomena in the process of elementary observation. Training class is the characteristic feature of integrating pedagogy and ecology that will help teachers not to be limited to the traditional formation of ecological knowledge and skills. The participation in environmental events promotes the environmental awareness of the younger generation and development of the proper attitude towards environment and helps to solve waste management problems. The participation in environmental activities enhances the pupils' ecological awareness and desire to be personally involved in solving different environmental problems of the region and of the country, and improves the awareness of various social groups. The authors have developed the strategy and action plan to enhance the cooperation towards improving the information policy for society and developing the educational programs aimed at raising public awareness in the sphere of environmental problems.

Key words: ecological education, raising environmental awareness, ecological consciousness, integration of education, formal education, informal education.

References

- 1 Pohrebniak V. H., Voloshyn V. S. Shliakhy podolannia ekolohichnoi kryzy na zemli z tochky zoru predstavnykiv pryrodnychkh nauk // zb. nauk. prats / Visnyk Pryazovskoho derzhavnogo tekhnichnogo universytetu. Mariupol, 2008. Vyp. 18. Ch. 1. P. 248–253.
- 2 Perkun I.V., Pohrebniak V.H Intehratsiia znan u konteksti staloho rozvytku // Ekolohiiana bezpeka yak osnova staloho rozvytku suspilstva, yevropeyskyi dosvid ta perspektyvy: materialy II-oi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, Lviv, 2015. P. 30–31.
- 3 Dubaseniuk O. A. Suchasni tendentsii rozvytku vyshchoi osvity // Innovatsiini aspekty pidhotovky fakhivtsiv v umovakh modernizatsii osvitnoho prostoru : mterialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii, Novohrad-Volynskiy, 2018. P. 12–21.
- 4 Shumilova A.V. Formuvannia ekolohichnoi svidomosti shkolariv ekoloho-ositnimy zakhodamy NPP «Clobozhanskyi» // Visnyk KhNU im. V.N. Karazina seriia «Ekolohiia». 2015. Vyp.13. P.104–111.
- 5 Pysanka K.O. Problemy ekolohichnoi osvity ta vykhovannia v riznykh krainakh svitu / K.O. Pysanka // Molodyi vchenyi. Psykholohichni ta pedahohichni nauky. 2014. №4 (07). P. 65–70.
- 6 Pro kontseptsiiu ekolohichnoi osvity v Ukraini: Zakon Ukrainy / Rishennia kolehii MONU № 13/6-19 vid 20.12.2001.
- 7 Zorina N.O. Psykholoho-pedahohichni aspekty ekolohichnoi osvity v universyteti nafty i hazu // Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. 2010. №2. P.68–75.
- 8 Orfanova M.M., Yatsyshyn T.M. Ekolohizatsiia osvitnoho protsesu: ekolohichna osvita ta vykhovannia // Ekolohichni visnyk.2015. № 6. P. 23–24.
- 9 Innovatsiini tekhnolohii u formuvanni tryrivnevoi ekolohichnoi osvity / M.Myk. Orfanova, M.Mykh. Orfanova, T.M. Yatsyshyn, O.I. Rybak // Visnyk Kharkivskoho natsionalnogo universytetu im. V.N.Karazina. Seriiia «Ekolohiia». 2016. Vyp. 14. P.98–101.
- 10 Vysotska O. Ye. Formuvannia rozvyvalnogo osvitnoho seredovyscha uchnia na zasadakh osvity dlia staloho rozvytku zasobamy predmetiv pryrodnychoho tsyклу // zb. nauk. prats vseukrainskoho kruhloho stolu (12 bereznia 2018 r., m. Poltava) / Tekhnolohii intehratsii zmistu osvity. 2018. Vyp. 10. P. 109–116.

11 Fedoriak R.M., Didenko Ye.O. vyshcha osvita v konteksti kontseptsii staloho rozvytku // Efektyvnist orhanizatsiino-ekonomichnoho mekhanizmu innovatsiinoho rozvytku vyshchoi osvity : spetsvyпуск Seriiia «Ekonomichni nauky» VIII mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia S. (5 zhovtnia 2018 r.). Kyiv, 2018. P. 116–122.

12 Orfanova M.M. Dystantsiina ekolohichna osvita: mozhlyvosti ta perspektyvy / M. M. Orfanova // Innovatsiini tekhnolohii v osviti: materialy mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. (09–11 kvitnia 2019 r.). Ivano-Frankivsk, 2019. P. 185–186.

13 Kaliuzhnyi V. S. Mekhanizmy vprovadzhennia dystantsiinykh sposobiv navchannia u vyshchii osviti Ukrainy // Publichne upravlinnia ta mytne administruvannia. 2017. № 1 (16). P.45–50.

14 Malovanyi M.S. Formuvannia ekolohichnoi svidomosti ta yii rol v zabezpechenni ekolohichnoi bezpeky // Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. 2010. №2. P.68–75.

15 Orfanova M.Myk., Orfanova M.Mykh. Studentskyi ekolohichnyi hurtok kafedry ekolohii IFNTUNH // Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia: Zbirnyk materialiv konferentsii – dopovidei (statei) i tez 1-oi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (20–22 veresnia 2012 r., m. Ivano-Frankivsk). 2012. P.89–91.

Надійшла до редакції 13 травня 2019 р.