

**Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет будівництва і архітектури
Національна академія наук України
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору**

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Kyiv National University of Construction and Architecture
National Academy of Sciences of Ukraine
Institute of Telecommunications and Global Information Space**

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**ENVIRONMENTAL SAFETY AND
NATURAL RESOURCES**

Збірник наукових праць

Випуск 4 (28), жовтень-грудень 2018 р.

Заснований у 2008 р.
Виходить 4 рази на рік

Academic journal

Issue 4 (28), October-December 2018

Founded in 2008
The journal is published 4 volume a year

КИЇВ 2018

KYIV 2018

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головні редактори: **О.С. Волошкіна**, д-р техн. наук, проф.
О.М. Трофимчук, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАНУ

Члени редколегії:

Биченок М.М. , д-р техн. наук	Олійник О.Я. , д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАНУ
Бойко І.П. , д-р техн. наук, проф.	Павлишин В.І. , д-р геол.-мін. наук, проф.
Довгий С.О. , д-р фіз.-мат. наук, проф., академік НАНУ	Приймак О.В. , д-р техн. наук, проф.
Калюх Ю.І. , д-р техн. наук, проф.	Радчук В.В. , д-р геол. наук
Качинський А.Б. , д-р техн. наук, проф.	Рудько Г.І. , д-р техн. наук, д-р геол.-мін. наук, д-р геогр. наук, проф.
Коржнєв М.М. , д-р геол.-мін. наук, проф.	Стрижак О.Є. , д-р техн. наук
Кочетов Г.М. , д-р техн. наук, проф.	Триснюк В.М. , д-р техн. наук
Кривомаз Т.І. , д-р техн. наук, проф.	Яковлєв Є.О. , д-р техн. наук

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА

М.-Й. Валері , професор, Польща	А. Мішо , дослідник, Франція
Н. Касаглі , професор, Італія	Я. Пекутін , професор, Польща
Н. Маргвєлашвілі , PhD, Австралія	Пінг Лу , професор, Китай
Д. Мінтер , професор, Великобританія	Г. Собчук , професор, Польща

Рекомендовано до друку Вченою радою
Київського національного університету будівництва і архітектури
(протокол № 19 від 14.12.2018 р.)

Збірник наукових праць включено до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук за напрямом «технічні науки» (Наказ Міністерства освіти і науки України від 22.12.2016 № 1604)

ОСНОВНІ ТЕМАТИЧНІ РОЗДІЛИ ЗБІРНИКА

- Екологічна безпека
- Основи природокористування
- Інформаційні ресурси та системи
- Дискусійні повідомлення

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ
03186, м. Київ, Чоколівський бульв., 13,
Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України
Телефони: (044) 245-87-97
(044) 524-22-62
E-mail: itelua@kv.ukrtel.net

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 14146-3117 Р від 27.05.2008 р.

Електронна версія збірника в Інтернеті
<http://www.es-journal.in.ua> українською
та англійською мовами



Creative Commons «Attribution» 4.0 WorldWide

CONTENTS

ENVIRONMENTAL SAFETY

Trofymchuk O.M., Korzhnev M.M., Yakovlev Ye.O., Kurylo M.M., Kosharna S.K.

Conceptual approaches to organization of monitoring of geological environment and mineral resources of Ukraine in modern terms..... 7

Pohrebennyk V.D., Hamkalo K.R.

The state of drinking water quality on the example of Slupsk city (Poland) and Zhydachiv district (Ukraine)..... 27

Rybak M.P., Lukjanova V.V., Anpilova Ye.S., Yonash I.D.

The role of establishments of nature protected fund in ecological-educational and recreational-touristic aspects of sustainable development of Zakarpattia region..... 39

Vasilenko L.O., Zhukova O.G., Honcharenko A.V.

Ecological evaluation of the man-caused impact on the headwater aquatic ecosystems of Zhytomyr region (case study the Gnylopiat river)..... 48

NATURAL RESOURCES

Azarov S.I., Zadunaj O.S.

Biospheric processes forecasting by the means of synergetics..... 56

Greben O.S., Trofymchuk O.M.

Features of reservoirs eutrofication by elements of agrochemical fertilizers..... 65

Alokhina O.V., Ivantyshyn O.L., Korus M.M., Koshovyy V.V., Popov M.O., Rusyn B.P.

Influence of natural climatic factors on lakes waters fluctuations in nature protected areas..... 71

Telyma S.V., Kremez V.S.

The methodic of calculations of the contamination of the ground waters on the irrigated lands and the ajoined territories..... 82

Koval I.I., Pohrebennyk V.D.

Approaches to building integrated system of municipal solid waste management: classification of packaging waste..... 94

INFORMATION RESOURCES AND SYSTEMS

Prychodniuk V.V., Stryzhak O.Ye., Gaiko S.I., Chepkov R.I.

Information-analytical complex of support of transdisciplinary researches processes..... 103

Kreta D.L., Klymenko V.I., Anpilova Ye.S.

Remote sensing and GIS for spatial analysis of surface water quality and soil pollution..... 120

Krasovska I.G., Buravchenko K.O., Tsviashchenko K.A.

Monitoring of potential self-ignition zones of the forest according to cloud cover remote sensing data..... 128

Vusatiuk A.Ye., Farenjuk G.G.

Estimation of integrated characteristics of materials of rail concrete structures by the method of surface wave..... 133

INFORMATION FOR AUTHORS..... 144

ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

Трофимчук О.М., Коржнев М.М., Яковлев Є.О., Курило М.М., Кошарна С.К.

Концептуальні підходи щодо організації моніторингу геологічного середовища і мінеральних ресурсів України в сучасних умовах..... 7

Погребенник В.Д., Гамкало Х.Р.

Стан якості питної води на прикладі м. Слупськ (Польща) та Жидачівського району (Україна)..... 27

Рибак М.П., Лук'янова В.В., Анпілова Є.С., Йонаш І.Д.

Роль установ природно-заповідного фонду в екоосвітніх та рекреаційно-туристичних аспектах сталого розвитку Закарпаття..... 39

Василенко Л.О., Жукова О.Г., Гончаренко А.В.

Екологічна оцінка техногенного впливу на водні екосистеми малих річок Житомирської області (на прикладі р. Гнилоп'ять)..... 48

ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Азаров С.І., Задунай О.С.

Прогнозування біосферних процесів за допомогою синергетики..... 56

Гребень О.С., Трофимчук О.М.

Особливості евтрофікації водоймищ елементами агрохімічних добрив.... 65

Альохіна О.В., Івантишин О.Л., Корусь М.М., Кошовий В.В., Попов М.О., Русин Б.П.

Вплив природно-кліматичних чинників на коливання водності озер природоохоронних територій..... 71

Телима С.В., Кремез В.С.

Методика розрахунків забруднення ґрунтових вод на землях зрошення та прилеглих територіях..... 82

Коваль І.І., Погребенник В.Д.

Підходи до створення інтегрованої системи управління твердими побутовими відходами: класифікація відходів упаковки..... 94

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ

Приходнюк В.В., Стрижак О.Є., Гайко С.І., Чепков Р.І.

Інформаційно-аналітичний комплекс підтримки процесів трансдисциплінарних досліджень..... 103

Крета Д.Л., Клименко В.І., Анпілова Є.С.

Засоби ДЗЗ та ГІС для просторового аналізу якості поверхневих вод та забруднення ґрунтів..... 120

Красовська І.Г., Буравченко Є.О., Цвященко К.А.

Моніторинг потенційних зон самозаймання лісу за даними дистанційного зондування хмарного покриву..... 128

Вусатюк А.Є., Фаренюк Г.Г.

Оцінка інтегральних характеристик матеріалів залізобетонних конструкцій методом поверхневої хвилі..... 133

ДО ВІДОМА АВТОРІВ..... 144

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ENVIRONMENTAL SAFETY

УДК 55; 504; 574

Oleksandr M. Trofymchuk¹, Corresponding member of NASU, D. S. (Technical),
Professor, Director of the Institute
ORCID ID 0000-0003-3782-4209 *e-mail:* itelua@kv.ukrtel.net

Mykhailo M. Korzhnev¹, D. S., Professor, leading researcher

Yevheniy O. Yakovlev¹, D. S., Principal researcher

Maria M. Kurylo², PhD, Associate Professor

Sofia K. Kosharna², PhD student

¹Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU, Kyiv, Ukraine

²Institute of Geology of National Taras Shevchenko University of Kyiv, Ukraine

CONCEPTUAL APPROACHES TO ORGANIZATION OF MONITORING OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT AND MINERAL RESOURCES OF UKRAINE IN MODERN TERMS

Abstract. *Monitoring of geological environment and mineral resources is a very important element, which provides functioning of all system of state administration in the field of environment protection, uses of natural resources and ecological safety in Ukraine, development of which the protracted historical period was determined by the mining minerals export of products of its processing. It stipulated critical, often close to catastrophic, state of geological environment in the basic mining districts of country. Especially a situation was aggravated in Donbas, where, in connection with the conduct of battle actions, out-of-control closing of mines and stopping of the mine waters pumping, an ecocatastrophe began to develop rapid rates.*

The programs of ecological rehabilitation of mining regions must be based on the constantly operating real-time prognosis model of geological environment on the basis of the geographic information system with the debugged systems of monitoring of its different parts (hydrogeological, engineer-geological, seismic, contaminations of soils and surface water et al). At creation and functioning of such models in districts with the crisis and catastrophic state of environment financial resources will be distributed more rationally on warning and decision of concrete ecological problems which can arise up in case of realization of the most ecological risks expected in such model.

Main recommendations for renewal of the environmental monitoring system for the geological environment are the following: 1) creation of regional monitoring centers, which should be responsible for constantly functioning model; 2) renewal (or creation) monitoring networks for the state of geological environment, as the main suppliers of information for the constantly operating model; 3) development of mathematical hydrogeological models for increasing the probability of groundwater level forecasts and justification of measures for ecological rehabilitation of territories and the forecast of extraordinary ecological situations; 4) territory zoning under the risk of natural and natural-technogenic hazards; 5) creation of basin and territorial schemes for managing levels of underground and surface waters through the integrated use of horizontal and vertical (including underground mine) drains; 6) substantiation of priority and long-term measures to respond to prevailing impacts of ecological changes within territories on the economy structure, the employment composition of local population, the potential of sustainable development.

One of important tasks to monitoring of raw mineral-material base in modern terms is development of mechanisms of bringing in of investments in geological industry. The purpose of geological and economic monitoring is to ensure the process of decision making at different administrative levels, on the one hand, and creation of information base for the economic evaluation of natural resources, on the other hand, and these components are interrelated parts of the same process.

Information at operating and potential mining objects must be complemented by the indexes of economic and ecological character, shown out on the level of state statistics, and (on possibility) maximally open. It is proposed indicators for monitoring mineral resource base for different stages of development: for reconnaissance, prospecting, exploration and exploitation of deposits. The following groups of indicators are recommended for each stage of development: geological, mining, technological, economic and financial, environmental. This list requires careful processing to really reflect the environmental impact of mining and other industrial companies, environmental risks that arise on the territory of their influence, and economic losses. The latter concerns not only direct losses and those arising from non-receipt of profits from territory use in other activities (e.g. agricultural or tourism).

The proposed monitoring systems include objects for all types of subsoil use and include implementation at the local, regional, and state levels.

Keywords: *monitoring; system of state administration; use of mineral resources; ecological safety; constantly operating prognosis model of geological environment*

О.М. Трофимчук¹, М.М. Коржнев¹, Є.О. Яковлєв¹, М.М. Курило², С.К. Кошарна²

¹Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ, Україна

²ННІ «Інститут геології» Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА І МІНЕРАЛЬНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Анотація. *Моніторинг геологічного середовища і мінеральних ресурсів є дуже важливим елементом, що забезпечує функціонування всієї системи державного управління у сфері охорони довкілля, використання природних ресурсів і екологічної безпеки в Україні, розвиток якої тривалий історичний період визначався видобутком мінеральної сировини і експортом продуктів її переробки. Це обумовило критичний, часто наближений до катастрофічного,*

стан геологічного середовища в основних гірничодобувних районах країни. Особливо ситуація загострилася на Донбасі, де, у зв'язку з веденням бойових дій, неконтрольованим закриттям шахт і припиненням відкачки шахтних вод, швидкими темпами почала розвиватися екологічна катастрофа.

Програми екологічної реабілітації гірничодобувних районів повинні спиратися на постійно діючу в режимі реального часу прогнозна модель геологічного середовища на основі географічної інформаційної системи з налагодженими системами моніторингу різних його складових (гідрогеологічного, інженерно-геологічного, сейсмічного, забруднення ґрунтів і поверхневих водойм та інших). При створенні її функціонуванні таких моделей у районах з кризовим і катастрофічним станом довкілля фінансові ресурси будуть розподілятися більш раціонально для попередження і вирішення конкретних екологічних проблем, які можуть виникати у випадку реалізації розрахованих у такій моделі найбільших екологічних ризиків.

Одним із важливих завдань моніторингу мінерально-сировинної бази в сучасних умовах є розробка механізмів залучення інвестицій у геологічну галузь. Інформація про діючі і потенційні об'єкти використання надр має бути доповнена показниками економічного і екологічного характеру, виведеними на рівень державної статистики, і (по можливості) бути максимально відкритою.

Ключові слова: моніторинг; система державного управління; використання мінеральних ресурсів; екологічна безпека; постійно діюча прогнозна модель геологічного середовища

Вступ

Поняття моніторингу навколишнього середовища вперше було запропоновано Р. Менном у 1972 р. на Стокгольмській конференції ООН. Зараз це загальноприйнята система, яка розподіляється на декілька підсистем і видів.

Еколого-геологічний моніторинг, або моніторинг геологічного середовища (ГС) – це система режимних спостережень, оцінки, прогнозу і розробки рекомендацій щодо оптимального управління геологічним середовищем або його частиною, яка виконується за попередньою програмою з метою забезпечення оптимальних екологічних умов для людини і біоти.

Змістовну інформацію про види моніторингу ГС та основні групи спостережень і досліджень при їх проведенні можна знайти у підручниках з екологічної геології [11 та ін.]. Моніторинг у них розглядається як система процедур, які групуються в цикл: спостереження – оцінки стану середовища за їх результатом – прогноз змін середовища – розробки рекомендацій на основі цього прогнозу щодо управлінських рішень – передача рекомендацій в управлінські структури. Потім спостереження поповнюються новими даними з урахуванням наслідків управління і процедури повторюються на нових циклах.

У залежності від ступеня комплексності і направленості моніторингу виділяють спостереження за наступними елементами геологічного середовища:

- склад, стан, властивості і зміни ґрунтів, гірських порід, техногенних ґрунтів;
- режим, динаміка і геохімія підземних вод;
- екзогенні і ендегенні геологічні процеси (карст, суфозія, зсуви, обвали, землетруси тощо);
- інженерно-геологічні властивості і явища;
- рельєф (техногенні порушення, розчленування, динаміка змін тощо);
- процеси взаємодії інженерних споруд і геологічного середовища (усадки ґрунтів, стан і зокрема цілісність фундаментів, витoki техногенних вод тощо).

Моніторинг у системі державного управління у сфері охорони довкілля, використання природних ресурсів і екологічної безпеки

Ядром системи екологічної безпеки є система державного управління, яка має забезпечувати задовільний стан довкілля у звичайному режимі та його ефективний моніторинг. Її метою, з одного боку, є попередження негативного впливу на довкілля господарської діяльності відомств, підприємств, окремих юридичних і фізичних осіб, а з іншого – стеження за негативними тенденціями природних та техногенних змін довкілля і розвитком екологічних ситуацій. Крім того, суттєвим у такій системі є відпрацьовані і закріплені на законодавчому рівні фінансово-економічні механізми концентрування коштів як для забезпечення її функціонування, так і для попередження (і це головне) виникнення надзвичайних ситуацій і катастроф та ліквідації їх наслідків і екологічної реабілітації територій.

Збалансована система державного управління у сфері екологічної безпеки повинна мати такі головні складові частини (рис. 1):

- ◆ регулювання природокористування і охорони довкілля, еколого-економічне нормування господарчої діяльності;
- ◆ контроль за використанням природних ресурсів та додержанням екологічних вимог, нормативів і стандартів;
- ◆ моніторинг стану довкілля та прогноз розвитку його негативних змін;
- ◆ прогнозування, попередження та упередження надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф;
- ◆ екологічна реабілітація ушкоджених територій.

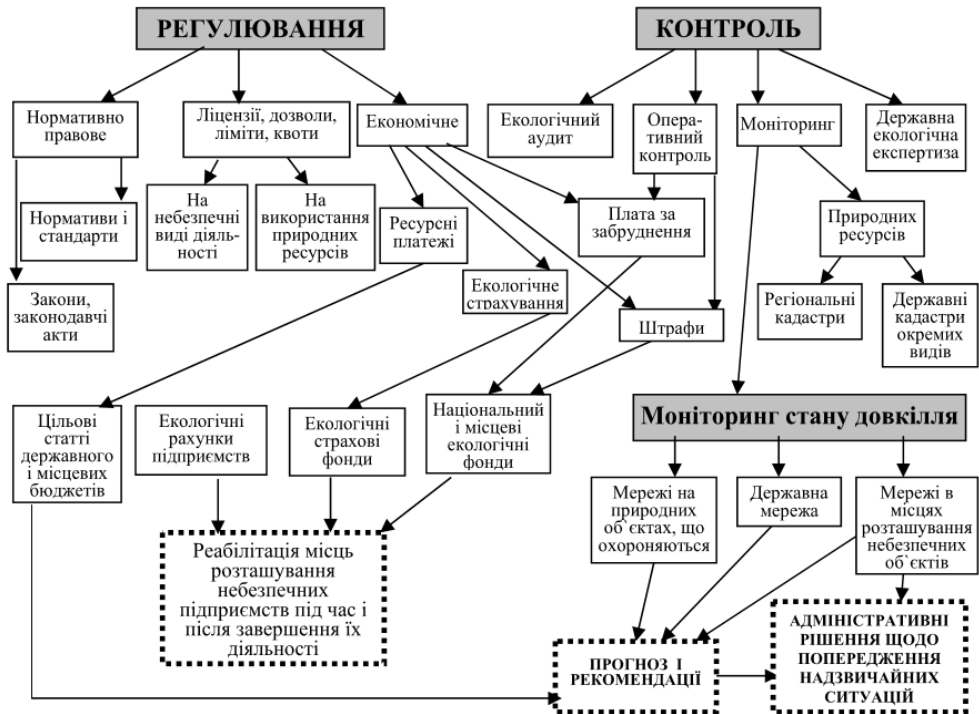


Рис. 1 – Загальна схема організації системи екологічної безпеки [5]

Головним механізмом їх взаємозв'язку є економічний, через платежі за користування природними ресурсами, за їх імпорт і експорт (мити), штрафи, систему екологічного страхування тощо, за рахунок яких формуються відповідні статті держбюджету, місцевих бюджетів, позабюджетні і страхові екологічні фонди для цільового спрямування коштів на заходи і програми щодо попередження надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф та реабілітації довкілля. Економічний механізм у сфері екологічної безпеки повинен стати однією з визначальних частин загальної системи. Він має формуватися на основі удосконалення існуючих важелів економічного регулювання і стимулювання, за рахунок чого частка екологічних витрат у складі ВВП може бути істотно підвищена [6]. Необхідним елементом також має бути економічне стимулювання екологічно дружніх систем господарювання (використання «чистих» технологій та окремих технологічних процесів, невиснажливе використання природних ресурсів та ін.).

Система державного управління у сфері екологічної безпеки останнім часом зазнає змін. Так, наприклад, державна екологічна експертиза, що донедавна контролювала відповідність проектів, державних і галузевих програм вимогам екологічної безпеки, замінена на оцінку впливу на довкілля введеним в дію 18 грудня 2017 р. Законом України «Про оцінку впливу на довкілля», який впроваджує європейську модель процедури такої оцінки. Хоча сам закон не є досконалим у багатьох положеннях [2].

Державне управління в галузі екологічної безпеки та охорони природних ресурсів забезпечується насамперед діяльністю Мінприроди України, створення якого було першим кроком адміністративної реформи в цій сфері державного управління. Реформу доцільно продовжити шляхом передачі функцій державного управління в цій галузі до Мінприроди України з їх відокремленням від функцій управління господарською діяльністю з їх використання.

Дуже важливим є чітке розмежування функцій Мінприроди та Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Перше має виконувати функції державного управління переважно при звичайному стані довкілля, а друга – в умовах розвитку надзвичайних ситуацій і катастроф. Разом ці структури мають діяти при критичному і післякатастрофічному стані довкілля. Приблизно таким чином здійснюється державне управління у сфері екологічної безпеки і на даний час, але чіткого розмежування функцій і координації діяльності їм не вистачає.

Певні функції державного регулювання повинні мати обласні і міські державні адміністрації, ради народних депутатів всіх рівнів та інші органи державного управління. Всі ці питання повинен врегульовувати Закон України «Про екологічну (природно-техногенну) безпеку».

Попередження надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф є ключовим елементом загальної системи державного управління у сфері екологічної безпеки. За звичайного стану довкілля це досягається шляхом виконання підприємствами, організаціями, юридичними чи фізичними особами своїх правових зобов'язань в рамках чинного законодавства. Дещо інша ситуація виникає в регіонах з кризовим і, особливо, критичним станом довкілля. Забезпечення екологічної безпеки у них ускладнюється тим, що зміна структури природокористування (закриття шахт та їх затоплення, скорочення зрошувальних площ, водокористування та ін.) викликає перебудову

природно-техногенних систем шляхом розвитку процесів в навколишньому середовищі, що часто мають небезпечний рівень. Головним в таких умовах стає виконання програм різного рівня (національних, державних, регіональних) і окремих технічних проєктів поліпшення екологічного становища тієї чи іншої території, спрямованих на зниження ризику виникнення таких ситуацій і катастроф. Програми екологічної реабілітації повинні спиратися на постійно діючу в режимі реального часу прогнозу модель геологічного середовища на основі географічної інформаційної системи з налагодженими мережами моніторингу різних його складових (гідрогеологічного, інженерно-геологічного, сейсмічного, забруднення ґрунтів і поверхневих водойм та інших). При створенні й функціонуванні такої моделі фінансові ресурси будуть розподілятися більш раціонально на попередження і вирішення конкретних екологічних проблем, які можуть виникати у випадку реалізації розрахованих у такій моделі найбільших екологічних ризиків. Тому створення структурних підрозділів, підпорядкованих Мінприроді або обласним державним адміністраціям, які б відповідали за ведення цих моделей у гірничодобувних районах з критичним станом довкілля, є вельми актуальним.

Якщо критичний стан довкілля і балансування на межі виникнення екологічних катастроф може продовжуватися тривалий час, то розвиток самих надзвичайних ситуацій і катастроф переважно буває досить швидким з низьким рівнем керування. У такій ситуації необхідно посилити діяльність спеціальної служби моніторингу і прогнозу, яка має в оперативному режимі поставляти до штабів з боротьби з надзвичайною екологічною ситуацією (катастрофою) дані про зміни стану довкілля, його складових і про розвиток екологічної ситуації для прийняття відповідних рішень.

Екологічна реабілітація територій в умовах звичайного стану довкілля повинна здійснюватися постійно у рамках правових зобов'язань підприємств і місцевих органів влади та шляхом виконання місцевих екологічних програм. Загальний порядок прийняття державних і галузевих регіональних програм екологічної реабілітації, надання коштів на їх здійснення та відповідальність державних органів повинні визначатись Законом України «Про екологічну реабілітацію територій».

Реабілітація територій в період, коли надзвичайні екологічні ситуації і катастрофи вже відбулися і були ліквідовані, має проводитись також шляхом виконання програм екологічної реабілітації певного рівня. В умовах післякатастрофічного стану навколишнього природного середовища повинні продовжувати свою діяльність служби моніторингу і прогнозу, які були розгорнуті ще у кризовий період, але з врахуванням характеру та екологічних наслідків надзвичайних ситуацій і катастроф, які відбулись.

У сучасний історичний період Україна знаходиться в дуже складному стані радикальної перебудови системи державного управління і національної безпеки, перебуваючи в умовах війни. Після її закінчення актуальною буде організація системи моніторингу стану геологічного середовища Донбасу, що є необхідною умовою для проведення екологічної реабілітації його території [8]. На нашу думку, спочатку треба провести оцінку динамічного розвитку факторів погіршення екологічного стану ГС внаслідок проведених бойових дій і стихійного масового затоплення шахт. Для цього вважається необхідним виконання наступних першочергових заходів:

1. Створення «Центру моніторингових досліджень Донбасу», у складі якого головним має бути підрозділ, відповідальний за ведення і обслуговування постійно діючої моделі ГС Донбасу.

2. Відновлення (а точніше створення нових) мереж спостережень за станом складових ГС, як основних постачальників інформації для постійно діючої моделі ГС Донбасу.

3. Розробка математичних гідрогеологічних моделей для підвищення вірогідності прогнозів підйому рівнів підземних вод та обґрунтування заходів з екологічної реабілітації територій і прогнозу надзвичайних екологічних ситуацій (НЕС).

4. Районування території за рівнем ризику НЕС природного і природно-техногенного походження та розробка й обґрунтування складу і послідовності першочергових захисних заходів для їх попередження і ліквідації.

5. Проведення комплексного соціально-еколого-техногенного обстеження зон впливу регіонального підйому рівнів підземних вод внаслідок стихійного закриття шахт, в тому числі із залученням технологій дистанційного зондування Землі, експресних газо-геохімічних і геофізичних зйомок та наступним виділенням ділянок небезпечних змін ГС (підтоплення, забруднення водозаборів питних вод, підвищення міграції вибухонебезпечних газів та ін.).

6. Створення басейнових і територіальних схем керування рівнями підземних і поверхневих вод шляхом комплексного використання горизонтальних і вертикальних (в тому числі шахтних) дренажів, а також максимального відновлення дренаючої здатності річково-басейнової мережі.

7. Обґрунтування першочергових та довгострокових заходів з реагування на переважаючі впливи змін екологічного стану територій Донбасу на структуру економіки, склад зайнятості місцевого населення, потенціал сталого розвитку.

Сучасний стан екологічного моніторингу геологічного середовища в Україні

Відповідно до Методичних рекомендацій з проведення моніторингу та наукового супроводження надрокористування замовником моніторингу мусить виступати надрокористувач, а здійснювати означений вид діяльності можуть виключно спеціалізовані державні геологічні підприємства, акредитовані Держгеонадрами [7]:

- Казенне підприємство «Південний еколого-геологічний центр»;
- ПАТ «Національна акціонерна компанія «Надра України»;
- ДКЗ;
- Державне геофізичне підприємство «Укргеофізика»;
- Український державний геологорозвідувальний інститут.

Спеціалізоване підприємство консулює відносно питань: послідовності виконання та вимог робіт, прописаних у програмі їх виконання; використання отриманих відходів гірничодобувних та переробних підприємств; складання відповідної звітності, що буде зберігатися у ДНВП «Геоінформ». Також має місце щомісячне звітування до Держгеонадр про стан виконання зобов'язань по укладених договорах з проведення моніторингу. Результатами аналізу особливостей проведення моніторингу геологічного середовища на різних об'єктах використання надр та етапах геологічного вивчення виокремлено його ключові позиції (табл. 1).

Таблиця 1

Роботи на нафту і газ	Роботи на тверді корисні копалини
<i>На етапі пошуково-розвідувальних робіт має включені:</i>	
<ul style="list-style-type: none"> - аналіз відповідності паспортів нафтогазо-перспективних об'єктів фактичним (первинним) матеріалам; - аналіз достовірності геологічних побудов (моделі об'єктів, стратиграфія, літологія, тектоніка, колектори, покришки, флюїдні контакти тощо); - аналіз результатів комплексних лабораторних досліджень та ін. 	<ul style="list-style-type: none"> - оцінка повноти і якості виконання бурових (гірничих) робіт, в тому числі обґрунтування мережі свердловин (гірничих виробок), глибини розвідки; забезпечення виходу керну, відбір орієнтованого керну, повнота каротажних досліджень, якість і повнота опису та опробування керну (забоїв, стінок виробок), зіставлення геологічних і каротажних даних; - аналіз технології буріння геологорозвідувальних свердловин на тверді корисні копалини (рецептури); - оцінка раціональності комплексу методів геофізичних і геохімічних досліджень; - оцінка повноти і якості опробування та лабораторних та технологічних досліджень порід та руд корисних копалин; - оцінка якості геологічних побудов розрізів і карт, погоризонтних планів та вертикальних проєкцій.
<i>На етапі геологозйомочних робіт:</i>	
<ul style="list-style-type: none"> - оцінка схем та повноти і якості обробки проб; - аналіз повноти комплекту карт та їх кондиційності; - оцінка збереження та використання геологічної інформації і керового матеріалу та результатів його досліджень та ін. 	
<i>На етапі спорудження та випробування</i>	
<ul style="list-style-type: none"> - аналіз рецептур та параметрів промивальних рідин для буріння свердловин та розкриття продуктивних горизонтів; - аналіз рецептур тампонажних розчинів, їх фізико-хімічних властивостей та відповідність геологічним умовам; - оцінка якості випробування свердловин в процесі буріння всіма типами випробувачів та розрахунків гідродинамічних параметрів пласта та ін. 	
<i>На етапі розробки:</i>	
<ul style="list-style-type: none"> - моніторинг щорічного сумарного видобутку нафти, газу, конденсату і води окремо по покладах; - аналіз результатів та систем розробки кожного покладу; - моніторинг депресій, дебетів нафти, газу, конденсату і води від початку розробки до дати підрахунку запасів, пластового тиску з обов'язковим заміром на початковій стадії розробки, газовмісту нафти, ступеня обводненості продукції, що вилучається з надр; - оцінка кількості води, закачаної у пласт; - аналіз методів інтенсифікації видобутку. 	<ul style="list-style-type: none"> - оцінка заходів з оптимізації засобів видобутку корисних копалин та попередження аварійних ситуацій; - моніторинг гідродинамічного режиму та хімічного складу підземних вод; - моніторинг стійкості бортів кар'єрів та відвалів порід; - аналіз різноманітних видів забруднення гірських порід, ґрунтів та поверхневих вод; - моніторинг величин механічного напруження гірських порід, показників міцності покрівлі (у підземних виробках), розмірів мульд просідання.

Рекомендаціями щодо визначення вартості проведення моніторингу та наукового супроводження надрокористування, затвердженими Держгеонадрами, вартість послуг з моніторингу має визначатися як сума коштів, необхідних для відшкодування прямих, загальновиробничих та адміністративних витрат, понесених організацією при виконанні зазначених робіт, з урахуванням нормативних витрат матеріально-технічних ресурсів, вільних цін, податків, зборів та обов'язкових платежів, а також прибутку (планових накопичень). І найбільш коштовною частиною моніторингу вважається саме технічне забезпечення.

Відсутність належного контролю за станом геологічного середовища у сукупності із прийнятим 28 січня 2015 р. рішенням Кабміну (постанова № 42) щодо присвоєння умові про проведення моніторингу у дозволах та угодах на користування надрами необов'язковості, на наш погляд, конфліктує із проголошеним політичним курсом євроінтеграції. Даний висновок обумовлений ще й результатами аналізу державної стратегії регіонального розвитку на період до 2020 року, в рамках якого у переліку пріоритетних галузевих політик відсутня координація цілей та заходів, спрямованих на контроль за станом навколишнього середовища.

Створення умов для інвестування дієвої системи моніторингу, сприяння інноваціям шляхом проведення досліджень новими високотехнологічними методами буде суттєво сприяти заохоченню політики якісного моніторингу. За умови початку робіт в зазначеному напрямку доцільним є детальний аналіз європейського досвіду запровадження регіональної політики, що дасть можливість уникнути тих небажаних та помилкових векторів розвитку, з якими стикалися наші західні колеги, і допоможе розвиватися нашій стороні, пришвидшуючи процес запровадження необхідних змін в даному питанні.

У процесі розвитку мереж моніторингу важливо пам'ятати, що всі елементи геологічного середовища взаємопов'язані і виокремлювати при спостереженнях будь-який один елемент з цієї системи, не розглядаючи інші, методично невірно. Тому в ідеальному варіанті моніторинг геологічного середовища повинен бути комплексним, охоплювати не окремі частини, а всі елементи геологічного середовища.

Ще однією важливою умовою запровадження якісної системи моніторингу є раціональне розміщення точок спостережень, а також регулярність їх проведення. Проаналізувавши статистичні дані, зібрані ДНВП «Геоінформ України» за останні роки, було встановлено суттєвий спад обсягів моніторингових робіт після 2000 року аж до 2015 (табл. 2). Після чого процес почав відновлюватися, хоча і вкрай повільно.

Дана тенденція може бути пояснена винятково зростаючим занепокоєнням станом навколишнього середовища, зокрема у гірничодобувних регіонах, що супроводжується суттєвими фінансовими втратами як держави в цілому, так і приватних осіб, в особі надрокористувача.

Якщо відкинути динаміку розвитку екзогенних геологічних процесів, які гостро потребують контролю у видобувних регіонах, внаслідок гігантських обсягів коштів, необхідних для компенсації завданої ними шкоди, то наступним за величиною впливу на стабільний економічний розвиток регіонів є саме забруднення ґрунтів та порушення режиму і забруднення підземних та поверхневих вод у зонах впливу техногенних об'єктів. Так, несвоєчасні виявлення проблем у зонах впливу гірничодобувних та переробних

підприємств зумовили зростання обсягів витрат на охорону та відновлення навколишнього природного середовища у 2017 році до 11 936 126,2 тис. грн – суми, яка могла б бути суттєво нижча за умови достатньої кількості ділянок спостережень для своєчасного реагування на активізацію екзогенних геологічних процесів чи підвищення рівня концентрацій забруднюючих елементів.

Таблиця 2

Геологічні підприємства галузі	Кількість ділянок, на яких проводились спостереження, станом на				ЕГП, які спостерігаються на ділянках
	2000 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	
Схід ДРГП	9	0	0	0	зсуви, підтоплення
Донецьк ДРГП	26	6	11	14	зсуви, карст, абразія
ДП УГК (ДРГП «Північгеологія»)	72	32	11	18	зсуви, карст, ерозія, переробка берегів водосховищ
ПричорноморДРГП	67	5	5	10	зсуви, абразія
КП «Південукргеологія»	65	6	24	43	зсуви, абразія, підтоплення, карст
КП «Південекогеоцентр»	72	0	0	0	зсуви, карст, підтоплення, селі
НАК «Надра України» ДП «Західукргеологія»	52	2	8	11	зсуви, карст, ерозія просідання над гірничими виробками
НАК «Надра України» ДП «Центрукргеологія»	12	0	0	5	зсуви, переробка берегів водосховищ, ерозія
Всього	385	51	59	101	

У результаті аналізу проблеми дерегуляції системи екологічного моніторингу ГС можливо зробити наступні висновки:

- Нерівномірність розміщення спостережних точок в межах гірничодобувних регіонів суттєво зменшує можливості одержання достовірних відомостей щодо стану якості геологічного середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій чи своєчасної ліквідації наслідків впливу гірничодобувних та переробних підприємств.

- Включення даної сфери до основних напрямків регіональної політики України в рамках курсу Євроінтеграції дозволить вирішити ряд проблемних моментів, що базуватиметься на:

- покращенні бізнес-клімату, що ґрунтується на регіональному потенціалі;
- підтримці розвитку інновацій, що забезпечать більш високий рівень екологічності виробництва та контролю над ним;
- створенні формату багаторівневого врядування за участю регіональних влад, органів місцевого самоврядування, а також громадянського суспільства та інших зацікавлених сторін.

- Запровадження регіональної політики в українських реаліях спонукатиме представників гірничодобувних підприємств на розробку своїх програм робіт на високому конкурентоздатному рівні, що дозволило б їм отримати допоміжне фінансування для регулярного проведення екологічного

моніторингу стану їх ліцензійних ділянок та мінімізації своїх екологічних витрат, що позитивно відобразатиметься на стані загальнодержавної мережі моніторингу та стані навколишнього природного середовища.

Моніторинг мінерально-сировинної бази

Під моніторингом МСБ у сучасній літературі розуміють систему оперативного стеження, аналізу і прогнозу змін під впливом геолого-економічних та соціально-економічних чинників стану ресурсів і запасів мінеральної сировини, а також основних показників надрокористування. Важливою ланкою у системі державного управління, що відповідає за нього, є Державна комісія по запасах (ДКЗ) України, яка проводить державну експертизу матеріалів геолого-економічної оцінки запасів родовищ корисних копалин, узагальнює практику застосування законодавства з питань, що входять до її компетенції, розробляє пропозиції щодо його вдосконалення [10]. Головними її завданнями є встановлення кондицій на мінеральну сировину для обчислення запасів корисних копалин у надрах та прийняття рішень щодо кількості, якості та ступеня вивченості запасів розвіданих родовищ корисних копалин і стану підготовленості їх до промислового освоєння.

Власне для вдосконалення моніторингу МСБ необхідним є обґрунтування переліку показників, які треба відстежувати на всіх рівнях функціонування об'єкта. Показники геолого-економічного моніторингу мають забезпечувати досягнення цілей, для яких він проводиться (рис. 2).



Рис. 2 – Завдання геолого-економічного моніторингу та блоки показників моніторингової системи [1]

Можна виділити завдання загальнодержавного значення, які стосуються формування державної політики у сфері регулювання процесів раціонального використання надр, зокрема використання нормативно-правових та економічних механізмів регулювання, починаючи із визначення стратегічних видів корисних копалин, першочергових завдань для геологорозвідувальних робіт і закінчуючи визначенням платежів і податків, наданням квот і ліцензій, оцінкою збитків під час освоєння мінеральних ресурсів та ефективності природоохоронних заходів.

Іншого роду функції проведення геолого-економічного моніторингу пов'язані із потребами визначення поточної вартості надрокористування – рудопроявів, родовищ корисних копалин та їх ділянок відповідно до змін кон'юнктури ринку мінеральної сировини. Таким чином, метою проведення геолого-економічного моніторингу є забезпечення процесу прийняття управлінських рішень на різних адміністративних рівнях, з одного боку, і створення інформаційної бази для проведення економічної оцінки природних ресурсів, з іншого, причому ці складові є взаємопов'язаними частинами одного процесу.

Слід відзначити особливу роль геолого-економічної оцінки об'єктів надрокористування. Ця складова являє собою джерело інформації для спостереження за МСБ, надає відомості, зокрема, про ступінь геологічного та техніко-економічного вивчення, промислового освоєння надр, стану запасів і ресурсів корисних копалин за основними та супутніми компонентами. При цьому для ґрунтового проведення економічної оцінки родовищ і рудопроявів тощо безпосередньо використовують інформаційну базу моніторингу. Інакше кажучи, своєчасне спостереження, аналіз і прогноз розвитку МСБ та певних економічних процесів забезпечують високий рівень якості геолого-економічної оцінки надр.

Показники освоєння родовищ корисних копалин. Необхідність спостереження за конкретними показниками функціонування МСБ значною мірою визначається потребами, що виникають в процесі проведення геолого-економічної оцінки об'єктів надрокористування. За затвердженою Класифікацією запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, геолого-економічна оцінка для об'єктів геологорозвідувальних робіт – це «періодичний аналіз результатів геологічного та техніко-економічного вивчення нагромаджень корисних копалин з метою встановлення їх промислового значення на основі визначення із зростаючою детальністю технологічної схеми видобутку і переробки мінеральної сировини, техніко-економічних показників виробничого процесу та фінансових результатів реалізації товарної продукції гірничого виробництва» [3]. Цей процес містить оцінку геологічних особливостей родовища, цінності корисної копалини і можливого економічного ефекту від використання видобутої мінеральної сировини. Геологічна частина оцінки ґрунтується на результатах геологорозвідувальних робіт, які узагальнюють під час підрахунків запасів. Економічні показники визначають можливий економічний ефект від використання запасів. Нижче наведено основні показники, що використовують у сучасній практиці оцінки родовищ корисних копалин:

- 1) бортовий вміст;
- 2) геологічні запаси руди;
- 3) геологічні запаси корисних компонентів;
- 4) середній вміст у геологічних запасах;
- 5) втрати видобування;
- 6) показник розубожування під час видобування;
- 7) промислові запаси руди;
- 8) промислові запаси корисних компонентів;
- 9) середній вміст у промислових запасах;
- 10) річна виробнича потужність підприємства, за об'ємами гірської маси та руди;
- 11) показники збагачення мінеральної сировини;
- 12) вилучення корисних компонентів в концентрат;
- 13) вихід концентрату;
- 14) вміст корисних компонентів у концентраті;
- 15) річне виробництво та обсяг реалізації готової продукції;
- 16) капіталовкладення в промислове будівництво:
 - інвестиції в рудник,
 - інвестиції у фабрику,
 - інвестиції в допоміжні об'єкти (транспортні, енергетичні тощо);
- 17) капіталовкладення в житлове і побутове будівництво;
- 18) експлуатаційні витрати на 1 т руди:
 - на видобуток,
 - на збагачення;
- 19) річні експлуатаційні витрати;
- 20) ціна 1 т товарної продукції;
- 21) річний та валовий дохід від реалізації;
- 22) амортизаційні відрахування;
- 23) податки, платежі, відрахування;
- 24) річний прибуток;
- 25) чиста поточна вартість;
- 26) строк окупності інвестицій;
- 27) показник рентабельності інвестицій;
- 28) внутрішня норма прибутку;
- 29) рентабельність.

Оцінні показники можна поділити на кілька груп, що характеризують ті чи інші ознаки родовища. Показники геологічного блоку (1–9, 12–14) визначають кількісну та якісну характеристики родовища, технологічні особливості руд – запаси, вміст корисних та шкідливих компонентів, коефіцієнти розкриття, розубожування, вилучення в концентрат. Показники економічного блоку характеризують промислове використання запасів родовища та пов'язані з цим витрати – експлуатаційні та капіталовкладення (10, 11, 19–22), дохід та чистий прибуток гірничого підприємства (21–25); економічну ефективність освоєння родовища: поточну вартість, ефективність капіталовкладень у певне підприємство, рентабельність, норму прибутку тощо.

Врахування блоку *економічних показників* експлуатації родовищ забезпечує встановлення цінності родовищ, яке ґрунтується на визначенні різниці між вартістю видобутої продукції та сумарними витратами на її отримання та реалізацію. Відповідно до «Методики визначення вартості запасів і ресурсів корисних копалин родовища або ділянки надр, що надаються у користування» вартість ресурсів визначають з урахуванням експлуатаційних витрат, капітальних вкладень і доходів, при цьому вартість ресурсів розраховують як суму доходів, одержаних за весь розрахунковий період. Можливі доходи від освоєння родовища є досить чітким орієнтиром для оцінки об'єкта на всіх стадіях геологорозвідувальних робіт, навіть на початкових, коли визначення витратних частин прямими розрахунками є майже неможливим.

Із економічних показників слід відзначити необхідність спостереження за інформацією щодо виробничих потужностей об'єктів надрокористування. Такі дані досить важливі у разі попередньої оцінки родовищ, коли проведення повноцінного вартісного аналізу грошових потоків неможливе через недостатню кількість даних. Із застосуванням емпіричних правил та методів порівняльного підходу можливо визначити прогностичні показники виробничих потужностей, від яких залежить і обсяг випущеної продукції. Зокрема, такі показники відстежуються у виданнях Геологічної служби США [minerals.usgs.gov]. Хоча існує думка, що ця інформація дає уяву про потенційні промислові потужності підприємства, а не про реальні обсяги виробництва, треба зауважити, що для цього визначають окремі показники обсягів виробництва мінеральної сировини. А показник виробничої потужності видобувних підприємств більше слугує для проведення економічної оцінки об'єктів.

Геологічні та гірничотехнічні характеристики родовищ, які не мають кількісного відображення у вибраних показниках, як правило, відбиваються у відповідних економічних характеристиках. Наприклад, складність геологічної будови об'єкта, гідрогеологічних умов визначає розмір експлуатаційних витрат на видобуток корисних копалин; технологічний тип руд – розмір витрат на збагачення сировини.

Наведені показники визначають для об'єктів, ступінь геологічного та техніко-економічного вивчення яких дає змогу це зробити.

Для *перспективних площ та рудопроявів* корисних копалин досліджують можливі геологічні характеристики об'єкта, визначаючи їх геолого-промисловий тип. Наявність даних щодо такої класифікації дає можливість уточнювати перспективність проявів і територій. Для ресурсів корисних копалин рекомендовано такі показники: кількість прогностичних ресурсів, т; кількість перспективних ресурсів, т; площа перспективної ділянки, км²; розмір перспективної площі, км² (проведення робіт м-бу 1:200 000 - 1:100 000, 1:50 000 - 1:25 000, пошуково-оцінювальних робіт, розвідувальних робіт). За такими самими принципами треба визначати показники ефективності проведення ГРР. В першу чергу це стосується витрат на проведення вищезгаданих робіт, які встановлюють за видами корисних копалин та по окремих регіонах і районах.

Всі виявлені родовища та рудопрояви підлягають моніторингу відповідно до діючої Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр [3, 10]. Для об'єктів МСБ з кожного виду корисних копалин треба визначати такі показники: балансові запаси (категорій А + В + С₁); умовно балансові запаси (категорій С₂); запаси, промислове значення яких не встановлено; розвідані (доведені) запаси; попередньо розвідані (доведені) запаси; попередньо розвідані (ймовірні) запаси; перспективні ресурси; прогностичні ресурси.

До загальних даних можна віднести також інформацію про кількість родовищ корисних копалин і рудопроявів, ступінь їх геологічного вивчення й промислового освоєння, кількість і якість підтверджених запасів та прогностичних й перспективних ресурсів; для деяких видів корисних копалин об'єкти класифікують за геолого-промисловими типами та технологічними типами руд.

Із макроекономічних показників, які найчастіше відстежують у сучасних вітчизняних довідниках, є видобуток корисних копалин і виробництво конкретних видів сировини, їх споживання вітчизняними підприємствами, обсяги й вартість експортних та імпорتنих поставок, а також ціни на мінеральну сировину на різних регіональних ринках.

Основними економічними показниками, що характеризують сучасний стан і впливають на динаміку ринків мінеральної сировини, є ціна, співвідношення попиту і пропозиції сировини на внутрішньому, регіональному та міжнародному ринках, якісні і кількісні характеристики експортно-імпорتنих поставок.

Визначальним для розрахунків економічної оцінки об'єктів надрокористування є значення *ціни на мінеральну сировину*. Виходячи з ціни на мінеральну сировину, виконують усі техніко-економічні розрахунки. Статистичне вивчення цін потребує розгорнутої системи показників. Вона має достатньо визначати відмінності ринкових цін: асортиментну, територіальну, часову, різних субринків. Відповідно до методики визначення вартості запасів і ресурсів корисних копалин родовища або ділянки надр, що надаються у користування, «визначення вартості ресурсів здійснюється на основі техніко-економічних розрахунків, що проводяться, виходячи з прогнозованої *ціни* на першу товарну продукцію, одержану з основних, спільно залягаючих і супутніх корисних копалин та компонентів або продуктів їх переробки, що підлягають реалізації гірничо-переробним (гірничодобувним) підприємством».

Найпоширенішими термінами, які використовують у визначенні ціни на мінеральну сировину в експортно-імпорتنих операціях, є FOB та CIF. Як правило, експортні ціни на мінеральну сировину вказують у термінах FOB, а імпорتنі – CIF. Термін FOB (free on board – безкоштовно до борту) означає, що виробник постачає свій товарний продукт, тобто концентрат, безкоштовно до оговореного місця, зазвичай до борту судна. Замість нього можуть використовувати залізничні вагони або вантажівки, і тоді застосовують інші скорочення (FOR – free on rail, або FOT – free on truck).

Стратегічним питанням, яке виникає під час економічної оцінки родовищ, є питання попиту на сировину певного родовища у майбутньому. В такому разі спочатку пропонують аналізувати історичний розвиток споживання.

Показники цього блоку рекомендують спостерігати по видах продукції за такими формами: ціна на 1 т (іншу одиницю) товарної продукції (cif, fob); обсяг та вартість імпорту мінеральної сировини; обсяг та вартість експорту мінеральної сировини; обсяги та структура виробництва мінеральної сировини; обсяги та структура споживання мінеральної сировини.

Залежно від рівня проведення моніторинг (локальний (об'єктний), регіональний та державний) можна поділити на відповідні групи. Завданням моніторингу МСБ на локальному рівні переважно є проведення геолого-економічної оцінки. Тому до цієї групи показників належать показники освоєння родовищ корисних копалин (табл. 3).

Таблиця 3

Показники	Одиниці виміру
Вміст корисних компонентів	%
Запаси корисних компонентів та руди	тис. т
Коефіцієнт розубожування	%
Коефіцієнт вилучення	%
Річна виробнича потужність підприємства	тис. т
Вилучення корисних компонентів в концентрат	%
Вихід концентрату	%
Вміст корисних компонентів у концентраті	%
Річне виробництво та обсяг реалізації готової продукції	тис. т
Капіталовкладення	тис. \$ / млн грн
Експлуатаційні витрати (річні, на 1 т продукції)	тис. \$ / млн грн, \$ / т
Ціна 1 т товарної продукції	\$ / т
Річний та валовий дохід від реалізації	тис. \$ / млн грн
Річний прибуток	тис. \$ / млн грн
Чиста поточна вартість	тис. \$ / млн грн
Строк окупності інвестицій	років
Показник рентабельності інвестицій	одиниці
Внутрішня норма прибутку	%

До групи показників моніторингу регіонального і національного рівнів належать загальні показники стану МСБ, макроекономічні показники та показники ринків мінеральної сировини (табл. 4).

Таблиця 4

Показники	Одиниці виміру
Балансові запаси (категорій A + B + C ₁)	тис. т
Умовно балансові запаси (категорій C ₂)	тис. т
Запаси, промислове значення яких не визначено	тис. т
Розвідані (доведені) запаси	тис. т
Попередньо розвідані (доведені) запаси	тис. т
Попередньо розвідані (ймовірні) запаси	тис. т
Перспективні ресурси	тис. т
Прогнозні ресурси	тис. т
Ціна за одну тону (ін. одиницю) товарної продукції (cif, fob)	\$ / т
Обсяг та вартість імпорту мінеральної сировини (по видах продукції)	тис. т, тис. \$ / млн грн
Обсяг та вартість експорту мінеральної сировини (по видах продукції);	тис. т, тис. \$ / млн грн
Обсяги та структура виробництва мінеральної сировини (по видах продукції)	тис. т
Обсяги та структура споживання мінеральної сировини (по видах продукції)	тис. т

Екологічний блок. На перший погляд будь-які екологічні показники, пов'язані з порушенням геологічного середовища під час видобутку і переробки корисних копалин, слід було б згрупувати за їх характером. Насправді такі показники практично неможливо вивести на рівень державної статистики, оскільки це потребує організації та проведення спеціальних досліджень і постійних моніторингових робіт на території діяльності всіх гірничодобувних і переробних підприємств. Для цілей з'ясування масштабів і наслідків впливу на довкілля видобутку і переробки мінеральної сировини на певний момент часу значно простіше сконцентрувати зусилля на врахуванні реально існуючих негативних екологічних наслідків різних чинників такого впливу, що зводиться до відносно простих показників, які легко отримати та обчислити (типу площ вилучених земель, кількості накопичених відходів, викидів у повітря, скидів у водне середовище, об'єму виробленого простору, площі забруднених чи ушкоджених територій тощо).

Екологічні показники характеризують діяльність гірничодобувних і переробних підприємств. Будь-яке підприємство (гірничодобувне чи переробне) визначається конкретними екологічними показниками впливу його діяльності на навколишнє середовище, більшість з яких легко вивести на рівень державної статистичної звітності. Такі показники можна згрупувати за наступними основними чинниками впливу.

Порушення породного масиву внаслідок ведення гірничих робіт: об'єм виробленого простору, зокрема із закладкою, м³; загальна площа просідань поверхні, км²; амплітуда просідань, м; площі підроблення річок, водосховищ, населених пунктів, км²; площа, уражена зсувами, км²; площа, уражена карстом, км².

Накопичення відходів гірничодобувного і збагачувального комплексу: загальна кількість накопичених відходів, зокрема токсичних, тис. т; кількість відходів, тис. т/рік; кількість використаних відходів, тис. т/рік; кількість накопичених відходів, тис. т/рік.

Вилучення земель: загальна кількість, зокрема сільськогосподарського призначення, км²; під промислові споруди (промислові майданчики, хвостосховища, пруди-відстійники тощо), км²; під розміщення відходів і некондиційних корисних копалин (складування вмісних і розкривних порід, некондиційних руд тощо), км².

Порушення гідрогеологічного режиму: площа депресійних воронок, км²; амплітуда воронок, м; площа підтоплених територій, км².

Забруднення ґрунтів, вод, повітря: площі земель, на яких перевищені ГДК по групах забруднювачів, км²; кількість скидів промислових (шахтних, пластових тощо) вод у водне середовище, м³; мінералізація вод, г/л; кількість викидів забруднювальних речовин у повітря та їх склад.

Наведено дуже приблизний перелік екологічних показників, пов'язаний з діяльністю підприємств МСК, які треба вивести на рівень державної статистики. Цей перелік потребує ретельного опрацювання для реального відображення впливу підприємства на довкілля, екологічних ризиків, що виникають на території його впливу, та економічних збитків. Останнє стосується не лише прямих збитків, а й тих, що виникають внаслідок неотримання прибутків від використання території для іншої діяльності (наприклад, сільськогосподарської чи туризму).

Висновки

З аналізу численних джерел інформації та наведених у даній роботі міркувань щодо організації моніторингу геологічного середовища і мінеральних ресурсів України в сучасних умовах можна зробити висновки, головні з яких зводяться до наступного:

- Моніторинг геологічного середовища і мінеральних ресурсів є дуже важливим елементом, що забезпечує функціонування всієї системи державного управління у сфері охорони довкілля, використання природних ресурсів і екологічної безпеки в Україні, розвиток якої тривалий історичний період визначався видобутком і експортом продуктів переробки мінеральної сировини. Це обумовило критичний, часто наближений до катастрофічного, стан геологічного середовища в її основних гірничодобувних районах. Особливо ситуація загострилася на Донбасі, де у зв'язку з веденням бойових дій, неконтрольованим закриттям шахт і припиненням відкачки шахтних вод швидкими темпами почала розвиватися екологічна катастрофа.

- Умови критичного стану довкілля і великого ризику виникнення надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф в багатьох районах країни вимагають максимального використання всіх можливих джерел фінансування і коштів, накопичених в різних екологічних фондах. Програми екологічної реабілітації повинні спиратися на постійно діючу в режимі реального часу прогнозу модель геологічного середовища на основі географічної інформаційної системи з налагодженими мережами моніторингу різних його складових (гідрогеологічного, інженерно-геологічного, сейсмічного, забруднення ґрунтів і поверхневих водойм та інших). При створенні й функціонуванні таких моделей у районах з кризовим і катастрофічним станом довкілля фінансові ресурси будуть розподілятися більш раціонально на попередження і вирішення конкретних екологічних проблем, які можуть виникати у випадку реалізації розрахованих у такій моделі найбільших екологічних ризиків.

- Одним із важливих завдань моніторингу мінерально-сировинної бази в сучасних умовах є розробка механізмів залучення інвестицій у геологічну галузь. Інформація про діючі і потенційні об'єкти надрокористування має бути доповнена показниками економічного і екологічного характеру, виведеними на рівень державної статистики, і (по можливості) бути максимально відкритою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Довгий С.О. Реструктуризація мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення. / Довгий С.О., Шестопалов В.М., Коржнев М.М. та ін. – К.: Наукова думка, 2007. – 347 с.
2. Кашук Д. (11.06.2018) Що не так в законі про оцінку впливу на довкілля / Кашук Д. / <https://www.epravda.com.ua/columns/2018/06/11/637661/>
3. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр. // Офіційний вісник України – 1997. – № 19. – С. 104, код акту 700/1997.
4. Коржнев М.М. Концептуальні підходи до удосконалення системи екологічної безпеки в Україні. / Коржнев М.М., Міщенко В.С., Мовчан Я.І. та ін. – К.: РВПС України. – 2000. – 52 с.

5. Коржнев М.М. Природно-ресурсні основи розвитку суспільства. Підручник. / Коржнев М.М. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». – 2004. – 173 с.
6. Міщенко В.С. Екоресурсні платежі в Україні / Міщенко В.С. // Економіка України, №10, 1998. – С. 40–46.
7. Наказ Державної служби геології та надр України від 15.02.2012 №44 «Про затвердження Методичних рекомендацій з проведення моніторингу та наукового супроводження надрокористування» / <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0044771-12/sp:max15>
8. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. – К.: ВАІТЕ, 2017. – 88 с.
9. Постанова Кабінету Міністрів України від 28.01.2015 №42 «Деякі питання дерегуляції господарської діяльності» / <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/42-2015-%D0%BF#n64>
10. Рудько Г.І. Наукове супроводження геологічних об'єктів з метою оптимізації використання ресурсів надр (моніторинг надрокористування) / Рудько Г.І., Гошовський С.В., Голуб П.С. та ін. – Київ – Чернівці, 2015. – 592 с.
11. Трофимов В.Т. Экологическая геология. Учебник. / Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. – 415 с.

Стаття надійшла до редакції 22.10.2018

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Dovgyj, S. O., Shestopalov, V. M., & Korzhnev, M. M. (2007). *Restructuring of Ukraine's mineral-raw materials base and its information support*. Kyiv: Naukova dumka (in Ukrainian).
2. Kashhuk, D. (2018, June 11). Shho ne tak v zakoni pro ocinku vplyvu na dovkillja. Retrieved from <https://www.epravda.com.ua/columns/2018/06/11/637661/> (in Ukrainian).
3. Korzhnev, M. M., Mishchenko, V. S., & Movchan, J. I. (2000). *Conceptual approaches to improving the environmental safety system in Ukraine*. Kyiv: RVPS Ukrai'ny (in Ukrainian).
4. Cabinet of Ministers of Ukraine. (1997). *Klasyfikacija zapasiv i resursiv korysnyh kopalyn derzhavnogo fondu nadr* (p. 104). Kyiv: Oficijnyj visnyk Ukrai'ny (in Ukrainian).
5. Korzhnev, M. M. (2004). *Natural resource basis of the development of society*. Kyiv: Publishing and Printing Center "Kyiv University" (in Ukrainian).
6. Mishchenko, V. S. (1998). Eco-resource payments in Ukraine. *Ekonomika Ukrai'ny*, (10), 40-46 (in Ukrainian).
7. Ukraine, Derzhavna sluzhba geologii' ta nadr. (2012, February 15). Order «Pro Zatverdzhennja Metodichnyh Rekomendacij Z Provedennja Monitoryngu Ta Naukovogo Suprovodzhennja Nadrokorystuvannja». Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0044771-12/sp:max15> (in Ukrainian).
8. *Ocinka ekologichnoi' shkody ta priorytety vidnovlennja dovkillja na shodi Ukrai'ny*. (2017). Kyiv: BAITE (in Ukrainian).
9. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2015, January 28). Resolution "Dejaki pytannja deregulacii' gospodars'koi' dijal'nosti". Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/42-2015-n#n64> (in Ukrainian).
10. Rud'ko, G. I., Goshovskij, S. V., & Golub, P. S. (2015). *Naukove suprovodzhennja geologichnyh ob'ektiv z metoju optyimizacii' vykorystannja resursiv nadr (monitoryng nadrokorystuvannja)*. Kyiv – Chernivtsi (in Ukrainian).
11. Trofimov, V. T., & Ziling, D. G. (2002). *Ecological geology*. Moscow: ЗАО «Geoinformmark» (in Russian).

Text of the article was accepted by Editorial Team 22.10.2018

Трофимчук Олександр Миколайович

член-кореспондент Національної академії наук України, доктор технічних наук, професор, директор Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

e-mail: itelua@kv.ukrtel.net

ORCID ID 0000-0003-3782-4209

Коржнев Михайло Миколайович

доктор геолого-мінералогічних наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

e-mail: itelua@kv.ukrtel.net

Яковлев Євген Олександрович

доктор технічних наук, головний науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

e-mail: itelua@kv.ukrtel.net

Курило Марія Михайлівна

кандидат геологічних наук, доцент, доцент ННІ «Інститут геології» Київського національного університету ім. Тараса Шевченка

Адреса робоча: 03022 Україна, м. Київ, вул. Васильківська, 90

Кошарна Софія Костянтинівна

аспірант ННІ «Інститут геології» Київського національного університету ім. Тараса Шевченка

Адреса робоча: 03022 Україна, м. Київ, вул. Васильківська, 90

УДК 681.317.39

Volodymyr D. Pohrebennyk, Full professor, D. S., Professor at the Department of Ecological Safety and Nature Protection Activity of V. Chornovil Institute for Sustainable Development

ORCID ID 0000-0002-1491-2356 *e-mail*: vpohreb@gmail.com

Khrystyna R. Hamkalo, student

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

THE STATE OF DRINKING WATER QUALITY ON THE EXAMPLE OF SLUPSK CITY (POLAND) AND ZHYDACHIV DISTRICT (UKRAINE)

Abstract. *The problem of drinking water quality is extremely relevant. According to the World Health Organization (WHO) every year about 25% of the world's population is at risk consumption of low-quality drinking water, and more than 80% of all human diseases are directly related to the use of low-quality water. The aim of the work is to compare the quality of drinking water on the example of the city of Slupsk (Poland) and Zhydachiv district of the Lviv region (Ukraine). The following methods of water quality research are used in this work: visual, nephelometric, potentiometric, conductometric, titration, spectrophotometric and membrane filtration.*

A comparison of drinking water quality in Slupsk (Poland) and Zhydachiv district (Lviv region, Ukraine) has been performed. The requirements for drinking water quality in Poland and Ukraine are the same.

In Slupsk (Poland), residents consume water of centralized water supply, which is taken from the horizons with a depth of 50-180 m. Then water enters in the water treatment station, where it is cleaned by aeration and filtration. No chemicals, reagents and disinfectants are added to the water. The block diagram of the technological process at the water preparation station in Slupsk, the scheme of processes for reducing the concentration of iron and manganese, and the results of experimental research on drinking water are presented. Water in Slupsk meets almost all the requirements for the quality of drinking water, except for the compounds of iron and manganese. Therefore, during the purification of water, the removal of these compounds occurs, after which the drinking water meets all the requirements set. Water quality monitoring in Slupsk is carried out continuously at the different stages of production and distribution. It is carried out by two independent laboratories. There are the accredited laboratory of "Water Supply Slupsk" and the laboratory of the regional sanitary and epidemiological station in Slupsk.

Residents of Zhydachiv district use water for both centralized and decentralized water supply. There is a crisis situation with drinking water supply in this area. It has been found that all water samples do not meet the requirements for bacterial parameters and have high iron content. In some samples there is a steady increase in permanganate oxidation and ammonia nitrogen, as well as an excess of chloride, fluorine, dry residue and nitrates. Indicators of pH of water samples taken from wells of different depths and from the crane meet the established norms. Water from the wells has almost by 2 times higher level of specific electrical conductivity water from the tap. The purification of drinking water, which is carried out at the disinfection stations at water intakes of City Municipal Enterprise "Zhydachivvodokanal" and Open Joint Stock Company "Kokhavynska Paper Factory", is insufficient.

Keywords: *drinking water quality; technological processes at the water preparation station; water purification; experimental research*

В.Д. Погребенник, Х.Р. Гамкало

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

СТАН ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НА ПРИКЛАДІ М. СЛУПСЬК (ПОЛЬЩА) ТА ЖИДАЧІВСЬКОГО РАЙОНУ (УКРАЇНА)

***Анотація.** Виконано порівняння якості питної води у м. Слупськ (Польща) та Жидачівському районі (Львівщина, Україна). Подано блок-схему технологічного процесу на станції підготовки води в Слупську, схеми процесів зменшення концентрації заліза та марганцю, результати експериментальних досліджень питної води.*

***Ключові слова:** якість питної води; технологічні процеси на станції підготовки води; очищення води; експериментальні дослідження*

Вступ

Проблема якості питної води була і продовжує залишатись надзвичайно актуальною [1]. У результаті глобального техногенного впливу на природу, вода, як її вагома життєдайна складова, зазнає значних змін, що негативно впливають на діяльність та здоров'я людей [2]. Це призводить до виникнення різноманітних захворювань, які можуть мати летальні наслідки [1]. За даними Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я (ВООЗ), щороку у світі близько 25% населення піддається ризику споживання неякісної питної води, а більше як 80% усіх захворювань людини безпосередньо пов'язано із вживанням неякісної води, до складу якої входять речовини, що можуть викликати мутагенні та канцерогенні ефекти. Тому надзвичайно важливо здійснювати контроль за якістю питної води.

В основу водного законодавства європейських країн – членів ЄС покладено “Директиву про питну воду” ЄС 80/778/ЄС. У Директиві нормують 66 показників якості питної води. Однак у 1998 р. Радою ЄС замість неї прийнято нову Директиву 98/83/ЄС “Про якість питної води, призначеної для споживання людиною”. У цих нормативних документах у питній воді нормують такі групи показників: загальні фізико-хімічні; органолептичні; мікробіологічні і паразитологічні; радіологічні; гранично допустимі концентрації вмісту основних неорганічних та органічних речовин у питній воді.

Перш ніж потрапити у мережу водогонів, вода повинна пройти очищення, щоб відповідати вимогам до якості питної води, встановленим Розпорядженням Міністра охорони здоров'я Польщі від 29 березня 2007 р. “Про якість води, призначеної для споживання людиною” [2].

В Україні склад і властивості питної води повинні відповідати вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” [1].

Метою роботи є порівняння стану якості питної води на прикладі міста Слупськ (Польща) і Жидачівського району Львівської області (Україна).

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Неякісна вода, забруднена системами водопостачання, і відсутність належної гігієни є основними причинами захворювань як в країнах, що розвиваються, так і розвинених країнах. Встановлено, що можна було б зменшити спалахи інфекцій до 10% тільки поліпшенням якості води та гігієни. Традиційні методи, засновані на моніторингу якості води з джерел, не є достатніми для забезпечення якісної питної води. Інформація про поганий стан води приходить занадто пізно і не може запобігти використанню води у разі її забруднення, а також є не достатньою для ідентифікації джерела забруднення. ВООЗ рекомендує розроблення і реалізацію плану забезпечення безпеки води в системах колективного водопостачання.

В Україні майже 40 відсотків водогонів застаріли або й взагалі в аварійному стані. Нині міське водопостачання забезпечується в Україні за рахунок підземних вод лише на 25%. Для більшості країн Європи використання підземних вод досягає 90%, що забезпечує задоволення потреб населення високоякісною питною водою.

Питанням якості питної води присвячено публікації [3–6]. Значного прогресу у поліпшенні якості води досягли країни ЄС. Тому Україні варто перейняти їх досвід. Вельми актуальним є порівняння стану якості води в Україні та у найближчого сусіда – Польщі.

Методи досліджень

У роботі використано такі методи дослідження якості води: візуальний, нефелометричний, потенціометричний, кондуктометричний, титрування, спектрофотометричний та мембранної фільтрації.

Виклад основних результатів

Повіт Слупський розташовано безпосередньо на головному резервуарі підземних вод (№ 17 “Битув”) і на двох місцевих водоймах підземних вод (“Викопна долина Маховино” і “Слупськ”). Джерелом питного водопостачання у Слупську є два незалежні водозабори: “Вестерплатте” та “Глобіно”. Ці води відбирають з четвертинних відкладень водоносного горизонту з глибиною від 50 до 180 м нижче рівня землі [7].

Характерною особливістю ґрунтових вод у Слупську є підвищений вміст заліза, марганцю. Ці елементи видаляють очисні споруди за рахунок аерації та фільтрації [1]. У Польщі для питної води нижня межа твердості питної води становить 60 мг/л для карбонату кальцію і 30 мг/л – для магнію. Вода, яка постачається жителям м. Слупськ, має середню жорсткість (середнє значення твердості становить 208 мг/л CaCO_3 – за допустимого значення – 500 мг/л CaCO_3). Питна вода, яка поставляється через “Водоканал Слупськ”, містить близько 70,2 мг/л кальцію і 6,4 мг/л магнію, що є задовільним.

Характерні для підземних вод надлишки домішок заліза і марганцю, а також CO_2 і H_2S викликали необхідність будівництва станції очищення води в Слупську, в якій використовують безреагентну технологію, засновану на природних процесах. Вода, яка постачається через станцію очищення, є хімічно і мікробіологічно стабільною, що задовольняє всім сучасним вимогам

і рекомендаціям – як вітчизняним, так і Європейського Союзу. Додатковою перевагою води є той факт, що добрий стан водопровідної мережі дає змогу уникнути хлорування води [8]. Блок-схему технологічного процесу на станції підготовки води в м. Слупськ показано на рис. 1.

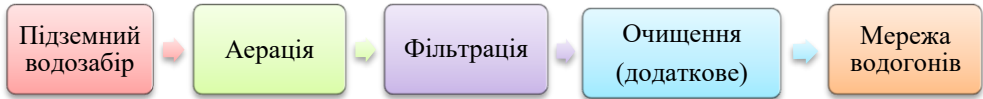


Рис. 1 – Блок-схема технологічного процесу на станції підготовки води в м. Слупськ

Процес видалення з води сполук заліза засновано на окисненні всіх розчинних форм двовалентного Fe (II) до нерозчинного у воді тривалентного Fe (III), а потім видаленні з води отриманих сполук Fe (III). Видалення марганцю протікає аналогічно, за винятком того, що сполука двовалентного Mn (II) окиснюється з утворенням чотиривалентного Mn (IV). Сполуки заліза і марганцю, які випали в осад, потім видаляють з води за допомогою фільтрації. Вода надходить до станції системою трубопроводів з двох водозаборів, змішується та потрапляє в зал аераторів, де піддається процесу аерації. Аерація води здійснюється через чотири каскадні аератори, завданням яких є насичення киснем сирій води і видалення газів, розчинених у воді, тобто сірководню і вуглекислого газу. Вода подається у верхню частину аератора, а потім стікає вниз решітками в нижню частину аератора (рис. 2).

Після того як вода, збагачена повітрям, надходить в реакційну камеру, функція якої полягає в подовженні контакту води з повітрям, відбувається часткове осадження розчинених твердих речовин (переважно заліза), звідки далі завдяки силі тяжіння вода надходить у фільтрувальні камери (рис. 3).

Необхідну кількість кисню на окиснювання сполук заліза Fe, марганцю Mn і амонійного іона NH₄ розраховано за формулою:

$$Z = Fe * A + Mn * B + NH_4 * C \quad [мг \text{ O}_2/л], \quad (1)$$

де: *A* – кількість кисню на окислювання сполук заліза Fe; 0,14 мг O₂/1 мг Fe/л; *B* – кількість кисню на окислювання марганцю Mn; 0,29 мг O₂/1 мг Mn/л; *C* – кількість кисню на окислювання амонійного іона NH₄; 4,57 мг O₂/1 мг NH₄/л; *Fe*, *Mn*, *NH₄* – вміст цих параметрів у сирій змішаній воді [мг/л].

За формулою (1), а також на підставі результатів досліджень розраховано середню потребу кисню у воді, яка склала 0,37 мг O₂/л. Відповідно до технологічних вказівок, вміст кисню у воді після фільтрації має бути не менше ніж 2,5–3 мг O₂/л.

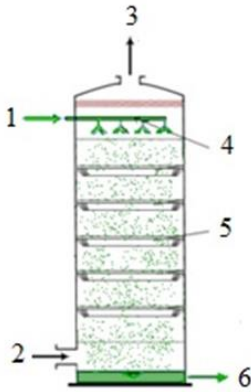


Рис. 2 – Процес аерації: 1 – подача води; 2 – подача повітря; 3 – видалення з води діоксиду вуглецю і сірководню; 4 – розпилення води; 5 – решітка; 6 – відведення води, збагаченої повітрям, у реакційну камеру

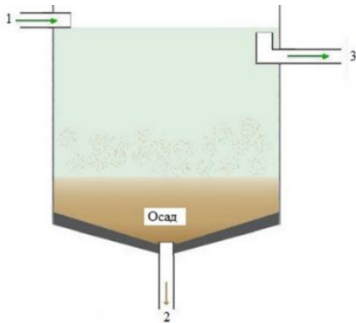


Рис. 3 – Реакційна камера: 1 – подача води, збагаченої повітрям, у реакційну камеру; 2 – вихід осаду; 3 – вивід води, збагаченої повітрям, у фільтрувальні камери
Вміст кисню у воді, після її збагачення, в середньому становить 12,6 мг O_2 /л. Вода досягла рівня максимального насичення киснем за температури 10°C (> 80%, умову виконано).

Середній вміст кисню в очищеній воді становить близько 10 мг O_2 /л, отже, умову виконано [8]. Процес збагачення води киснем зображено на рис. 4.

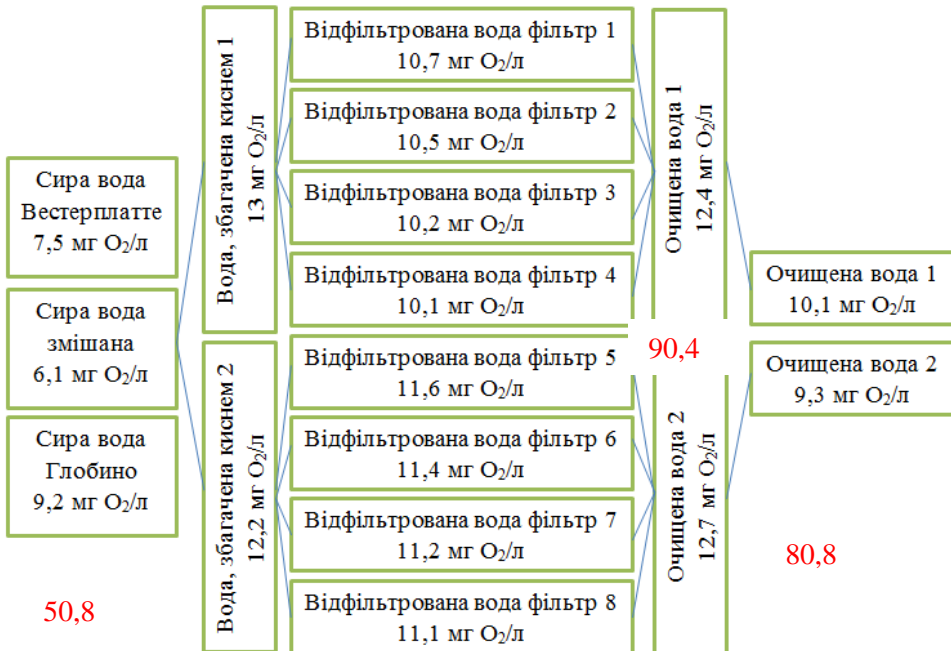


Рис. 4 – Схема процесу збагачення води киснем

Фільтрувальні камери – це відкриті резервуари, заповнені фільтрувальним шаром, який містить кварцовий пісок розміром із зерно. Сполуки заліза і марганцю, які осідають з води, утримують у фільтрувальному шарі. Воду, що проходить через кварцовий пісок, збирають у зливному фільтрі, а потім направляють в резервуари очищеної води, звідки за допомогою насоса вона надходить до водопровідної мережі (рис. 5) [2].

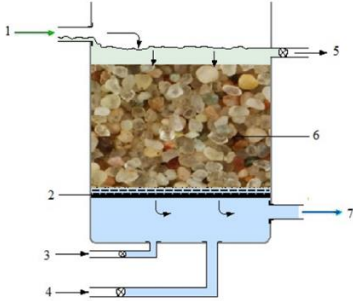


Рис. 5 – Фільтрувальна камера:
1 – подача води, збагаченої повітрям;
2 – фільтрувальний шар; 3 – патрубок для промивання фільтрувального шару повітрям; 4 – патрубок для промивання фільтрувального шару водою; 5 – вивід забруднювачів після регенерації фільтрувального шару; 6 – кварцовий пісок; 7 – відведення очищеної води

Процес фільтрації полягає у зменшенні концентрації заліза Fe (рис. 6) та марганцю Mn (рис. 7). Нормативна концентрація заліза Fe становить 0,002 мг Fe/л, марганцю Mn – 0,05 мг Mn/л [8]. Результати моніторингу якості води, який виконують безперервно на різних етапах виробництва і розподілу дві незалежні лабораторії – акредитована лабораторія фірми “Водоканал Слупськ” і лабораторія районної санітарно-епідеміологічної станції у Слупську, показують, що вода, доступна для жителів міста, є не тільки смачною, але й корисною [9].

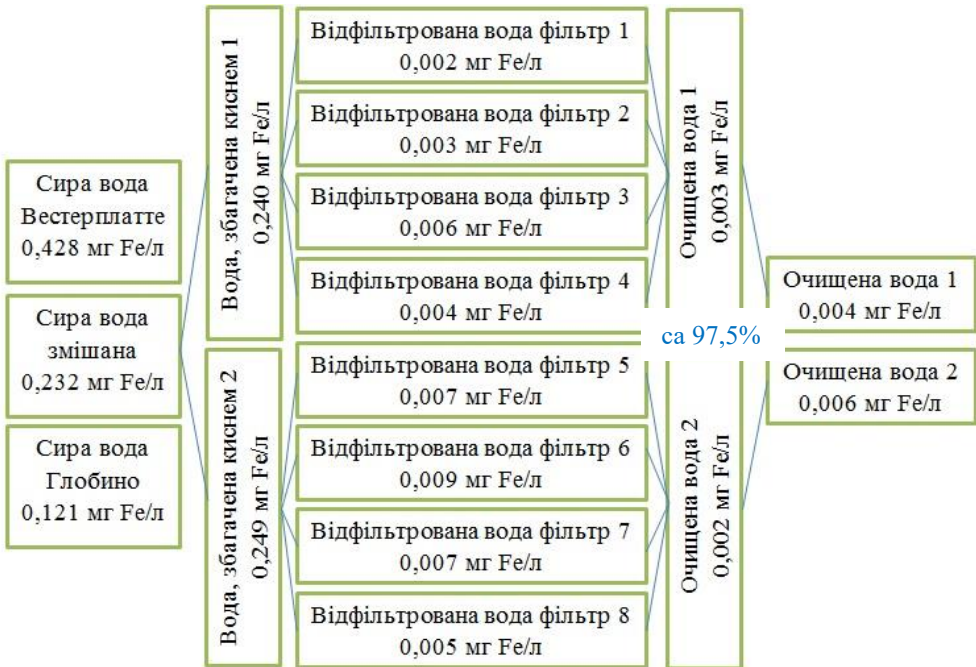


Рис. 6 – Схема процесу зменшення концентрації заліза Fe

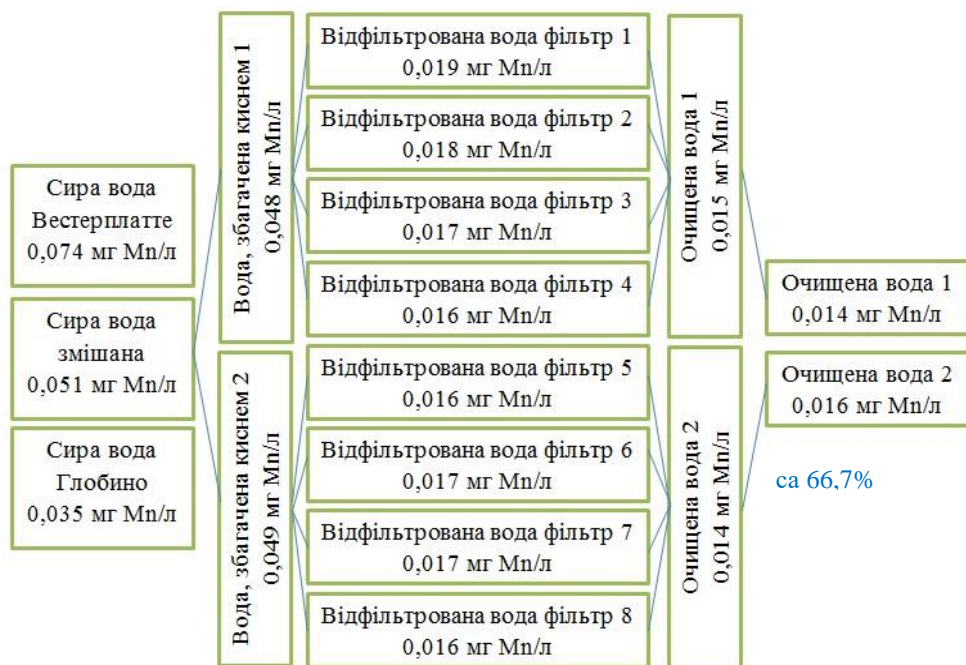


Рис. 7 – Схема процесу зменшення концентрації марганцю Mn

Результати досліджень якості питної води в Слупську подано у таблиці.

Таблиця – Результати досліджень показників питної води в Слупську

Показники	Середнє значення	Вимоги
Запах	прийнятний	прийнятний і без аномальних змін
Колір, мг/л Pt	прийнятний	прийнятний і без аномальних змін
Каламутність, NTU	0,4	≤ 1
pH	7,8	6,5–9,5
Фториди, мг/л	< 0,1	≤ 1,5
Питома електропровідність, мксм/см	448	≤ 2500
Нітриди, мг/л	< 0,005	≤ 0,5
Нітрати, мг/л	10,6	≤ 50,0
Йони амонію, мг/л	< 0,1	≤ 0,50
Загальна твердість, мг/л	208	60–500
Залізо, мг/л	< 0,03	≤ 0,2
Хлориди, мг/л	16,0	≤ 250
Перманганатна окислюваність, мг/л	< 0,5	≤ 5,0
Марганець, мг/л	0,02	≤ 0,05
Сульфати, мг/л	47	≤ 250
Бактерії групи кишкової палички, к-сть/100 мл	0	0
Ентерококи, к-сть/100 мл	0	0
Загальне число бактерій за температури 22 °C після 72 год., к-сть/1 мл	10	немає аномальних змін

У Жидачівському районі Львівської області джерелом питного водопостачання є підземні води. Водозабір прісних підземних вод Жидачівського району має 4 свердловини загальною потужністю 3,5 тис. м³ на добу. У результаті повені 23–27.07.2008 р. одна свердловина вийшла повністю із ладу і вже не підлягає відновленню. Три свердловини, які підпорядковані КП “Журавножитлосервіс”, знаходяться у задовільному стані.

На території району розміщено 14 водозаборів централізованого водопостачання населення, із них 5 комунальних, 6 відомчих та 3 сільських [10]. Якість питної води, що використовується населенням району, нині погіршилася. Питома вага незадовільних проб питної води на вміст хімічних речовин та відсоток невідповідності проб води на бактеріологічні показники в окремих адміністративних одиницях району (населених пунктах) є незадовільними. Більша частина задіяних водопроводів не відповідає санітарним нормам. У водозабір в с. Жирова виявлено високий вміст заліза [10]. У м. Жидачів вода у свердловинах за якісними характеристиками потребує доочищення з огляду на високий вміст заліза – у межах 15–19 мг/дм³.

У деяких пробах виявлено зростання значень перманганатної окислюваності та азоту амонійного, які характеризують органічне забруднення, перевищення за вмістом хлоридів, фтору, заліза, сухого залишку та нітратів. Загальна твердість води – більше 8 мг-екв/л, що перевищує допустимі норми [11]. Перманганатна окислюваність знаходиться в межах 5–7 мг О₂/л за норми 5 мг О₂/л, а азот амонійний (NH⁴⁺) – 1,5–2 мг/л, норма – 2 мг/л. За даними ДП “Західукргеологія” та санепідемстанції питна вода, яку подають із свердловин, що обслуговує КП “Журавножитлосервіс”, є в доброму стані. У водопровідній воді з Дев’ятниківської ЗОШ I-III ступеня і Дев’ятниківського водозабору виявлено бактерії групи кишкової палички – 23, за норми – 3, що може призводити до спалахів гострих кишкових захворювань. У м. Жидачів, м. Ходорів, смт. Гніздичів з джерел централізованого водопостачання воду подають з перевищенням за вмістом хлоридів, фтору, заліза, сухого залишку. Рівень нітратів у питній воді значно перевищує нормативний показник у населених пунктах Ходорів, Гніздичів, Кам’яне, Підністрияни, Садки, Дев’ятники, Іванівці, Заріччі та ряду інших [5].

За даними ДСанПіН 2.2.4-171-10 водневий показник (рН) повинен бути в межах 6,5–8,5 [11]. Результати досліджень води, взятої з криниць різної глибини та з крану, показали, що показники усіх проб знаходяться в межах норми. Рівень рН у воді становить 6,9–7,5 (рис. 8).

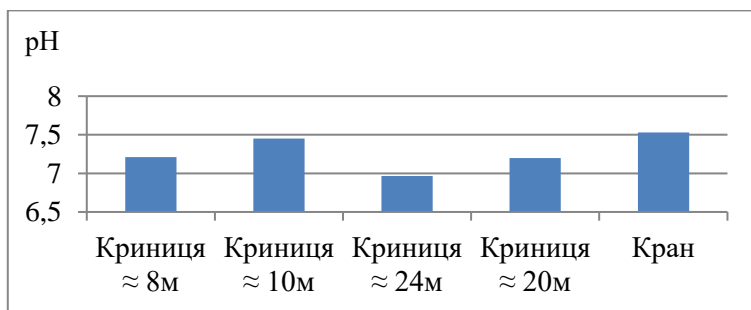


Рис. 8 – Значення рН у пробах води з криниць та крану

Найменший показник рН у пробі води, взятої з криниці глибиною 24 м – 6,9, а найбільший у криниці глибиною 10 м – 7,4, у воді з крану рН становить 7,5. Для вимірювання рН використано рН-метр “рН-301”.

Питома електропровідність води залежить від ступеня її мінералізації, з підвищенням мінералізації вона збільшується. Мінеральну частину води становлять йони Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- [12].

Результати вимірювань питомої електропровідності за приладу DIST-3 зображено на рис. 9.

На діаграмах (рис. 10–13) зображено порівняння середніх показників якості води у м. Слупськ і Жидачівському р-ні відповідно.

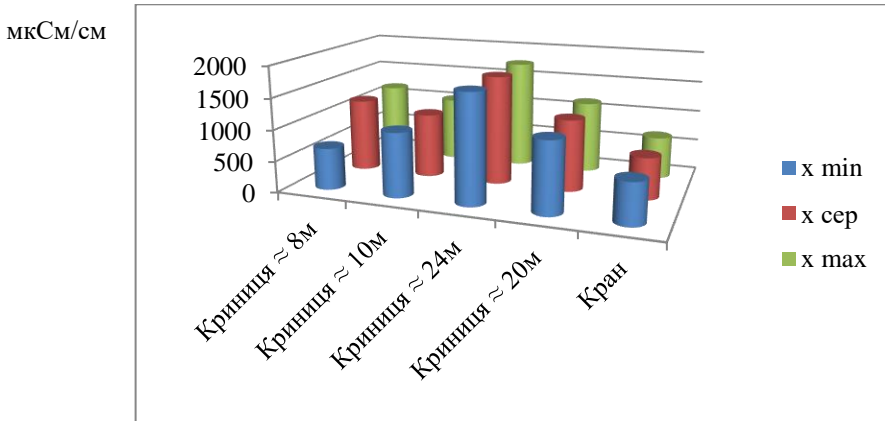


Рис. 9 – Значення питомої електропровідності питної води



Рис. 10 – Значення загальної твердості, мг/л



Рис. 11 – Вміст заліза, мг/л

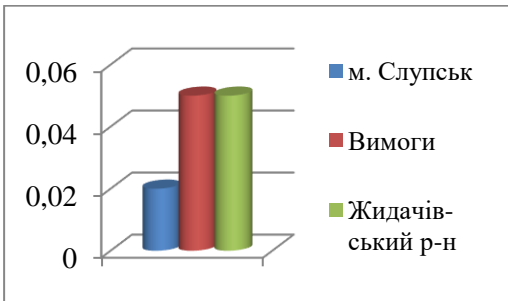


Рис. 12 – Вміст марганцю, мг/л

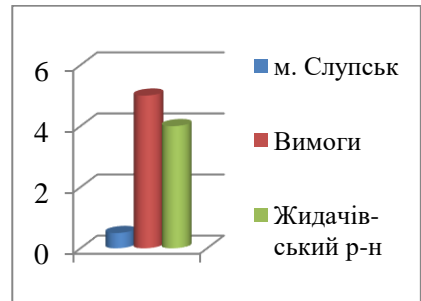


Рис. 13 – Значення перманганатної окиснюваності, мг/л

Вимоги до якості питної води у Польщі і Україні однакові. Відрізняються лише вимоги до рН: у Польщі – 6,5–9,5, в Україні – 6,5–8,5. Нормам не відповідають лише два показники у воді Жидачівського р-ну: вміст заліза у воді перевищує встановлені норми у 4 рази (вимоги – 0,2 мг/л, фактичний вміст – 0,85 мг/л) і показник загальної твердості на 393,6 мг/л (вимоги – 60–500 мг/л, фактичний вміст – 893,6 мг/л). У м. Слупськ усі показники води відповідають встановленим вимогам.

Висновки

1. У м. Слупськ (Польща) жителі споживають воду централізованого водопостачання, яку відбирають з горизонтів глибиною 50–180 м. Потім вода надходить на станцію підготовки води, де відбувається її очищення за допомогою аерації і фільтрації. До води не додають жодних хімічних речовин, реактивів та дезінфікувальних засобів. Вода у м. Слупськ відповідає майже всім вимогам до якості питної води, за винятком сполук заліза і марганцю. Тому під час очищення води відбувається видалення цих сполук, після чого питна вода повністю відповідає усім встановленим вимогам. Моніторинг якості води у Слупську виконують безперервно на різних етапах виробництва і розподілу. Його здійснюють дві незалежні лабораторії – акредитована лабораторія фірми “Водоканал Слупськ” і лабораторія районної санітарно-епідеміологічної станції Слупська.

2. Жителі Жидачівського р-ну споживають воду як централізованого, так і децентралізованого водопостачання. У районі склалася кризова ситуація з питним водопостачанням. Виявлено, що усі проби води не відповідають вимогам за бактеріальними показниками, а також мають високий вміст заліза. У деяких пробах спостерігається стійке зростання перманганатної окиснюваності і азоту амонійного, а також перевищення вмісту хлоридів, фтору, сухого залишку та нітратів. Показники рН проб води, взятих з криниць різної глибини та з крану, відповідають встановленим нормам. Вода з криниць має майже у 2 рази більшу питому електропровідність, ніж вода з крану. Очищення питної води, яке проводиться на станціях знезараження на водозаборах МКП “Жидачівводоканал” та ВАТ “Кохавинська ПФ”, є недостатнім.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гамкало Х.Р. Стан якості питної води у Польщі та Україні на прикладі м. Слупськ і Жидачівського району / Х.Р. Гамкало, В.Д. Погребенник // Матеріали Міжн. наук.-практ. конф. “Прикладні науково-технічні дослідження” (5-7 квітня 2017 р., Україна, Івано-Франківськ). – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2017. – С. 9.
2. Гамкало Х. Р. Методи очищення питної води в м. Слупськ (Польща) / Х.Р. Гамкало, В.Д. Погребенник // Збірник наукових праць “VI-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю” (20-22 вересня 2017 р., Україна, Вінниця. – 2017. – С. 54.
3. ISO 7888:1985 Water quality – Determination of electrical conductivity. Edition: 1, Stage: 90.93, TC 147/SC 2. – 8 p.
4. Water Security: Monograph. – Mykolaiv: PMBSNU, Ukraine – Bristol: UWE, United Kingdom edited by Olena Mitryasova, Chad Staddon. –2016. – 308 p.
5. Батмангхелідж Ф. Вода для здоров'я. Пер. з англійської. – Мн. Попурі, 2006. – 544 с.

6. Філонова К.В. Проблема якості питної води в Україні / К.В. Філонова, С.В. Міськевич // Збірник наукових праць “І-й Всеукраїнський з’їзд екологів” (4–7 жовтня 2006, Україна, Вінниця) – С. 243.
7. Radzka E. System zarządzania jakością wody pitnej w Polsce / E. Radzka, J. Jankowska // Zeszyty naukowe Uniwersytetu przyrodniczo-humanistycznego w siedlcach, Seria: Administracja i Zarządzanie (34) 2015. – Siedlcy, 2015. (S.22)
8. <http://www.wodociagi.slupsk.pl/dla-klientow-2/plan-bezpieczenstwa-wody/teren-zlewni/>
9. <http://www.wodociagi.slupsk.pl/dla-klientow-2/jakosc-wody-w-slupsku/kwestia-tzw-kamienia/>
10. Коваль С. Програма “Питна вода” на території Жидачівського району до 2020 року / С. Коваль, Р. Баліцький. – Жидачів, 2010. – 68 с.
11. Державні санітарні норми та правила “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” (ДСанПіН 2.2.4-171-10), 2010.
12. Походило Є. Контроль якості води за електричними параметрами / Є. Походило, О. Гонсор // Метрологія та вимірювальна техніка, № 68, 2008. – С. 237–242.

Стаття надійшла до редакції 29.10.2018

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Xamkalo, K. R., & Pogrebennyk, V. D. (2017). The state of drinking water quality in Poland and Ukraine on the example of Slupsk city and Zhydachiv district. In *Intern. Scientific and Practical Conference “Applied scientific and technical research”* (p. 9). Ivano-Frankivs'k: Symfonia forte (in Ukrainian).
2. Xamkalo, K. R., & Pogrebennyk, V. D. (2017). Metody ochyshhennja pytnoi' vody v m. Slups'k (Pol'shha). In *Zbirnyk Naukovykh Prac' “VI-j Vseukrai'ns'kyj Z'i'zd Ekologiv Z Mizhnarodnoju Uchastju”* (p. 54). Vinnycja (in Ukrainian).
3. ISO 7888:1985 Water quality – Determination of electrical conductivity. Edition: 1, Stage: 90.93, TC 147/SC 2. – 8 p. (in English).
4. Mitryasova, O., & Staddon, C. (Eds.). (2016). *Water Security*. Mykolaiv: PMBSNU, Ukraine – Bristol: UWE, United Kingdom (in English).
5. Batmanghelidj, F. (2006). *Water For Health*. Sankt-Peterburg: Popurry (in English).
6. Filonova, K. V., & Mis'kevych, S. V. (2006). Problema jakosti pytnoi' vody v Ukrai'ni. In *Zbirnyk Naukovykh Prac' “I-j Vseukrai'ns'kyj z'i'zd ekologiv”* (p. 243). Vinnycja (in Ukrainian).
7. Radzka, E., & Jankowska, J. (2015). System zarządzania jakością wody pitnej w Polsce. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-humanistycznego W Siedlcach, Seria: administracja i zarzadzanie*, (34), (p. 22). Siedlcy (in Polish).
8. (n.d.). Retrieved from <http://www.wodociagi.slupsk.pl/dla-klientow-2/plan-bezpieczenstwa-wody/teren-zlewni/> (in Polish).
9. (n.d.). Kwestia tzw. kamienia. Retrieved from <http://www.wodociagi.slupsk.pl/dla-klientow-2/jakosc-wody-w-slupsku/kwestia-tzw-kamienia/> (in Polish).
10. Koval', S., & Balic'kyj, R. (2010). *Program “Drinking water” in the territory of Zhydachiv district until 2020*. Zhydachiv (in Ukrainian).
11. DСанPiН 2.2.4-171-10 “Gigijenichni vymogy do vody pytnoi', pryznachenoi' dlja spozhyvannja ljudynoju”. (2010). Kyiv: Oficijnyj visnyk Ukrai'ny (in Ukrainian).
12. Pohodylo, J. & Gonsor, O., (2008). Kontrol' jakosti vody za elektrychnymy parametramy. *Metrologija Ta Vymirjuval'na Tehnika*, (68), 237-242 (in Ukrainian).

Text of the article was accepted by Editorial Team 29.10.2018

Погребенник Володимир Дмитрович

професор, доктор технічних наук, професор кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності Інституту сталого розвитку ім. В. Чорновола Національного університету «Львівська політехніка»

Адреса робоча: 79057 Україна, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 130

Тел.: 098 578 2530 **e-mail:** *vpohreb@gmail.com*

ORCID ID 0000-0002-1491-2356

Гамкало Христина Романівна

студент 5-го курсу Інституту сталого розвитку ім. В. Чорновола Національного університету «Львівська політехніка»

Адреса робоча: 79057 Україна, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 130

Тел.: 097 321 4976; **e-mail:** *khrystynka128@gmail.com*

UDC 378+502

Mykola P. Rybak¹, Director of Carpathian biosphere reserve, Honored Environmental Guard of Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-3737-2433 *e-mail*: mykola.rakhiv@gmail.com

Vitalina V. Lukjanova², PhD, Associate professor Department of The Department of Ecology and Safety of Vital Functions
ORCID ID: 0000-0001-8964-3560 *e-mail*: vitalina_lk@i.ua

Yevheniia S. Anpilova³, PhD, Senior Research Scientist
ORCID ID: 0000-0002-4107-0617 *e-mail*: anpilova@ukr.net

Iryna D. Yonash¹, Deputy Chief of the department for recreation and sustainable development of the Carpathian Biosphere Reserve
ORCID ID: 0000-0002-8255-9590 *e-mail*: ira_cbr@ukr.net

¹ Carpathian biosphere reserve, Rakhiv, Ukraine

² National Transport University, Kyiv, Ukraine

³ Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU, Kyiv, Ukraine

THE ROLE OF ESTABLISHMENTS OF NATURE PROTECTED FUND IN ECOLOGICAL-EDUCATIONAL AND RECREATIONAL-TOURISTIC ASPECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ZAKARPATTIA REGION

***Abstract.** The best practices of Ukrainian Nature Protected Fund establishments (on the example of the Carpathian Biosphere Reserve) were studied in terms of ecological-educational and recreational-touristic activity development basing on sustainable development aspects. Here provided analysis of the reserve's visiting dynamics and the possibility of cooperation between the objects of Nature Protected Fund and higher education establishments. The positive influence of protected areas on practical training of future bachelors of specialty 101 "Ecology" was demonstrated.*

***Keywords:** environmental education for sustainable development; Nature Protected Fund; biosphere reserve; tourist and recreational potential*

Introduction

The establishments of nature protected fund act as concentration centers of ecotourism activity in Ukraine. Natural parks and biosphere reserves, as the basic protected areas, have the function of landscape diversity conservation in support of the concept for sustainable development.

The purpose of the Strategy for implementation of the Framework Convention on the Protection and Sustainable Development of the Carpathians [1] is to ensure the conservation and restoration of the unique natural complexes of the Carpathians which have a high nature-protection, aesthetic, scientific, educational, recreational and resource value; to prevent negative impact on mountain ecosystems and organization of coordinated, from environmental point of view, activity in the Carpathian region. Therefore, ecological education, as a basis for sustainable development, at all levels of social development of a person is able to save humanity

from the threat of destruction of the natural environment. This is possible through the formation of an ecological worldview and ecological culture instead of a consumer attitude to nature, which unfortunately prevails today.

Analysis of research and publications

The Carpathian Biosphere Reserve (CBR) is a strategically important area not only in terms of protecting biological and landscape diversity and climate conservation on the planet [2], but also as a territory for protection of valuable natural complexes, cultural heritage of the region and recreational resources [3, 4].

The Carpathian Biosphere Reserve was established in 1968 on the territory of Ivano-Frankivsk and Transcarpathian regions. Since 1993, the CBR is a part of the International Network of Biosphere Reserves MAB-UNESCO. At present the territory of the reserve, together with the transition zone, covers an area of 181 138.8 hectares [4]. On the territory of the reserve are protected 1349 species of higher vascular plants, 66 species of mammals, 193 species of birds and many other living organisms [3, 5].

Nowadays, the direction of ecological education in the context of sustainable development is very important in the world [6–8]. Therefore, in each department of the CBR information centers were established to introduce visitors to the region's biological values, its cultural and historical heritage, recreational and touristic potential. Also, the Museum of Mountains' Ecology operates in the town of Rakhiv. Information centers and museum are places for holding numerous ecological educational events (open lessons and lectures, master classes, round tables, seminars) for schoolchildren, youth and teachers of natural sciences. The purpose of these activities is to increase environmental education and environmental awareness of youth, to raise responsible attitude towards nature and cultural heritage, which is consistent with the principles of sustainable development. Visitors can get acquainted with the directions of sustainable tourism and recreational activity of the CBR, taste local dishes, and buy art products of folk-craft.

The purpose of our work is to achieve the objectives of the sustainable development of Carpathians on the example of cooperation between Nature Protection Fund establishments (the Carpathian Biosphere Reserve) and higher education establishments (National Transport University).

To achieve this goal, it is necessary to address a number of issues:

- To investigate the visitors' dynamics of the CBR in recent years;
- Consider the possibility of cooperation between the establishments of the NPF and higher education establishments;
- Demonstrate the positive impact of protected areas on the practical training of future bachelors of the specialty 101 "Ecology".

Material and main results and their analysis

For the development of eco-educational and recreational-touristic activities on the territories of the Nature Protection Fund of Ukraine, all legislative conditions have been created. But the current practice in this direction shows that the potential opportunities of the NPF establishments are not used sufficiently not only for internal, but also for international eco-touristic and educational activities. We should also note that the recreational development of nature territories leads to negative

pressure on the natural environment. Therefore, there is a need to develop eco-educational ways to regulate the movement directions of tourism, to improve and / or to create the appropriate infrastructure, optimal territorial management and approaching of nature reserves to the requirements of sustainable development for the tourism and recreational activity on these territories.

Every year people's interest in protected areas is increasing. The statistics of the visitors' dynamics in the Carpathian Biosphere Reserve, collected during the last five years is presented in Figure 1.

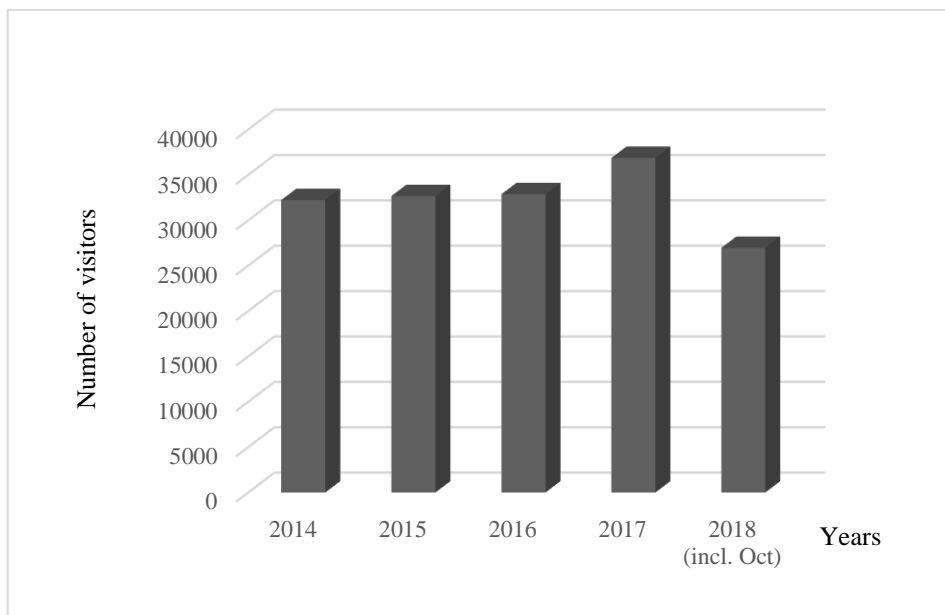


Fig. 1 – Dynamics of visitors in the Carpathian Biosphere Reserve during the period from 2014 to 2018

Here the positive dynamics of visitors of the reserve could be observed. This is due to the fact that today people want not only to have a rest during their vacation, but also to find out more about the places of protected areas of Ukraine, to get acquainted with the culture and customs of the Transcarpathian region, to see beautiful landscapes and feel in touch with the virgin nature. It is not a secret that significant part of Ukrainians who live in urban areas experience the isolation, a feeling of loneliness and constant psychological tension, which leads to stresses and health problems. Therefore, there is an urgent need to restore human health through communication with nature outside the urbanized areas of the metropolis.

Regarding the seasonal dynamics of the CBR's visitors (Fig. 2), we can say that the highest number of visitors come during the spring-summer period, due to the beginning of holidays and vacations. The visitors to the reserve mainly consist of tourist groups, schoolchildren and students. There is a category of visitors who use the reserve for short-term stay with a family or friends. In spring period the most popular place is the Valley of Narcissus, and in summer – the Petros-Goverlyanske field department of CBR (Table 1).

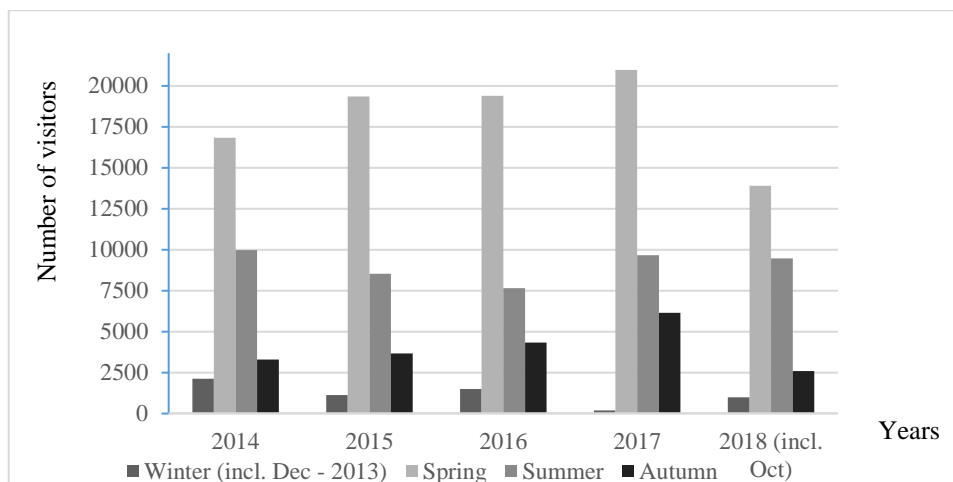


Fig. 2 – Seasonal dynamics of the Carpathian Biosphere Reserve’s visitors during the period from 2014 to 2018

The territory of the Carpathian Biosphere Reserve is located within the Rakhiv, Tyachiv, Khust and Vynohradiv districts of the Transcarpathian region and is divided into 11 scientific-research field departments – Kevelivske, Bogdan-Petroske, Chornohirske, Kisvyanske, Petros-Goverlyanske, Trybushanske, Rakhiv-Berlybaske, Maramoroske, Uholske, Shyrokoluzhanske and the Valley of Narcissus (Table 1).

Table 1 – Dynamics of the Carpathian Biosphere Reserve’s visitors by the Scientific Research Field Departments during the period from 2014 to 2018

№	Scientific Research Field Department	Area, ha	Number of visitors, people/years				
			2014	2015	2016	2017	2018 (including October)
Tyachiv district							
1	Shyrokoluzhanske	6533	90	84	0	20	5
2	Uholske	9441	413	757	689	288	100
Rakhiv district							
3	Bogdan-Petroske	3787	768	910	365	1130	2011
4	Kevelivske	10568	753	781	373	504	146
5	Chornohirske	9645	1403	1311	770	311	395
6	Maramoroske	4103	200	419	16	322	42
7	Trybushanske	7208	198	364	351	2074	2471
8	Kisvyanske	4630	97	39	121	92	104
9	Rakhiv-Berlybaske	3267	60	195	145	20	30
10	Petros-Goverlyanske	1297,8	5860	6227	7047	7550	4916
Khust district							
11	Valley of Narcissus	256	15465	17320	17951	19307	11413

One of the competences that needs to be developed in future bachelors, in accordance with the Standard of Higher Education of the specialty 101 Ecology, is the ability to solve complex specialized tasks and address practical issues in the field of ecology, environmental protection and sustainable use of nature, which involves

the application of basic theories and methods of environmental sciences. With this aim, the training of qualified ecologists requires the formation of environmental culture and environmental awareness among students through a combination of formal and informal ecological education. This should allow future specialists to be able to carry out and organize practical and educational activities of environmental orientation in their further professional activity and to develop ideas of ecological-economic, organizational, legal, informational and other opportunities and ways of solving ecological problems. One of the ways of addressing this task is to conduct practical training for students of higher educational establishments on the territory of the establishments of Nature Protection Fund of Ukraine.

This is possible basing on the fact that the ecological-educational activity of the establishments of Nature Protection Fund is conducted for spreading knowledge and raising awareness about the values of biological and landscape diversity, the formation of ecological consciousness and promotion of respect for the nature of their native land, the formation among population of modern ideas about the role of nature-protected areas.

In 2017 an agreement on cooperation between the National Transport University and the Carpathian Biosphere Reserve was signed. The first practical training for students of specialty 101 "Ecology" was held in summer 2018. A draft program of practical training that was implemented in 2018 is shown in Table 2.

Table 2 – National Transport University Students practical training program in the Carpathian Biosphere Reserve

Location	Activities
Location 1: Valley of Narcissus	1. Excursion to the ecological-educational center "Museum of Narcissus", and on the ecological path of the Valley of Narcissus. 2. Lectures on Zoology and Ecotourism.
	1. Getting acquainted with the project of a bicycle trail in the Valley of Narcissus. 2. Cleaning the valley from willow thickets.
	Visiting the city of Khust (8 km): Ruins of Khust castle; The Reformed Church-Fortress of the XIII century; Khust Museum of Local History; excursion around the city.
	1. Assistance with the household duties to the museum staff. 2. Speeches of the students regarding the impressions from visiting the Valley of Narcissus. Creative reflection: Making a poster-gratitude to the employees of the ecological and educational center "Museum of Narcissus".
Location 2: Beech primeval forests	1. Introduction to the Information and Tourist Center "Primeval Beech Forests – the UNESCO World Heritage Site". 2. Assistance with the household duties to the staff. 3. Teambuilding Master-class. 4. Lectures: Using GIS for forest reserve degradation predict and monitoring. Hiking to Menchul Mountain.
	1. Marking of ecological trails. 2. Excursion to Karst Bridge.
	1. Hike to the rock Chur and the cave Milk stone.
	1. Training reflection on the topic "Ecotourism". 2. Speeches of students about the impressions from visiting of the information and tourist center. Creative Reflection: Making a poster-gratitude to the employees of the Information and Tourist Center "Primeval Beech Forests – the UNESCO World Heritage Site".

Continuation table 2

Location	Activities
Location 3: Admini- stration of the CBR (city of Rakhiv)	1. Meeting with the Director of the CBR, Honored Environmental Guard Rybak M.P. 2. Meeting with Doctor of Biological Sciences Gamor F.D. and CBR scientists. 3. Getting acquainted with the local nature, excursion to the mineral water source. 4. Excursion to the Museum of Mountains' Ecology. 5. Ecological Quest-game.
	1. Hiking to Hoverla Mountain. 2. Activity on garbage collection on the way to Mountain Hoverla.
	1. A trip to the city of Rakhiv. 2. Hike to the mountains Lysa or Teryntyn (in the surrounding area of the Administration of the CBR).
	1. Excursion to the trout farm. 2. Visiting the geographical center of Europe. 3. Hiking on the ecological trails to the waterfall "Lykhyi" and Falcon Rock.

The practical training program correlates well with such university disciplines: Protected Areas Management and Studies, General Ecology (and Neo-Ecology), Biology, Soil Science, Landscape Ecology, Ecology of Plants and Animals, Methodologies of Scientific Knowledge. After studying the theoretical material during the academic year, students have the opportunity to participate in the nature conservation and touristic-recreational activities of the Reserve.

From our point of view, the main tasks of the eco-educational activities of the CBR are:

- studying the role of establishments of Nature Protection Fund in the protection of unique natural complexes; addressing scientific, ecological-economic and social problems of society;
- forming of consciously-careful attitude towards nature and its biological and landscape biodiversity;
- encouraging young people for self-education, search and analyze environmental information.

Therefore, during the practical training in the Carpathian Biosphere Reserve, students are actively engaged in studying ecological paths, excursions and quest-games, listening to lectures and discussions with leading specialists of the reserve, studying the natural features of Transcarpathian region. Also, a special element of educational work during the practical training is acquaintance with the Chronicles of Nature, the website of the reserve and scientific publications "Nature of the Carpathians: the annual scientific yearbook of the Carpathian Biosphere Reserve and the Institute of Ecology of the Carpathians of the National Academy of Sciences of Ukraine", "Zeleni Karpaty (Green Carpathians)", the newspaper "Visnyk of the Carpathian Biosphere Reserve", materials of scientific conferences [9].

Conclusions

One of the important components of the professional ecological outlook development for future bachelor students in the field of ecology is a practical training on the territories of nature-protected establishments of Ukraine. This allows students to realize the value of natural objects of Ukraine, prompting them to love their land and protect its nature.

REFERENCES

1. Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат – Режим доступу: zakon.rada.gov.ua/go/998_164.
2. Marc Hanewinkel, Dominik A. Cullmann, Mart-Jan Schelhaas, Gert-Jan Nabuurs & Niklaus E. Zimmermann Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land // *Nature Climate Change* – 2013 – vol. 3 – P. 203–207.
3. Гамор Ф.Д. Деякі історичні аспекти створення та розвитку Карпатського біосферного заповідника // Проблеми збереження гірських екосистем та сталого використання біологічних ресурсів Карпат. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 50-річчя організації Карпатського біосферного заповідника. Україна, м. Рахів, 22–25 жовтня 2018 року. – Івано-Франківськ: НАІР, 2018. – 568. – С. 107–118.
4. Рыбак М.П. Карпатський біосферний резерват – рушійна сила регіонального розвитку гірських територій // Проблеми збереження гірських екосистем та сталого використання біологічних ресурсів Карпат. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 50-річчя організації Карпатського біосферного заповідника. Україна, м. Рахів, 22–25 жовтня 2018 року. – Івано-Франківськ: НАІР, 2018. – 568. – С. 372–377.
5. Годованець Б.Й., Довганич Я.О., Ляшенко Є.К. та ін. Різноманіття тваринного світу Карпатського біосферного заповідника // Проблеми збереження гірських екосистем та сталого використання біологічних ресурсів Карпат. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 50-річчя організації Карпатського біосферного заповідника. Україна, м. Рахів, 22–25 жовтня 2018 року. – Івано-Франківськ: НАІР, 2018. – 568. – С. 126–133.
6. Malandrakis George, Papadopoulou Penelope, Gavrilakis Costas, Mogias Athanasios An education for sustainable development self-efficacy scale for primary pre-service teachers: construction and validation // *Environmental Education and Information*, 2018, Published online: 09 Nov 2018 – Режим доступу: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00958964.2018.1492366?scroll=top&needAccess=true>.
7. Gerard Effeney, Julie Davis Education for Sustainability: A Case Study of Pre-service Primary Teachers' Knowledge and Efficacy // *Australian Journal of Teacher Education* vol. 38, Is. 5, 2013 p. 32–46.
8. Крижановська О. Установи природно-заповідного фонду як осередки екологічної освіти та виховання // О. Крижановська, О. Петрович // *Рідна природа*. – №3. – 2003. – С. 14–17.
9. Видання та публікації Карпатського біосферного заповідника – Режим доступу: http://cbr.nature.org.ua/vydan_u.htm.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Verkhovna Rada of Ukraine. (2003, May 22). *Framework Convention on the Protection and Sustainable Development of the Carpathians*. Retrieved from zakon.rada.gov.ua/go/998_164 (in Ukrainian).
2. Hanewinkel, M., Cullmann, D. A., Schelhaas, M-J., Nabuurs, G., & Zimmermann, N. E. (2013). Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*, 3, 203-207 (in English).
3. Gamor, F. D. (2018). Dejaki istorychni aspekty stvorennja ta rozvytku Karpats'kogo biosfernogo zapovidnyka. In *Mizhn. Nauk.-prakt. Konf. z nagody 50-richchja organizacii' Karpats'kogo biosfernogo zapovidnyka "Problemy zberezhennja girs'kyh ekosystem ta stalogo vykorystannja biologichnyh resursiv Karpat"* (pp. 107-118). Ivano-Frankivs'k: NAIR (in Ukrainian).
4. Rybak, M. P. (2018). Karpats'kyj biosfernyj rezervat – rushijna syla regional'nogo rozvytku girs'kyh terytorij. In *Mizhn. Nauk.-prakt. Konf. z nagody 50-richchja organizacii' Karpats'kogo biosfernogo zapovidnyka "Problemy zberezhennja girs'kyh ekosystem ta stalogo vykorystannja biologichnyh resursiv Karpat"* (pp. 327-377). Ivano-Frankivs'k: NAIR (in Ukrainian).

5. Godovanec', B. J., Dovganych, Ja. O., & Ljashenko, Je. K. (2018). Riznomanittja tvarynnogo svitu Karpats'kogo biosfernogo zapovidnyka. In *Mizhn. Nauk.-prakt. Konf. z nagody 50-richchja organizacii' Karpats'kogo biosfernogo zapovidnyka "Problemy zberezhennja girs'kyh ekosystem ta stalogo vykorystannja biologichnyh resursiv Karpat"* (pp. 126-133). Ivano-Frankivsk: NAIR (in Ukrainian).
6. Malandrakis, G., Papadopoulou, P., Gavrilakis, C., & Mogias, A. (2018). An education for sustainable development self-efficacy scale for primary pre-service teachers: Construction and validation. *Environmental Education and Information*. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00958964.2018.1492366?scroll=top&needAccess=true> (in English).
7. Effeneay, G., & Davis, J. (2013). Education for Sustainability: A Case Study of Pre-service Primary Teachers' Knowledge and Efficacy. *Australian Journal of Teacher Education*, 38(5), 32-46 (in English).
8. Kryzhanovs'ka, O., & Petrovych, O. (2003). Ustanovy pryrodno-zapovidnogo fondu jak oseredky ekologichnoi' osvity ta vyhovannja. *Ridna Pryroda*, (3), 14-17 (in Ukrainian).
9. Publication of the Carpathian Biosphere Reserve. (n.d.). Retrieved from http://cbr.nature.org.ua/vydan_u.htm (in Ukrainian).

Text of the article was accepted by Editorial Team 06.11.2018

М.П. Рибак, В.В. Лук'янова, Є.С. Анпілова, І.Д. Йонаш
РОЛЬ УСТАНОВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ В ЕКООСВІТНІХ ТА РЕКРЕАЦІЙНО-ТУРИСТИЧНИХ АСПЕКТАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЗАКАРПАТТЯ

Анотація. Вивчено практичний досвід установ природно-заповідного фонду України (на прикладі Карпатського біосферного заповідника) у розвитку екопросвітницької та рекреаційно-туристичної діяльності в аспектах сталого розвитку. Проаналізовано динаміку відвідування заповідника та можливість співпраці об'єктів природно-заповідного фонду та закладів вищої освіти. Показано позитивний вплив природоохоронних територій на практичну підготовку майбутніх бакалаврів спеціальності 101 «Екологія».

Ключові слова: екологічна освіта для сталого розвитку; природно-заповідний фонд; біосферний заповідник; туристично-рекреаційний потенціал

Рибак Микола Петрович

директор Карпатського біосферного заповідника, заслужений природоохоронець України

Адреса робоча: 90600 Україна, м. Рахів, вул. Красне Плесо, 77

e-mail: mykola.rakhiv@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3737-2433

Лук'янова Віталіна Віталіївна

кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності Національного транспортного університету

Адреса робоча: 01010 Україна, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к. 312.

тел. +380677985533, **e-mail:** vitalina_lk@i.ua

ORCID: 0000-0001-8964-3560

Анпілова Євгенія Сергіївна

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу природних ресурсів Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

тел. +380683515387, **e-mail:** anpilova@ukr.net

ORCID: 0000-0002-4107-0617

Йонаш Ірина Дмитрівна

заступник начальника відділу рекреації та сталого розвитку Карпатського біосферного заповідника

Адреса робоча: 90600 Україна, м. Рахів, вул. Красне Плесо, 77

тел. +380931374577, **e-mail:** ira_cbr@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8255-9590

UDC 504.453

Lesya O. Vasilenko, PhD, Associate Professor of the Department of Occupational Safety and Environment

ORCID ID 0000-0003-4201-5481 *e-mail: lesya.kiev@ukr.net*

Olena G. Zhukova, PhD, Associate Professor of the Department of Occupational Safety and Environment

ORCID ID 0000-0003-0662-9996 *e-mail: elenazykova21@gmail.com*

Artem V. Honcharenko, 1st year MA student, 101st "Ecology" specialty

ORCID ID 0000-0001-5647-1360 *e-mail: hosting.pat@gmail.com*

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ECOLOGICAL EVALUATION OF THE MAN-CAUSED IMPACT ON THE HEADWATER AQUATIC ECOSYSTEMS OF ZHYTOMYR REGION (Case study the Gnylopiat River)

***Abstract.** The modern ecological state of aquatic ecosystems of headwaters of Zhytomyr region was researched and characterized for a long, chronological dynamics of water pollution was analyzed, and the main substance-pollutants have been identified. The given results indicate that the main volumes of substance-pollutants come into small aquatic ecosystems with insufficiently treated and untreated sewage.*

***Keywords:** man-caused impact; ecological safety; ecosystems, headwaters*

Target settings

The key element of the ecologically safe development of natural and socio-economic systems is the exploitation of natural waters, which foresees water management, provides sustained development, and for a long time retains sufficient water and resource potential. The nineteenth century is characterized by significant negative changes in the natural environment caused by uncontrolled management of natural resources, the development of industry and transport, which leads to increased water consumption and, at the same time, increased its pollution. It has become most noticeable for the last 50 years in grow, when the human impact on the planet water cycling reached a global scale [1–4].

Man-cause impact on aquatic ecosystems during the period of active industry development is the cause of unresolved relationship between humanity and the natural environment; as a result, the water quality state is constantly deteriorating. Therefore, in recent years, the quality of surface-waters has decreased significantly, and the level of water consumption remains extremely large. The researches have established a direct correlation between the quality of drinking water and the health of the population. According to the World Health Organization, about 75% of human diseases are cause precisely by consuming low-quality water and using water domestic demands that falls short of hygiene standards [5]. Despite the usage of advanced technologies and technological progress, the problems related to the quality of drinking water remain urgent today.

Particularly this problem concerns headwaters, and a considerable part of which they have become shallow, the process of eutrophication has been observed, the quantity and variety of living organisms of the aquatic ecosystem has decreased, water quality has deteriorated [6, 7].

In this regard, one of the main areas of environmental activity is the gradual reduction of man-caused environmental impact, including water bodies, rational use of water resources, providing society with quality drinking water, protecting of water-supply sources.

Actual scientific research and issue analysis

Headwaters form quantitative and qualitative factors of small and large-sized rivers, and they are integral parts of human anthropogenic activities. Due to the constant increasing industrial-domestic pollution, plowing and hydrotechnical reclamation of water intakes and floodplains, most of the headwaters and watercourses are at different stages of degradation.

85% of all river network of Zhytomyr region is headwaters. River basins form 60% of water resources. At present 10% sewer water flows into water basins of headwaters, overregulation has reached impossible level – almost 3 hectares per 1 kilometer of the river. In recent 10-15 years situation has deteriorated as land plots for country houses and industrial facilities. Significantly reduced the ability of aquatic ecosystems to self-purify due to chemical contamination, overregulation and siltation of waterways.

An important contribution to the development, improving the quality and defining the changing of water ecosystem condition was made by such scientists as S.I. Snizhko, V.K. Khilchevskiy, A.V. Yatsyk, V.I. Osadchyi, B.J. Nabyvanets, V.H. Horshkov, V.I. Danylov-Danylyan, A.Y. Vasiukov, V.M. Udod, A.B. Blank, V.D. Romanenko, O.O. Mysliuk, B. Nebel, R. Wright etc. In their scientific works there was paid attention to defining ecological changes in natural ecosystems including the qualitative and quantitative degrees of the water ecosystem changes provided with constant anthropogenic human action on it.

According to A.V. Yatsyk's investigations the biggest amount of substances-polluters gets in watercourses from industrial enterprises – 63,4%, communal sewage – 20,0%, agriculture – 16,6% of the total wastewater extent flowing into small rivers. However, the headwaters where the intensive agriculture takes place are polluting mainly by its effluence (for instance suspended particles, dissolved minerals and organic substances). The number of rivers in the district territory polluted with sewage comes to 90%.

The research aim, objective and methods

The research aim is to assess the man-caused impact on the aquatic ecosystem of headwaters of Zhytomyr region.

The object of research is the aquatic ecosystems of Zhytomyr region.

Accordingly [8] a methodology for scientific research was developed. First, it was necessary to develop a basic scheme on the topic of research, which takes into account the ecological approach to assessing the state of hydro ecosystems of headwaters, to show causal and consequential changes in the state of aquatic ecosystems of rivers. We concluded that interconnections and interaction in hydro

ecosystems depend on the intensity of the mechanism of self-regulation in hydro ecosystems under conditions of man-caused factors, and therefore the scheme has the following form (Fig. 1).

Zhytomyr region, in comparison with other regions of Ukraine, belongs to the region with low water supply. According to the data of the Head Department of the State Land Agency, the total land area of the water fund is 205,598 thousand hectares (6.9% of the territory of the region – 2990 thousand hectares). It includes under the water-storage basins and ponds – 20.847 thousand hectares, under rivers and streams – 7,223 thousand hectares, under lakes and other natural closed waters – 0,691 thousand hectares, under channels, hydrostructures and stripes of discharge – 19,882 thousand hectares, under protected shoreline strips (calculated in accordance with the requirements of the Water Code) – 55,865 thousand hectares and under bogs – 101,09 thousand hectares [9].

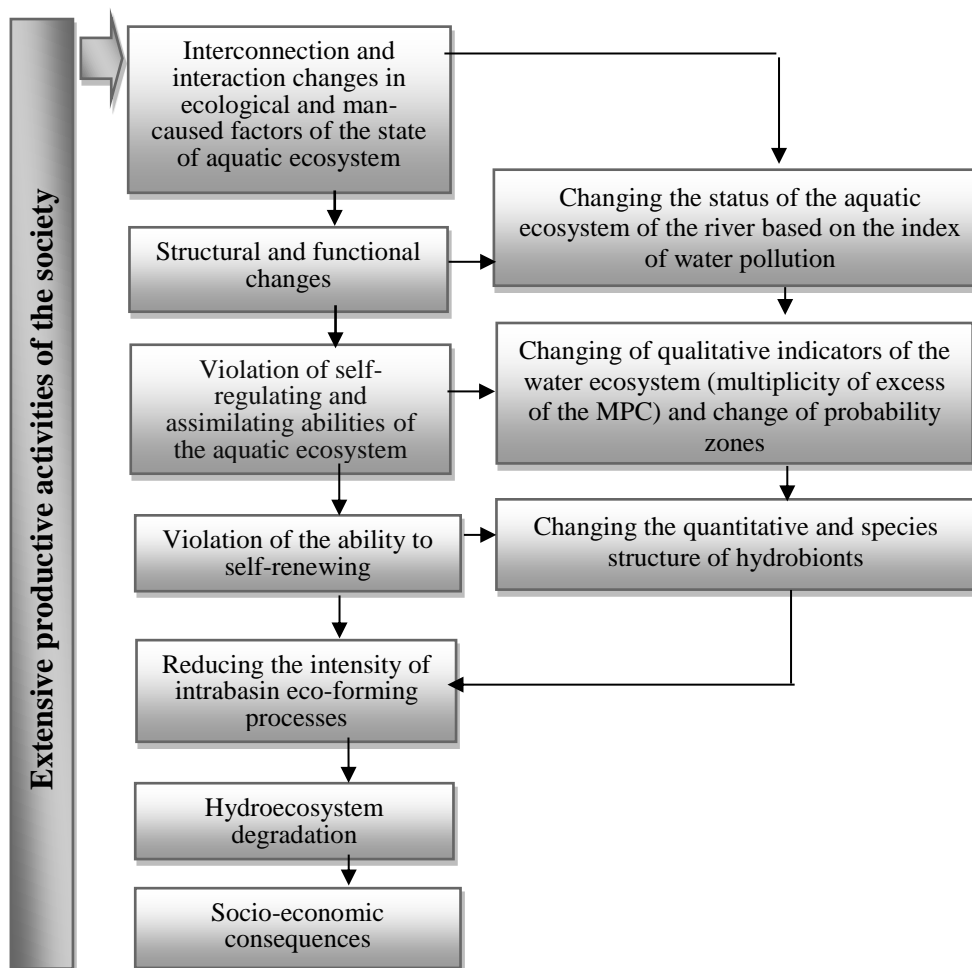


Fig. 1 – Ecological approach to ecological assessment of the status of water ecosystems of headwaters

On the territory of the region, there are 2822 rivers with a total length of 13.7 thousand km. There are no large rivers in the structure of the hydrographic network, but there are the eight average rivers: Sluch, Uber, Stryva, Slovechna, Uzh,

Teteriv, Irsha, Irpin, with a total length of 996.6 km. The total length of the rivers is more than 10 km – 321, their total length is 6692 km (Table 1). Shoots less than 10 km in length are 2491, their total length is 7062 km.

Water resources are mainly formed from the local effluence in the river network, mainly in its own territory due to atmospheric precipitation event, as well as the transit effluence coming from adjacent areas. In addition, part of the resources is replenished from groundwater and water reserves lumped in reservoirs, lakes and bogs.

Table 1 – General information about headwater objects of Zhytomyr region [10]

Indexes	Quantity, pcs	Total length, km	Total area, Ha	Total volume, million m ³
Headwaters	321	5695	-	-
Streams less than 10 km	2493	7062	-	-
Ponds (to 1 million m ³)	1826	-	11974,9	151,2

Small watercourses are important for the population as a source of drinking, technical and agricultural water supply. The analysis of the current state of headwaters shows a significant manufactured impact because of extensive farming, which resulted in the depletion of aquatic ecosystems, reducing the ability to self-renewing. The condition of headwaters in the region is mostly unsatisfactory.

The main influence of water usage on the water resources of the region is determined by irreversible water intake and dumping of contaminated wastewater into water facilities. Although volumes of water usage have an annual tendency to decrease, the degree of anthropogenic pressure on resource water potential remains rather large.

According to the annual reporting form of 2TP-water management in 2016, it was collected 104.6 million m³ of water, which is 7.1 million m³ less than it was in 2015. It was taken 85.86 million m³ from surface water sources.

The actual discharges of sewage into surface water objects in 2016 amounted to 63.99 million m³, which is 3.57 million m³ less than in 2015, of which 2.384 million m³ – contaminated 23.26 million m³ – normative clean without purification, standard purified – 30.88 million m³. The volume of discharged contaminated water decreased by 0.181 million m³ (7.1%).

During 2016, 132 business entities discharged backwater into surface water facilities. 113 enterprises of the region exploited sewage treatment facilities with a total capacity of 102.6 million m³, of which 55 were discharged into water bodies (91.44 million m³). Among the 55 sewage treatment facilities, after which the return water was discharged into surface water bodies, 21 – did not provide normative treatment of wastewater (or 38%), 17 of them – the housing utilities enterprise.

The Gnilopyat River originates in the Vinnytsia region. On the territory of Zhytomyr region flows through the territory of Berdychiv and Zhytomyr districts, where it flows into the Teteriv River. The length of the river in the Zhytomyr region is 70 km.

The hydrological regime of the river is influenced by a significant overregulation of the watercourse. Many ponds were created along the entire length of the river and about 10 dams have been built with reservoirs, but the technical condition of most of them needs reconstruction. 7 of them are located in the Berdychiv district.

The main water users located along the river's water basin are: production management of housing and communal and water supply facilities – LLC “Complex of Ecological Buildings” of Berdichev town, machine building – the “Progress” plant and its subordinated sanatorium “Prolisok”, LLC “Berdychiv Bakery”, PJSC “Dniprovud”, motor transport enterprises, fish industry enterprises and agro-industrial complex. Table 2 summarizes the data on the use of water by water users in Berdychiv town, Zhytomyr region, in the form No. 2TP- (water supply economy).

Table 2-1 – Summarized data on the use of water by water users in Berdychiv town, Zhytomyr region, in the form No. 2TP (water supply economy) (annual 2015-2017 (million m³))

Year	General drainage without transit and discharge into channels	Thrown into surface water objects				Thrown transit water on surface water objects	Thrown into the channels for subsequent usage	Lost in transit	Reverse and re-water supply
		In all	Contaminated wastewater	Normally clean without purification	Norm of purification at treatment facilities				
2015	2,26	2,257	0,180	-	2,077	-	-	0,916	2,602
2016	2,190	2,188	0,489		1,699	-	-	0,92	2,534
2017	2,291	2,279	0,318	-	1,961	-	-	0,913	2,514

Table 2-2 – Summarized data on the use of water by water users in Berdychiv town, Zhytomyr region, in the form No. 2TP (water supply economy) (annual 2015-2017 (million m³))

Year	Number of reporting water users	Taken		Used					
		From natural objects in all	Including from an underground water facility	Fresh water in all	included				
					For drinking and sanitary needs	For production needs	For irrigation	For agricultural water supply	For other needs
2015	25	3,847	0,997	2,931	2,319	0,612	-	-	-
2016	26	3,871	1,152	2,951	2,329	0,623	-	-	-
2017	27	3,829	1,171	2,917	2,233	0,684	-	-	-

Despite the decline of the region's economy, there has been no reduction in production volumes, the amount of discharges of inadequately treated sewage from stationary sources has not changed. In 2016, water was taken from the river – only 5,766 million m³ and 4,201 million m³ were used. The total amount of drainage in the water facility is 3.229 million m³, of which contaminated return water is 0.489 million m³.

According to the results of chemical analyzes, the quality of surface water in controlled areas corresponds to the norms of ecological safety for drinking water and fish farm of water category II, with the exception of such indicators as BOC₅ (biochemical oxygen consumption) and CCO (chemical consumption of oxygen) and iron in general. Results of measurements for 2016-2017 years by main indicators are presented in Fig. 2.

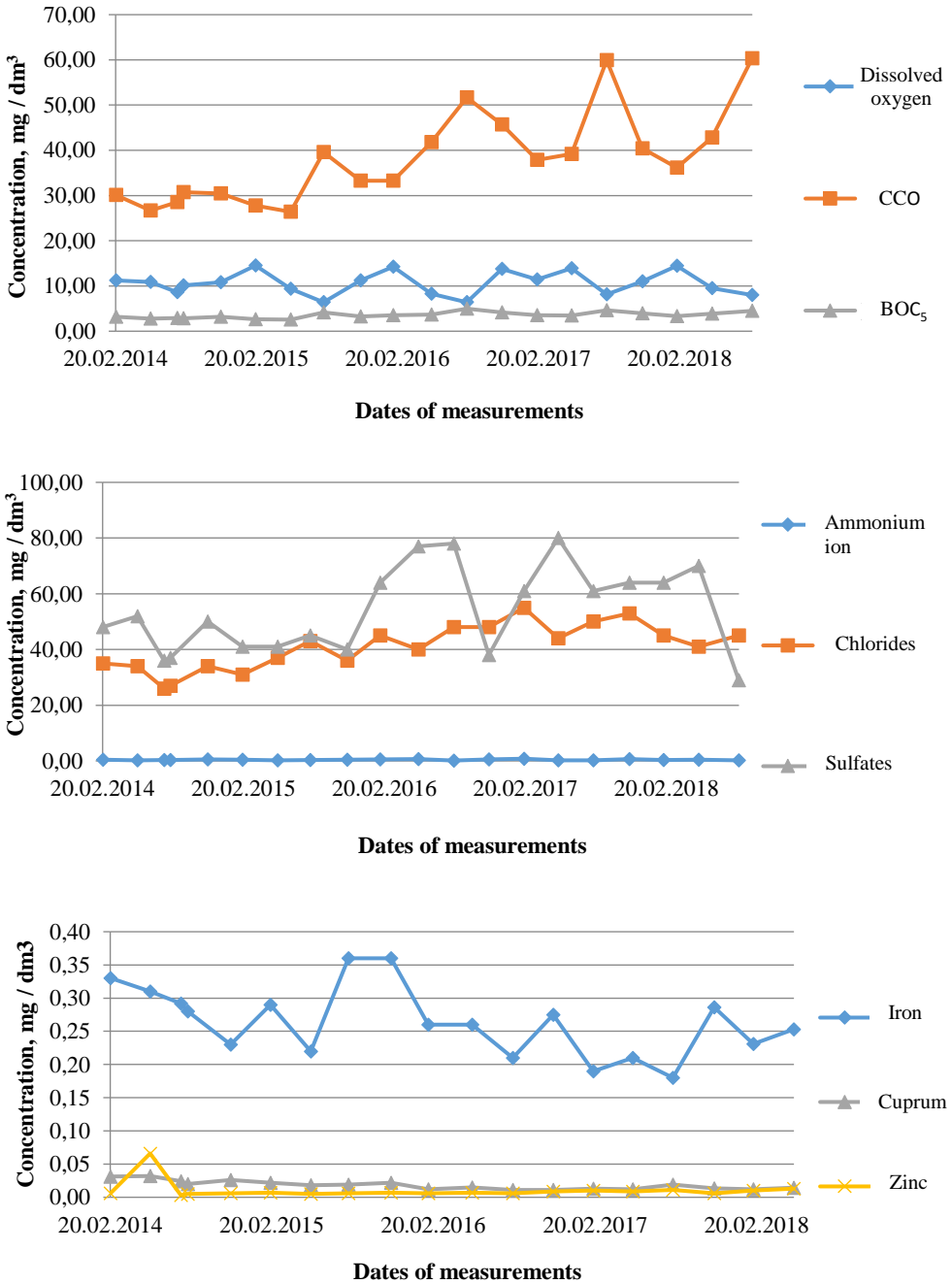


Fig. 2 – Results of measurements for 2016-2017 year by main hydrochemical indicators

The content of organic substances in the river was formed, mainly under the influence of natural factors and according to the results of observations in recent years remains constant.

During the period of research, the variation in sanitary-chemical indicators in the Berdychiv district exceeds the average in the oblast.

Table 3 – Meteorological indicators of man-caused impact on the aquatic ecosystem of the Gnilopyat River

Index of water pollution	Water quality class	Averaged indices water quality				Saprobity zone	Saprobity Index value	Self-purification factor, %			Resistance to man-caused impact
		Pollution Index components salt content (I1)	Trophy-saprobiological (ecological and sanitary) index (I2)	Index of specific toxicity indicators (I3)	I _c			Low	Medium	High	
3,9 (polluted)	IV (polluted)	2,1	3,29	4,01	3,13	β-mesosaprobic	2,3	30,1	61	8,9	0 < I _{cr} ≤ 1,0

Conclusions and perspectives of further researches

The water of headwaters, which makes up about 99% of the river network of large river basins and suffers an extremely large man-caused impact, provides over 20% of all national economic needs of Ukraine. Modern agricultural land usage does not meet the requirements of rational nature management; the environmental permissible ratio of arable land, natural forage lands, and forest plantations is violated [11, 12]. The researches have showed that the greatest influence on the formation of the hydrochemical composition of small water objects in Zhytomyr region is due to factors that depend on the state of the water intake surface and the structure of the water usage intake.

Therefore, the problem of rational usage and protection of headwaters should be solved in a complex, systematic way, taking into account the interactions of all factors, processes and components of the geographic network, as well as the influence of economic and other activities on the part of man. Largely, the solution to this problem depends on effective legal regulation of the usage and protection of headwaters of our country.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Danilov-Danilian, V. I. (2007). Water – a strategic factor for the development of Russia. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 77(2), 108-114 (in Russian).
2. Danilov-Danilian, V. I. (2009). *World Water Resources and Prospects for the System of Water Management of Russia*. Moscow: “Levko’s Typografie” (in Russian).
3. Batluk, V. A. (2007). *Basics of ecology*. Kyiv: Znannya (Knowledge) (in Ukrainian).
4. Sukharev, S. M., Chundak, S. Y., & Sukhariyeva, O. Y. (2006). *Fundamentals of ecology and environment protection*. Kyiv: Center for Educational Literature (in Ukrainian).

5. Mikhailichenko, K. Y., Korshunova, A. Y., & Kurbatova, A. I. (2014). Integral assessment of drinking water quality of central water supply systems. *Vestnik RUDN, Series Ecology and Safety of Life*, (4), 99-106 (in Russian).
6. Verkhovna Rada of Ukraine. (2012). *On Adopting the National Target Program for Developing Water Management and Environmental Improvement of the Dnipro River Basin for the Period up to 2021 approved by the Law of Ukraine dated May 24, 2012 No. 4836-VI*. Kyiv: Oficijnyj visnyk Ukrainy (in Ukrainian).
7. Igoshin, N. I. (2009). *Problems of restoration and protection of small rivers and reservoirs. Hydroecological aspects. Tutorial*. Kharkiv: Burun Book (in Ukrainian).
8. Verkhovna Rada of Ukraine. (1995). *Water Code of Ukraine*. Retrieved from <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр> (in Ukrainian).
9. Vishnevsky, V. I., & Kosovets, O. O. (2003). *Hydrological characteristics of rivers of Ukraine*. Kyiv (in Ukrainian).
10. Regional report on the state of the environment in the Zhytomyr region. (n.d.). Retrieved from https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/Доповідь_Житомирська_2016.pdf (in Ukrainian).
11. Telyma, S., & Voloshkina, O. (2018). About some features of forecasting mass transport processes in saturated - unsaturated media. *USEFUL Online Journal*, 2(4), 1-8. doi:10.32557/useful-2-4-2018-0001 (in English).
12. Vasilenko, L., Zhukova, O., Klimova, I., & Gontscharenko, A. (2018). Anthropogenic changes in water ecosystem on the example of the river Tisza. *USEFUL Online Journal*, 2(4), 26-32. doi:10.32557/useful-2-4-2018-0003 (in English).

Text of the article was accepted by Editorial Team 27.09.2018

Л.О. Василенко, О.Г. Жукова, А.В. Гончаренко
ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ВОДНІ
ЕКОСИСТЕМИ МАЛИХ РІЧОК ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ (на прикладі
р. Гнилоп'ять)

Анотація. Досліджено та охарактеризовано сучасний екологічний стан водних екосистем малих річок Житомирської області за багаторічний період, проаналізовано хронологічну динаміку забрудненості води, виявлені основні речовини-забрудники. Наведені результати свідчать, що основні обсяги забруднюючих речовин надходять у малі водні екосистеми з недостатньо очищеними та неочищеними стічними водами.

Ключові слова: техногенне навантаження; екологічна безпека; екосистеми; малі річки

Василенко Леся Олексіївна

кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці і навколишнього середовища Київського національного університету будівництва і архітектури

Адреса робоча: 03037, Україна, м. Київ, проспект Повітрофлотський, 31

Тел.: +380935432684 **e-mail:** lesya.kiev@ukr.net

ORCID ID 0000-0003-4201-5481

Жукова Олена Григорівна

кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці і навколишнього середовища Київського національного університету будівництва і архітектури

Адреса робоча: 03037, Україна, м. Київ, проспект Повітрофлотський, 31

Тел.: +380968752104 **e-mail:** elenazykova21@gmail.com

ORCID ID 0000-0003-0662-9996

Гончаренко Артем Вадимович

студент 1-го курсу магістратури спеціальності 101 «Екологія» Київського національного університету будівництва і архітектури

ORCID ID 0000-0001-5647-1360 **e-mail:** hosting.pat@gmail.com

ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ NATURAL RESOURCES

УДК 049.3:574.4:581.526

Sergii I. Azarov¹, D. S., Senior Research Associate
ORCID ID 0000-0002-9951-8867 **e-mail:** azarov@kinr.kiev.ua

Oleksii S. Zadunaj², Head of the Center, Postgraduate
ORCID ID 0000-0001-8589-1604 **e-mail:** a.zadunaj@gmail.com

¹Institute for Nuclear Research of NASU, Kyiv, Ukraine

²State Research Institute of Special Communications and Information Protection, Kyiv, Ukraine

BIOSPHERIC PROCESSES FORECASTING BY THE MEANS OF SYNERGETICS

Abstract. *Among the most pressing problems of modernity stands out the problem of determining the causes and limits of sustainability of complex ecosystems, consisting of a huge number of components. Such systems include organisms and the biosphere with its ecosystems. Under the conditions of a global ecological crisis, the survival of humanity depends on our ability to understand and predict the behavior of ecosystems and the biosphere itself.*

Such forecast is a specific kind of perception, which, first, studies not what is happening, but what will be happening. The main purpose of the forecast is assessment of predicted environmental reaction to the direct or indirect human influence, as well as addressing the challenges of the future sustainable use of natural resources. We have developed methodical approaches to the biospheric processes evaluation with the help of synergistic approach are developed.

Keywords: *synergetics; biosphere; forecast; modeling; chaos; population*

Introduction

Nowadays, most of environmentalists understand that the biosphere is the area of human life and the source of all the benefits that are necessary for vital and operational activities. The biosphere is the only populated area of the Earth crust [1]. Life representing all the organisms is concentrated only in this thin external layer of our planet.

Human is a part of nature and its creation, but only using natural resources it can create something, and can live only in those natural conditions (temperature, pressure, humidity, atmospheric composition, etc.) to which it is genetically adapted. The biosphere is an area of the Earth occupied by biotransformers that are

represented by territorial ecosystems implement and are biogeocoenoses, which are evolving with time. Realizing the special place of humankind in the biosphere, mathematicians, physicists and environmentalists, in particular, for a long time have been attempting to forecast the type of the biosphere evolution.

Such forecast is a specific kind of perception, which, first, studies not what is happening, but what will be happening. Forecasting is a set of actions that allow making judgments about the changes in natural systems and are determined by natural processes and the impact of humanity on them in the future. The significance of the environmental forecast, especially in the area of natural resources use, cannot be overestimated. The main purpose of the forecast is assessment of predicted environmental reaction to the direct or indirect human influence, as well as addressing the challenges of the future sustainable use of natural resources.

Purpose of Research

The main goal of the research is the analysis of possible reaction of biosphere to direct or indirect human influence, as well as addressing the challenges of the future sustainable use of natural resources based on environment expected states.

Research result

In the latter half of the 20th century, as a result of computers use, the modeling moved to a qualitatively new stage in its development. The possibility of joint analysis of equation systems increased significantly with a large number of parameters, etc. However, the success of mathematical modeling depends not only on the perfection of the mathematical apparatus and the computational capabilities used, but also on how scientifically grounded the initial conditions are. The process of cognition is always associated with abstraction and perfection. However, the phenomenon model is perfect only by definition, and corresponds to reality only in some way. Models, of course, can be refined almost endlessly with recognition of more and more correct bases of their construction. At the same time, there must be a reasonable limit for such refinement connected to some rationality or constructiveness. As a rule, the model, takes into account significant effects and neglect the secondary ones. Yet, the excessive simplification of the model can wipe away all the results. However, even the most accurate models and formulas do not always lead to more accurate results and conclusions. It should be emphasized there is an interesting situation appeared in in biosphere dynamics modeling: there is increasing number of different models obtained using a variety of mathematical approaches, and the choice of mathematical apparatus is largely determined by the researcher's tastes [2]. The main difficulty in developing environmental models is the lack of sufficient number of measurements as well as knowledge about the mechanisms of environmental processes and their changes under the influence of anthropogenic impacts. Therefore, considering specific conditions, it is necessary to determine which processes in the biosphere are decisive and to the greatest extent affected by the impacts, and to model them accordingly. Thus, when constructing each model, it is necessary to set the goal of modeling, because it turns out that it is impossible to write one universal model for dealing with environmental challenges. Therefore, there is a need to create a system of models of different complexity degree.

With such a system of models, one can choose the most suitable model when solving a new challenge. Otherwise, such a model needs to be developed and this

will be another one in the specified system of models. Biosphere processes modeling is the process of creation of a system of models that is being improved and developed. As a rule, in environmental models, each model allows you to address challenges that are impossible (or difficult) to solve with the help of other models. From the above, epy systems of biosphere processes models, developed by different authors or groups of authors are different. Different model systems by different authors vary in concepts and hypotheses on which that models are based, as well as mathematical expressions taken in the functional blocks for the description of dependencies, although in different models one can distinguish the same blocks and mathematical expressions.

However, at the same time, these descriptions reliably introduce certain real processes with the accuracy that is acceptable to its authors. A reliable criterion for the fairness of a model is the correspondence between the experiment and the possibility to build assumptions on its basis. It is also important to keep in mind that as a result of the proximity of models to reality, it is always necessary to make an assessment of the reasonable accuracy depending on the required one. Thus, although there is no limit to the process of models refinement, it is always necessary to reasonably restrict the desire to know the biosphere more deeply. Identification and verification are commonly used to validate the accuracy of models.

Still, there are models that cannot be verified. They are usually needed for quantitative measurement of the variables dynamics and, in fact, is an extrapolation of measurement data made in the present to the future. The last-named, for example, include models designed to assess the climatic and environmental consequences of large-scale nuclear disasters. In modern practice, mathematical modeling there is a type of models called "mixed". In such models, some of the parameters are refined with the help of experimentation, subjected to identification and verification procedures, and the rest are used to predict the state of the modeled system in the future. The example of mixed models can be many climatic models, for example, the general circulation of the atmosphere and the ocean. Only a part of variables included in such models (atmospheric temperature in areas and average temperature of the atmosphere, etc.) can be reliably identified. Modern models have dozens and hundreds of variables and cannot be investigated by classical analytical methods. Usually, these problems are solved on the basis of reasonable experience of the assumption that new traces lie near those, that were previously calculated. In addition, first, the stability of the simplified version of the model is checked, and secondly, studies of the solutions stability of the complete model is quantitatively conducted in several variants. However, due to the low speed of many evolutionary processes in the biosphere (especially such of the "geological" nature), it sometimes takes more than a decade before it is possible to see that, despite the proximity between the data on predicted and real behavior of the system for a certain time, the source references of the model were correct, and, starting at some point, the forecasts begin to fundamentally diverge from the real situation. As a rule, the number of errors in usual dynamic systems increases in proportion with time (that is, linearly) and significantly depends on the number of interactions involved: the more complex the system is, the faster the accumulation of errors in predictions in time appears. Moreover, it turns out that if the number of observed interactions exceeds a certain limit, the system soon begins to behave as a chaotic, despite the strict determinism of outgoing data. Precisely this situation, unfortunately, is implemented for most models of biosphere processes. Therefore, the probability of error in predictions of such models is usually quite

noticeable. However, in the absence of errors, there may appear a complexity of prediction that, at first glance, contradicts the classical ideas of the dynamics.

As an illustration of the above, we present only one example that is well-known and repeatedly described in literature sources for logistic equation solutions analysis as one of the simplest mathematical point of view to the variants of the recording which can be represented as:

$$x_{n+1} = px_n(1 - x_n). \tag{1}$$

By using equation (1), for example, we can analyze the population size $N(t)$, for convenience assuming that a certain reproduction season occurs for such species once a year, and each year with the number $(n + 1)$ the population of N_{n+1} is completely is determined by its size N_n in the previous year n , which is, $N_{n+1} = pN_n$, and the number of dead individuals is equal to bN_n^2 , meaning the proportional to the size of the whole population. The value of x_n in this case may represent some conventional restricted population size, so that x_n and p are a function of the values b , p , and N . The logistic equation is a fully determined by the algorithm for determining the population size for each subsequent year, based on the knowledge of the population size for now. These calculations are easy to handle even without a computer. However, the results of such calculations are far from the simple in contrary to as they seem at a first glance. Without going into the details of the numerical solution of this equation, described in many textbooks, we will analyze only the obtained solutions. For small values of the parameter, completely deterministic results are obtained.

So, if p is less than 1, then regardless of the initial value score x_0 , the number of the population is steadily decreasing and tends to zero (Fig. 1, a).

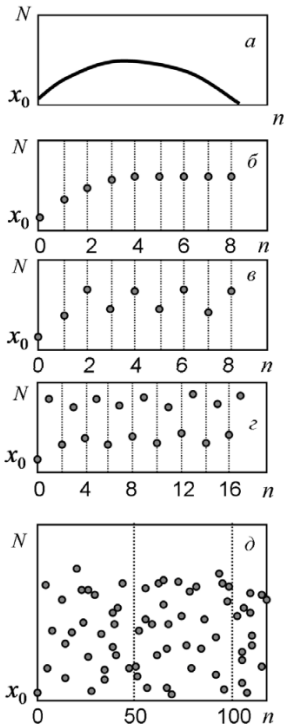


Fig. 1 – Possible changes in the population according to the logistic equation:

1. (Fig. 1, a) – ($p < 1$), the sequence of N numbers is close to 0 at any initial value of x_0 . This corresponds to a population that cannot avoid extinction.
2. (Fig. 1, б) – ($1 < p < 3$), constant growth to a steady equilibrium level.
3. (Fig 1, в) – ($3 < p < 1 + \sqrt{6}$), the number of the population rises from the initially low value, and then goes with two-year fluctuations.
4. (Fig. 1, г) – ($1 + \sqrt{6} < p < 3,6$), four-year cycle.
5. (Fig. 1, д) – ($p > 4$), the population starts to change chaotically, and in general its state for next year becomes unpredictable.

From a biological point of view, this means, for example, that the resources of the habitat are too insufficient and the population is dying out. For p , which lies between 1 and 3, the value of x_n varies until it reaches the equilibrium value $x_{con} = (1-1/p)$. A separate case can be seen on (Fig. 1, б). However, with values of p more than 3 (extinction is not active, habitat resources are sufficient), a small initial population is steadily increasing at the beginning and then begins to fluctuate but in a very specific way. If p lies between 3 and $(1 + \sqrt{6})$, a deterministic sequence of x values appears fluctuating with a frequency of about 2 years between two relatively constant values of x_p and x_b (Fig. 1, в). For p slightly more than $1 + \sqrt{6} = 3,4495 \dots$ the fluctuations occur between four constant values, with intervals of four years (Fig. 1, г). At even higher values of p , the period doubles over and over again, faster and faster (Fig. 2), until p reaches the critical mark $p_{cr} \approx 3,6$, above which the population size will not begin to change in a complicated and extremely spontaneous manner.

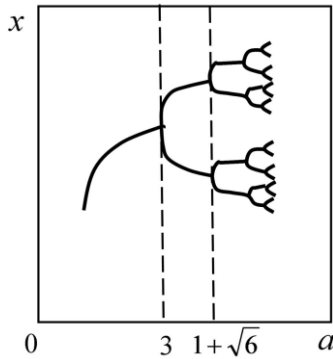


Fig. 2 – «Way» to chaos through the sequence of bifurcations

The value of x (and hence of N) varies according to strict sequence between a number of admissible values ranges but the exact positions influenced by the variable within each range look completely random. With a further increase of p , the ranges merge with each other in pairs, and the area of values, where N changes randomly increases until continuum is formed, which covers all values of x in case $p > 4$. The population varies in a completely random way (Fig. 1, д).

Currently, it is mathematically proved that in this case we are dealing with a completely chaotic process that resembles to the work of the well-known computer function RND (randomize) that generates a sequence of random numbers.

Such an unpredictable type of population behavior for values $p > 4$ is known as deterministic chaos. Such a type of chaos arises in many dynamic systems, and the transition principles to chaos does not depend on the precision components of the systems being studied.

An important result of this approach is that it is impossible to clearly predict the behavior of the system in the future as well as to restore the "exact" history of evolution when dealing with nonlinear observing systems over the "reality". One can speak relatively straightforward only about the general tendencies of evolution. The biosphere itself, apparently, uses deterministic chaos in the process of producing, for example, new types of biodiversity or turning the backward matter into life, or trying to find out how an immune system of a body recognizes pathogenic microorganisms.

Theoretically, the biosphere can be both deterministic and spontaneous. In practice, however, determinism requires openness, which is a necessary but not sufficient condition for self-organization.

Openness requires the presence in the sources system and/or channels of matter and/or energy exchange with environment. Nonlinearity, the presence of many solutions, according to which there are many ways of system development. Any system can be represented as an infinite series of harmonics with some temporary coefficient before each of them. In this context, in the case of independence of harmonics from each other, the system is linear, otherwise, when a certain connection between the harmonics is seen, the system becomes nonlinear.

The rate of process reaction during the evolution of the biosphere can have tangible differences. Slow processes based on a negative feedback, which serves as a stabilizing factor, allowing the system to return to equilibrium. Such a path of biosphere evolution is considered a dead end. It leads to the emergence of species, for which the further development practically stops. In general, the system of negative feedback provides protection of the biosphere from harmful influences. High-speed processes occur due to nonlinear positive feedback. This is a path that is carried out using bifurcations, during which there is a significant restructuring of the biosphere.

In order to ensure its life sustaining activities, the biosphere uses external energy sources such as sunlight, cosmic rays and radioactive decay energy of radioactive elements inside the Earth. Due to this, it is maintaining a relatively stable condition for a long time as well as biosphere evolution, accompanied by a change in its species diversity, etc., is carried out.

At the same time, during the biosphere evolution, reliable mechanisms for its protection from both external and internal factors were developed. One of such mechanisms that helps to stabilize the characteristics of the biosphere, as we have already pointed out, is the mechanism of counteracting causes and various factors, which is "pushing" the biosphere to change its state. In accordance with modern ideas, the course of evolution is followed by "slow" changes in the biosphere, as well as major catastrophes, leading to significant changes in it. But at the same time, the survivability of the biosphere as a system was always maintained.

In the modern real and material world, both order and chaos are observed in the biosphere at the same time. Chaos is understood as disorganized, shapeless structures or disordered forms of motion [3]. Researchers prove that there is a simultaneous merger of order and disorder, regularity and chaos present in the biosphere. There are ordered forms of motion and ordered structures that appear from the originally disordered, unregulated forms of motion without external influences. This phenomenon was called self-organization. German scientist H. Haken called the theory of self-organization the "synergy" (the theory of joint action) [4]. The interdisciplinary science of synergetics is closely connected to the biosphere theory. One of the synergy developers, the Nobel Prize winner in chemistry I. Prigogine, affirmed [5] that the relationships between order and disorder characterize sparse (dissipative) structures. Externally, occasional, uncertain wanderings are happening. This appears due to the fact that the world that surrounds us cannot be characterized by one truth, one criterion. Uncertainty dominates there. Therefore, in the process of evolution of two identical systems, the same conditions and causes do not lead to identical results. I. Prigogine believed [6] that in natural systems the order may be equilibrium and unbalanced. The biosphere organization is an open system of non-equilibrium order and operates in conditions of uncertainty. In open systems, random

deviations (fluctuations) are constantly trying to unbalance the biosphere. I. Prygozhyn affirmed [7] that strict determinism in the outside world (the strict correspondence of causes and consequences, impacts and results) can be applied only in simple limiting cases. Randomness is seen not as an exception, but as a general rule. Hence, philosophical determinism in relation to natural systems becomes inaccessible, it is only a theoretical possibility. For many years, the principle of linearity was dominated in many fields of science. Most of the forecasting methods were based on it. Recently, in science, linearity began to be considered only as a result of simplification, coarsening of the models used. That means that in the process of biosphere development, the same causes can lead to similar investigations only at very limited segments of time. At other times, the biosphere develops in nonlinear way. For any nonlinear system, a bifurcation is usual characteristic, which means that every cause leads to, at least, two consequences. At the point of bifurcation (split), the path of the biosphere evolution becomes less stable and split into many new paths (Fig. 2). It is impossible to predict, from which of them the development of the biosphere will start. Even the smallest random variation (fluctuation) can change the possible path of the biosphere evolution, and the system will choose another direction. According to I. Prygozhyn [8], the history of the biosphere development is driven by events. However, they cannot be calculated in advance as it is the offspring of the various forces effect, the result of the interaction of many factors. Synergetics focuses on aspects of reality, that are most usual characteristics of the accelerated natural phenomena in its modern stage, which are disorder, instability, diversity, imbalance, nonlinear relations, in which a small signal at the input can cause a response of any force at the exit, as well as temporality, which is an increased sensitivity to the flow time. Mastering the basic provisions of synergetic changes, the perception of natural phenomena. The biosphere seen by researchers not as a set of rigid, unchanging systems, subsystems, elements, but in the form of processes, vortices, turbulent phenomena, dissipative (sparse) structures. This allows to use a new approach to the process of biosphere studying.

According to I. Prygozhyn, the entire evolution of the biosphere is a chain of successive bifurcations. Modern ideas of synergetic show that catastrophic changes in the biosphere occurred when, for any reason, the evolutionary change in the biosphere state led to the emergence of a strong nonlinear counteraction to the evolution process and the emergence of the bifurcation point [5, 6]. Bifurcation is way of counteracting powerful perturbation. When bifurcation algorithm of evolutionary process increases significantly, the risk of environmental disasters and even the destruction of biosphere's individual parts. However, the destruction of the biosphere as a whole does not occur. It is possible that in an evolutionary plan, precisely the bifurcation type changes may be associated with the improvement of biosphere protecting mechanisms from excessive danger.

It is important to note that the self-provision of "safe" biosphere development and the preservation of its survivability is determined by a number of fundamental factors. Among them can be distinguished the following: firstly, the substance in the biosphere is used mainly in the form of the circular flow. Biogeochemical cycles of elements in the biosphere evolution process became so perfect that they do not lead to harmful waste appearance. Secondly, there is a huge variety of structures in the biosphere, but there are almost no dominant species with an excessive number. In this way self-regulation provides biosphere protection against possible extremely

dangerous situations caused by internal factors. The correlation between action and counteraction entered a new stage. Therefore, according to the laws of synergetics, if counteraction under certain conditions exceeds some critical value, a bifurcation may occur and its consequences may not only be unpredictable, but also lead to the death of the human population as a whole. It has already happened for different reasons with other populations or species of living organisms. But, at the same time, it is important to remember that the biosphere evolution is a natural process that we can hardly be able to cancel and that even the complete refusal of all anthropogenic achievements of mankind we will not be able to stop this evolution, and, consequently, the change of physico-chemical biosphere characteristics. This process will always continue (perhaps at a different rate), and even if humanity, as a population, disappears from the Earth and the human impact on the environment will cease.

Conclusions

Taking into account the above, it can be affirmed that the issues of solving problems referred to as environmental ones, in fact, are beyond the scope of ecology in its traditional formulation. It is already evident that the solution of these problems requires both additional new knowledge and a new mentality. It is necessary to look for new ways not only for solution, but also for justification of environmental issues. In general, the biosphere protection from "excessive danger" is provided by a system of negative feedback which operates within the framework of objectively existing laws of nature (2nd law of thermodynamics, biogeochemical cycles, information biodiversity, etc.), so it can be affirmed that the biosphere has peculiar characteristic of internal security.

New ideas and concepts of modern nonlinear dynamics have significantly changed our perceptions of the accident in the behavior of complex systems and the biosphere in particular. The most surprising thing in the nonlinear systems behavior is that even a system characterized by classical laws of dynamics can have chaotic motion paths, despite its initial determinism. It turns out that stochastic behavior is merely the result of a simple mechanical repetition of some, often quite simple, algorithmic procedure. At the same time, strictly deterministic feature appears to be simultaneously both in random and chaotic. In nonlinear systems, the number of errors in "prediction" increases with increasing of the process rate (exponentially with time). Therefore, the unpredictability of the "exact future" is fundamental and is explained by not only our ignorance or the presence of errors in the initial conditions. It is important to understand that modeling allows forecasting the most probable and possible ways of biosphere evolution, but not necessarily are implemented or those that are going to be implemented in the future.

REFERENCES

1. Моисеев Н.Н. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями / Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. – М.: «Наука», 1985. – 271 с.
2. Хатчисон Дж. Биосфера // Биосфера. М.: Мир, 1972. С. 5–25.
3. Хакен Г. Синергетика. Пер. с англ. / Под ред. Ю.Л. Климантовича, С.М. Осовца. М.: Мир, 1980. – 404 с.
4. Хакен Г. Синергетика : Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах : пер. с англ. – М. :Мир, 1985. – 423 с.
5. Пригожин И. От существующего к возникающему. Пер. с англ. Под ред. Ю.Л. Климантовича. – М.: Наука, 1985. – 328 с.

6. Пригожин И. Познание сложного. Введение / Г. Николис, И. Пригожин : пер. с англ. – 2-е изд., стер. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 344 с
7. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса (Новый диалог человека с природой) / Пригожин И., Стенгерс И. – М.: изд-во «Едиториал УРСС», 2003. – 310 с.
8. Пригожин. И. Время, хаос, квант : пер. с англ. / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Издательская группа «Прогресс», 1999. – 268 с.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Moiseev, N. N., Aleksandrov, V. V., & Tarko, A. M. (1985). *Chelovek i biosfera. Opyt sistemnoy analiza i jeksperimenty s modeljami*. Moscow: Nauka (in Russian).
2. Hutchison., J. (1972). *Biosphere*. Moscow: Mir (in Russian).
3. Haken, H. (1980). *Synergetics* (J. L. Klimantovich & S. M. Osovec, Eds.; V. I. Emel'janov, Trans.). Moscow: Mir (in Russian).
4. Haken, H. (1985). *Synergetics: The hierarchy of instabilities in self-organizing systems and devices*. Moscow: Mir (in Russian).
5. Prigogine, I. (1985). *From Being To Becoming* (J. L. Klimantovich, Ed.). Moscow: Nauka (in Russian).
6. Prigogine, I., & Nikolis, G. (2003). *Poznanie slozhnogo. Vvedenie*. Moscow: «Editorial URSS» (in Russian).
7. Prigogine, I., Stengers, I. (2003). *Order out of Chaos: Man's new dialogue with nature*. Moscow: «Editorial URSS» (in Russian).
8. Prigogine, I., & Stengers, I. (1999). *Time, Chaos and the Quantum*. Moscow: «Progress» (in Russian).

Text of the article was accepted by Editorial Team 18.09.2018

С.І. Азаров, О.С. Задунай

ПРОГНОЗУВАННЯ БІОСФЕРНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СИНЕРГЕТИКИ

Анотація. Серед найбільш актуальних проблем сучасності виділяється проблема з'ясування причин і меж стійкості складних екосистем, що складаються з величезного числа компонентів. До таких систем відносяться організми і біосфера з її екосистемами. В умовах планетарної екологічної кризи від нашого вміння розуміти і передбачати поведінку екосистем і самої біосфери залежить виживання людства.

Прогноз являє собою специфічний вид пізнання, де, перш за все, досліджується не те, що є, а те, що буде. Головною метою прогнозу є оцінка передбачуваної реакції навколишнього природного середовища на прямий або опосередкований вплив людини, а також вирішення завдань майбутнього раціонального природокористування. Нами розроблено методичні підходи до оцінки біосферних процесів за допомогою синергетичного підходу.

Ключові слова: синергетика; біосфера; прогноз; моделювання; хаос; популяція

Азаров Сергій Іванович

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту ядерних досліджень НАН України
Адреса робоча: 03680 Україна, м. Київ, пр-т Науки, 47
ORCID ID 0000-0002-9951-8867 **e-mail:** azarov@kinr.kiev.ua

Задунай Олексій Сергійович

здобувач наукового ступеня кандидата технічних наук, начальник центру Державного науково-дослідного інституту спеціального зв'язку та захисту інформації
Адреса робоча: 03142 Україна, м. Київ, вул. М. Залізняка, 6
ORCID ID 0000-0001-8589-1604 **e-mail:** a.zadunaj@gmail.com

UDC 504.062 + 528.8

Oleksandr S. Greben¹, Principal researcher
e-mail: a.greben@khai.edu

Oleksandr M. Trofymchuk², Corresponding member of NASU, D. S. (Technical),
Professor, Director of the Institute
ORCID ID 0000-0003-3782-4209 *e-mail: itelua@kv.ukrtel.net*

¹National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine

²Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU, Kyiv, Ukraine

FEATURES OF RESERVOIRS EUTROFICATION BY ELEMENTS OF AGROCHEMICAL FERTILIZERS

Abstract. Phosphorus, also as nitrogen and potassium, is essential for the normal development of plants. The source of phosphorus for plants is phosphate of soil, mainly calcium phosphate $Ca_3(PO_4)_2$. But for most soils, calcium phosphate is not enough. In addition, due to its insolubility in the water, it is practically inaccessible for plants. Therefore, the application of soluble phosphates, the so-called phosphate fertilizers, into soil, is extremely important for increasing agricultural yields.

The article analyzes the chemical composition of agrarian fertilizers, and mechanisms of their elements influence on the processes of aquatic ecosystems life. Their solubility in the water is analyzed, as well as their probabilistic influence on the development of flowering and reservoirs silting processes, reduction of their inhabitant's species populations.

Keywords: remote sensing; geoinformation system; agricultural; eutrophication; ecology

Introduction

The processes of reservoirs eutrophication are the processes of contaminated waste water reset, washing out and weathering of specific substances from soils, washing out of organic and inorganic fertilizers from agricultural land surfaces, washing out of manure from farms, subsidence contaminations from the atmosphere (Fig. 1).

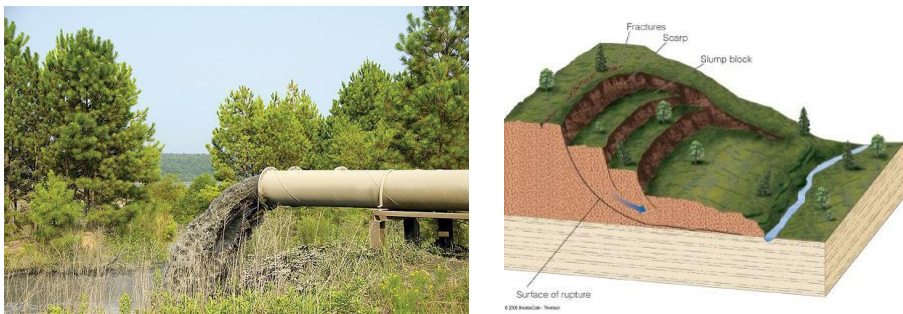


Fig. 1 – Examples of surface runoff pollution ways

The course of the eutrophication process takes place in several successive stages. At the first stage there is an accumulation of nitrogen or phosphorus minerals in the

water. This process is usually not long-lasting. In the future there is an intensive algae growth. As a result, phytoplankton biomass, water turbidity and oxygen concentration in the upper layers of the water are increased.

One of the aquatic ecosystem's eutrophication consequences is an increase of blue-green algae growth intensity, which significantly reduces the indicators of water availability for drinking (bad smell and taste), for recreational purposes (swimming, bathing, fishing). Such water is allergenic and toxic. Metabolites of blue-green algae are sources of many diseases among fish and warm-blooded animals.

The next step is oxygen complete disappearance in the water object depths. After that, the processes of anaerobic fermentation begin [1].

Algae begin to die and gradually disappear, there are processes of bottom sludge intensive sedimentation. In the structure of these sludges, there is a high content of organic matter. Due to such processes occurrence, there are changes in the zoocenosis.

The development of blue-green algae (see Figure 2) is also a significant negative factor for the existence of aquatic ecosystems zoological diversity. Zooplankton is a natural filtrate, which usually absorbs small algae, and when the processes of reservoirs "flowering" occur, the colonial forms, which are practically not absorbed by zooplankton, are developing, on the contrary. They become members of the trophic chain only after interacting with destroying them bacteria. The diversity of zooplankton in the direction of community simplification diminishes. Small species begin to prevail, but they are not able to destroy organic matter with the same intensity.



Fig. 2 – Examples of blue-green algae excessive growth

After the blue-green algae death toxins of particular importance are formed because they have a wide range of biological effects and affect the central nervous system of animals and people [2].

A separate contamination factor for water ecosystems is the washing out of manure from farms and fields (for example, their concentration is approximately 100 times higher than the rates of wastewater cleaned by treatment facilities).

Main part

The pollution of reservoirs is judged by the change in their properties and composition under the influence of direct or indirect human activity and as a result of such activity became unsuitable for at least one type of water usage (see Table 1). The deterioration of water quality indicators due to changes in its organoleptic properties and the appearance of harmful substances is a direct criterion of aquatic ecosystems pollution.

A special role is played by microorganisms (or bacteria) because they may change to adapt and transform previously unknown organic compounds. Such compounds are synthesized today and as a result of their use in the process of human life, they enter the reservoirs, infecting not only the hydrosphere, but also living organisms.

Table 1 – Classes of natural water quality depending on Water Pollution Index values

Water contamination level	Value of WPI	Water quality classes
Very Clean	Up to 0.2	1
Pure	0.2–1.0	2
Moderately dirty	1.1–2.0	3
Contaminated	2.1–4.0	4
Dirty	4.1–6.0	5
Very dirty	6.1–10.0	6
Extremely dirty	> 10.0	7

Let`s consider the water ecosystems pollution aspects as a result of agricultural activity. Usually the main factors of eutrophication are phosphorus and nitrogen compounds in the form of phosphates and nitrates.

In the territories of test sites according to the data of the land user in 2018 the following fertilizers were added (Table 2).

Table 2 – Characteristics of used fertilizers

Formula	Cultivated culture	Rate of drug expenditure	Active substance concentration	Preparation form
NPK-15	Crops spinal cord	150–350 kg/ha	N – 15%, P ₂ O ₅ – 15%, K ₂ O – 15%, S – 10%	Granules
N46	Corn Pea	20 kg/ha – with foliar feeding; 200 kg/ha for sowing	(NH ₂) ₂ CO, permissible concentration of solution for foliar feeding 5–15%	Amide fertilizer, water soluble
NPK-16	Crops spinal cord	90–120 kg/ha	N – 16%, K – 16%, P – 16%	Granules

After analyzing the chemical composition of these fertilizers, we see that their main components are sodium, potassium, sulfur and phosphorus

On the test ground plots of the Frunze PSP located near the reservoirs (based on Remote Sensing Data processing results), the depth of the first aquifer water and the direction of underground currents were taken into account (Fig. 3), the angles of the slope were calculated and the corresponding places of water and wind erosion process were discovered after SRTM data analysis results. The analysis of fertilizers uses in these areas (according to a land user priori information) in order to calculate the potential volumes of solid runoff and its chemical composition was made.

Samples of water in these places also were taken (for further laboratory analysis), the rules of the MPC of chemical substances in the water objects were analyzed.

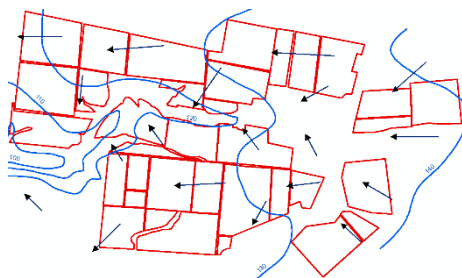


Fig. 3 – Isohyps of the first aquifer waters occurrence

Results of the chemical composition of water samples examination:

- 1) BOD₅ – 4,23 mg O₂/dm³ (exceeded the norm of MPC SanPin (3,2) [2]);
- 2) COD – 24,1 mg O₂/dm³ (exceeded the norm of MPC SanPin (15) [2]);
- 3) Ammonium nitrogen – 0.4 mg/dm³;
- 4) Phosphates – 2.34 mg/dm³;
- 5) Rigidity – 14,5 mmol/dm³ (exceeded the norm of MPC SanPin (7) [2]);
- 6) Cesium-137 – 0,048 Bq/dm³, kg;
- 7) Nitrates – 132 mg/dm³ (exceeded the norm of MPC SanPin (45) [2]).

Let's consider the most important consequences of the further occurrence of water ecosystems pollution processes. Figure 4 shows the distribution of phosphorus-containing components in urban sewage before and after biological purification. Polyphosphates are hydrolyzed to orthophosphates, and the bulk of soluble organic phosphorus-containing compounds are converted into orthophosphates as a result of the biological decomposition of organic matter.

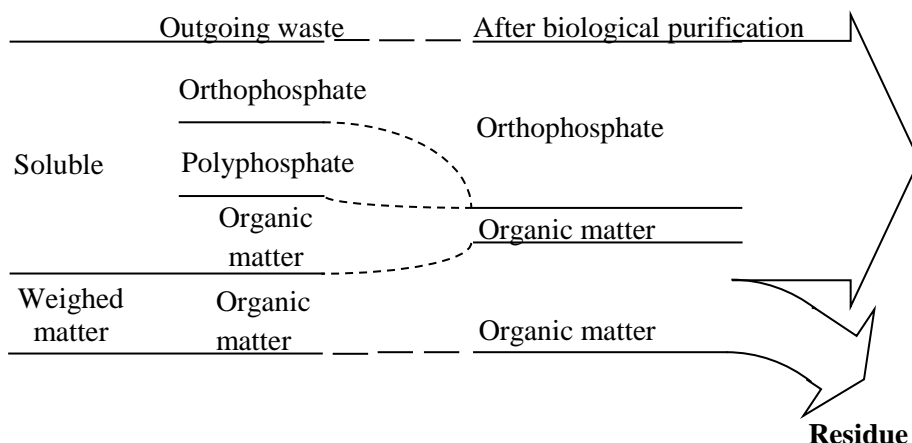


Fig. 4 – Condition of phosphorus-containing components

Usually, weighed phosphorus substances are understood as organic phosphates, but this group may also include chemically precipitated orthophosphates and biologically bound polyphosphates [3]. The composition of phosphates in suspended

matter is usually not very interesting, because the suspended matter is separated from water by methods, which are selective in relation to not the particles, but their size, charge, density, etc.

Orthophosphates – with two or three exceptions, are the only salts of phosphoric acid, found in nature. They are also the only salts of phosphoric acid currently used in fertilizers.

Polyphosphates are polymers of phosphates, the chain of which passes between other chemical groups. This type of polymerization is known as a condensation reaction. Phosphate bonds are usually high-energy covalent bonds, which means that energy is released by breaking these bonds spontaneously or as a result of enzymatic catalysis.

All phosphate fertilizers by water solubility can be divided into three groups:

- 1) soluble in water (they are easily digested by any crops);
- 2) insoluble in water, but soluble in weak acids (including organic acids, available for plants);
- 3) insoluble in water and poorly soluble in weak acids (phosphates which are not digested by the vast majority of cultures, provided that these compounds are not decomposed by acidic soils with the appearance of more easily soluble salts).

Influence of sodium and potassium components of mineral fertilizers on the processes of reservoirs vital activity is approximately the same as for phosphorus components, therefore observation of their incidences is also extremely important.

Conclusions

Research of chemical indicators for situated around the test sites territories reservoirs has revealed their exceeding the norms of mineral substances MPC. The study of probable ways entering these substances into aquatic ecosystems outlined anthropogenic way of their pollution as a result of agricultural activity on surrounding land parcels. The interaction of mineral agrochemical fertilizers usage with the situation of exceeding the MPC norms in the reservoirs has analyzed.

The performed work proves the necessity of integrated approach applying to regulating the provision of region environmental safety and the need for an appropriate system of analysis and management decision making on environmental management based on geoinformation technologies using remote and contact measurements data.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Guseva, T. V. (Ed.). (2011). *Hydro-chemical indicators of the environment state: Reference materials*. Moscow: FORUM: INFRA (in Russian).
2. Vinberg, G. G. (1975). *Biological self-purification and water quality formation*. Moscow (in Russian).
3. *Report on the state of the environment in the Kharkiv region in 2015* (Rep.). (2016). Retrieved <https://menr.gov.ua/files/docs/XAPKIBCBKA%20OБЛACTЬ.pdf> (in Ukrainian).
4. Henze, M., Armoes, P., La Courne-Jansen, J., & Arvan, E. (2004). *Wastewater treatment. Biological and Chemical Processes* (S. V. Kalyuzhny, Ed.; T. P. Mosolovy, Trans.). Moscow: Mir (in Russian).

Text of the article was accepted by Editorial Team 13.11.2018

О.С. Гребень, О.М. Трофимчук
ОСОБЛИВОСТІ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОДОЙМИЩ ЕЛЕМЕНТАМИ
АГРОХІМІЧНИХ ДОБРІВ

Анотація. Фосфор, як і азот та калій, необхідний для нормального розвитку рослин. Джерелом фосфору для рослин є фосфати ґрунту, головним чином фосфат кальцію $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Але для більшості ґрунтів фосфату кальцію недостатньо. Крім того, через його нерозчинність у воді він практично недоступний для рослин. Тому внесення в ґрунт розчинних фосфатів, так званих фосфорних добрив, має надзвичайно велике значення для підвищення врожаю сільськогосподарських культур.

У статті проаналізовано хімічний склад аграрних добрив та механізми впливу їх елементів на процеси життєдіяльності водних екосистем. Проаналізовано їх розчинність у воді, а також їх вірогідніший вплив на розвиток процесів цвітіння та замулювання водоймищ, зниження популяцій видів їх мешканців.

Ключові слова: дистанційне зондування; геоінформаційна система; евтрофікація; сільськогосподарське виробництво; екологія

Гребень Олександр Сергійович

старший викладач кафедри геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі Національного аерокосмічного університету імені М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Адреса робоча: 61070 Україна, м. Харків, вулиця Чкалова, 17

e-mail: a.greben@khai.edu

Трофимчук Олександр Миколайович

член-кореспондент Національної академії наук України, доктор технічних наук, професор, директор Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

e-mail: itelua@kv.ukrtel.net

ORCID ID 0000-0003-3782-4209

UDC 502.4+911+004.9

Olga V. Alokhdina¹, Associate Research Scientist
ORCID ID 0000-0002-5537-2720 *e-mail*: alokhdina2011@gmail.com

Oleg L. Ivantyshyn¹, PhD, Senior Researcher
ORCID ID 0000-0002-2340-6463 *e-mail*: oliv@ipm.lviv.ua

Mykola M. Korus¹, Engineer
ORCID ID 0000-0002-8014-5378 *e-mail*: nikkor2005@rambler.ru

Volodymyr V. Koshovyy¹, PhD, Leading Researcher
ORCID ID 0000-0002-4321-4266 *e-mail*: koshovyy@ipm.lviv.ua

Mykhailo O. Popov², ScD, Professor
ORCID ID 0000-0003-1738-8227 *e-mail*: mpopov@casre.kiev.ua

Bohdan P. Rusyn¹, ScD, Professor
ORCID ID 0000-0001-8654-2270 *e-mail*: rusyn@ipm.lviv.ua

¹Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

²State Institution Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Science of the NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

INFLUENCE OF NATURAL CLIMATIC FACTORS ON LAKES WATERS FLUCTUATIONS IN NATURE PROTECTED AREAS

***Abstract.** The question of “helio-dependence” of water level fluctuations within the closed type lakes in the West Polesie nature protected areas has been considered in the paper. The method of correlation analysis was used to define the interrelation between helio- and geophysical processes in the part that provides the ecological safety of the territory. The analysis has shown that the Total Solar Irradiance Index is more informative than the one including sunspot numbers.*

***Keywords:** nature protected area; closed type lake; water level fluctuations; “helio-dependence”; sunspot numbers; total solar irradiance; amount of precipitation*

Introduction

While the development of activities providing the ecological safety within the nature protected areas (NPA) it's necessary to take into account not only the influence of anthropogenic factors, because the last are often restricted by a current legislation. Today, with the intensification of nature climatic factors (NCF), the problem of their influence evaluation on the ecological stability within NPA is very urgent, especially in the context of providing their ecological stability. Among the NCF effects the most important are those, which are conditioned by factors of space origin, namely, solar activity (SA) processes that influence the components within the nature protected areas. A concept and structure of solar-terrestrial links (STL) studies are developed by organizations-participants of Shatsk Interdepartmental Research Ecological Laboratory of the NAS, MES and NAFR of Ukraine (Fig. 1) [1–3].

Estimation a degree of “helio-dependence” of water level fluctuations within the closed type lakes is one direction for study, proposed in the concept. Water balance of these type lakes is formed only by underground sources and meteorological conditions. Also, their functioning is characterized by quasi-stationarity, ecological stability and self-regularity.

The importance of such studies within the West Polesie nature protected areas is results from some kind of inconsistency of up to date estimations of these lakes water levels long-term dynamics and the reasons of their fluctuations. The main issue is the following: is it the result of water level fluctuations caused by nature factors or by man-made intervention into the hydrology? [3].

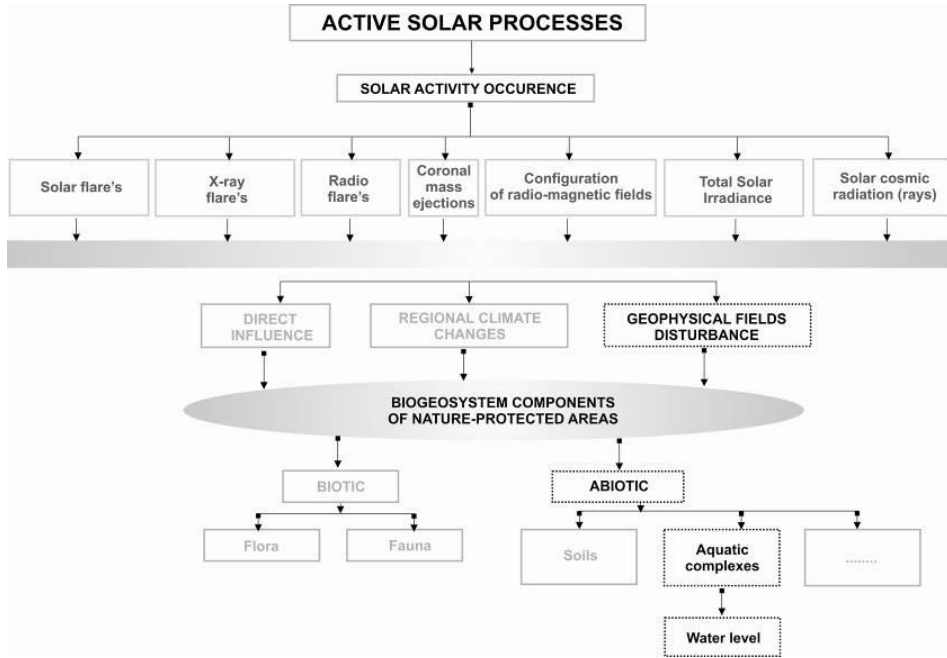


Fig. 1 – A concept of studying the solar-terrestrial links within the nature protected areas

Moreover, a long-term prediction of Svityaz Lake water level, from the ecological safety point of view, is also a topical issue owing to the fact that this lake is the main source of fresh water for ensuring the sustainability of this region.

State of Research

In the present-day science there is an opinion that it's necessary to take into account the influence of space factors, especially SA processes, on geosphere and biosphere components. Even V.I. Vernadsky has emphasized that their organization is an elements of space origin [4]. There is a system of direct and indirect physical links between helio- and geophysical processes. The Earth receives from the Sun not only light and heat what provide sufficient level of lightening and temperature of its surface and therefore provides ecosystems stability. Also, the surface is influenced by the ultraviolet and x-ray, solar wind, solar and galactic cosmic rays etc. Variations of the above-mentioned factors power being influenced by SA, lead to a chain of

interdependent phenomenon within the interplanetary space, namely, magnetosphere, ionosphere, neutral atmosphere, biosphere, geosphere (hydrosphere, upper lithosphere) of the Earth.

Two main aspects of solar-terrestrial links (STL) are considered, namely: *energy* – when the influence is limited by the transfer of energy, emitted during non-stationary processes on the Sun; *informational* – when the influence is limited by the redistribution of energy, accumulated in magnetosphere, ionosphere and neutral atmosphere of the Earth [5]. V.I. Vernadsky was one of the first who showed that geosphere (biosphere) evolution proceeds under the influence of space physical factors. Moreover, cosmic rhythms influence the terrestrial processes on all levels of geo- and biosphere organization. Thanks to his fundamental researches, such nature-scientific problems as “Sun-climate-geosphere” and “Sun-biosphere” were outlined, in the frames of which, the problem of solar activity processes “geoefficiency” was studied [6, 7].

Anyway, most of the terrestrial processes depend on cyclical changes of SA level. Today, solar cycles (SC) with the following periods are confirmed, namely: 11 years (most distinct), 22 (double), 30–40 (Briknerovskyy), 80–90 (century-old), 500 and 1800–1900 years. Therefore, it's natural to assume the existence of solar origin cycles in the water level fluctuations of closed type lakes. Investigations on SA processes “geoefficiency” within the “Sun-climate-geosphere” system show the intensification or weakening of geophysical processes during the solar cycle's maxima and minima [6, 7].

The aforesaid can be also applied to dynamics of closed type lakes water levels what is considered in scientific papers on the example of Patzcuaro Lake (Mexico), Chudske (Estonia) and others [8–12]. Above-mentioned papers describe general cycles, characterizing the water level fluctuations of closed types lakes and SA parameters changes within different ranges. Long-term (> 11 years) and short-term (2–4 years) fluctuations of these processes were studied using spectral and autoregressive spectral analysis. Analyses included parameters describing monthly-average SA values (sunspot area, index $F_{10,7}$, HL-index etc.), cosmic rays and water levels for the period 1850–1992. As the result, one can point out the following: statistically significant variations of water levels with periods equal to 2.6–4.1, 9–11.2, 22 and 80–90 years; delay of time fluctuations of solar activity maximum towards minimum – 3–4 years; predominance of 22-years solar cycle in hydrological processes etc. [8, 9, 11].

Materials and methods

Studies on “helio-dependence” of water-level of closed type lakes within the West Polesie nature protected areas of Ukraine were started in Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine at the beginning of 2000 [13]. In the present paper these studies are continued for the period of 22–24 solar cycles for Svityaz Lake. Also, previously obtained results on dependences between Svityaz Lake water level H_0 and SA, amount of precipitations V and air temperature T_n °C [13], as well as more general dependencies between space- and geophysical parameters for 18–21 SC period are taken into account [14, 15].

The present studies are developed by authors based on regional geophysical (hydrological, climatic) processes and helioprocesses data, which cover the

22–24 SC periods. Among them: average annual values of air temperature $T_{a.avr.}$ (1929–2004, 1985–2005, 1969–2017, 2010–2017); average monthly values of H (2010–2017) (H – distance from a fixed point to water mirror; increasing of which means the decreasing of Svityaz water level H_0); amount of precipitations V ; Wolf-number W and Total Solar Irradiance TSI data from 7 satellites that cover 1978–2017.

Interaction of solar radiation with atmosphere, geosphere and Earth hydrosphere defines the weather and climatic regimes of the Earth. Therefore, TSI variability monitoring is the important part of studies in the field of climate changes, especially in the context of SA influence on water levels of closed type lakes. From 1978, NOAA (*National Centers for Environmental Information*) forms the TSI database using the direct satellite monitoring (7 experiments: *Nimbus7 / ERB1*, *SMM / ACRIM12*, *ERBS / ERBE3*, *UARS / ACRIM24*, *SOHO / VIRGO5*, *ACRIMSAT / ACRIM36* and *SORCE / TIM7*) [15]. The analysis of the above-mentioned database proves that both SA and TSI are the internal changeable phenomena. Moreover, changes of TSI are a dominant stimulus for climate changes. Periodicity of these changes (Fig. 2) points to the fact that solar power influence on climate would dominate and in the future too.

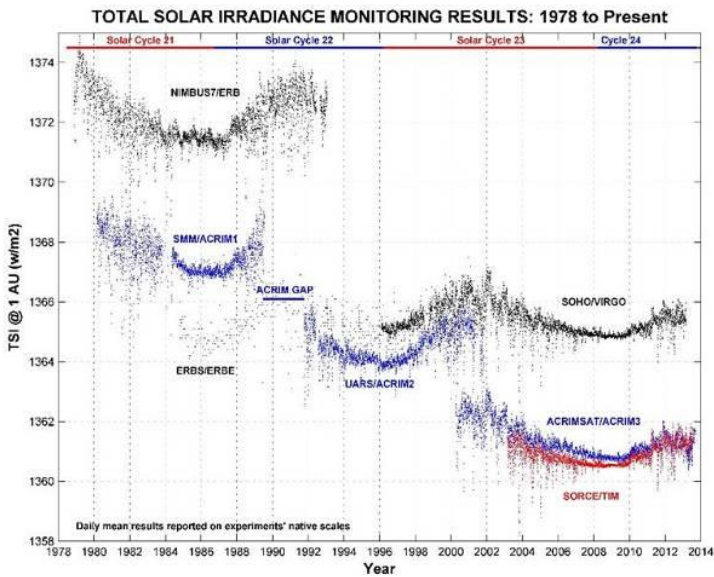


Fig. 2 – TSI satellite monitoring results during 1978–2014

Figure 3 and 4 show a long-term dynamics of H_0 for Svityaz Lake and regional $T_{a.avr.}$ during 22–24 solar cycles, accordingly. Dynamics of relative changes of δW (relative to the maximum in 22 SC), δH_0 (relative to maximum difference of average annual water level above the sea level during 22–24 SC) and δV (relative to maximum difference of precipitations average annual amount during 22–24 SC) is shown on Fig. 5.

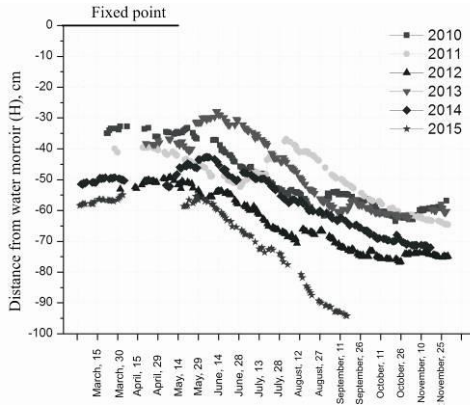


Fig. 3 – Dynamics of water level H_0 monthly fluctuations in Svityaz Lake (relative to fixed point) during 2010–2017

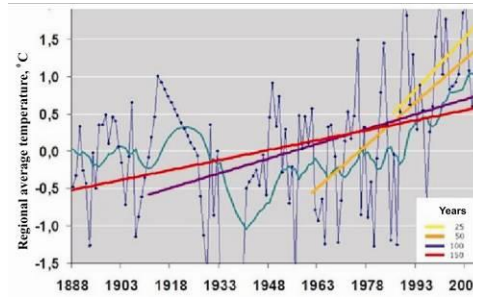


Fig. 4 – Changes of regional average annual air temperature $T_{a.avr.}$ and their linear approximation during last 120, 100, 45 and 25 years (different inclination angles)

The above data of studies include the following important information, namely:

- low water levels were observed during last two years (March–November, 2016–2017) as compared with previous one (2010–2017); the difference between water levels in March, 2010 and 2016 is more than 10 cm;
- the increase in global temperature is $0,35^{\circ}\text{C}$ during 1910–1940 and regional for the period 1986–2011 is 4,3 times more;
- one can observe a “synchronicity” in changes over time of the annual average and relative W and H_0 values that may indicate on “helio-dependence” of Svityaz Lake water level changes (Fig. 5).

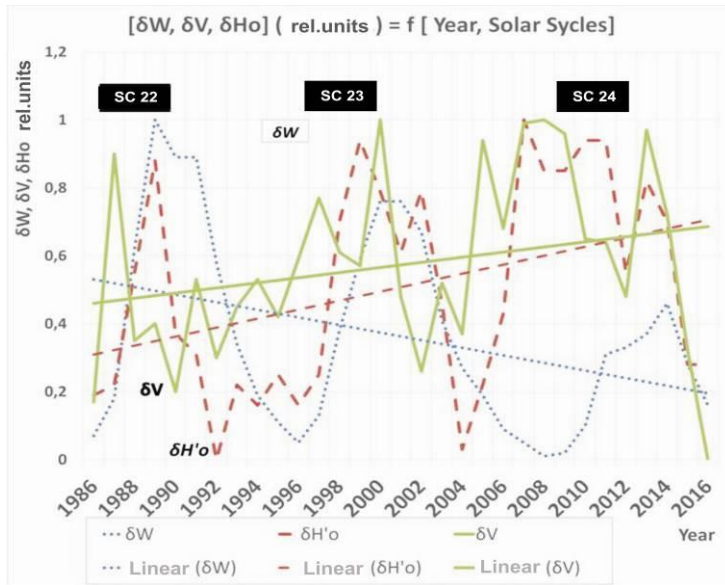


Fig. 5 – Relative changes (relative units) of Wolf number δW , amount of precipitations δV and water level δH_0 average annual values as well as their linear trends during 22–24 SC

The main task of current researches is to assess the degree and dynamics of dependencies (according the correlation coefficients $r - r_{v/w}, r_{H_0/V}, r_{H_0/W} = f(W, SC)$) between average annual values of H_0, W, TSI and regional climate $V, T_{a.avr.}, T_{a.max}$ during 22–24 SC and to compare them from the point of their influence on ecological state and safety of natural environment.

Results and discussions

A spectral-correlation analysis was used to study the “helio-dependency” of Svityaz Lake water level fluctuations. Basing on calculations of correlation coefficients r between H_0, W, V and TSI , the following conclusions were formulated:

1. Svityaz Lake water system is a complicated fluctuating system with different periods of water level changes and long-term (multiple-year) tendencies of its changes. The last depend on many external factors, viz. climatic (air temperature, precipitations), solar processes etc. Regional microclimate, mainly, influences the water level seasonal fluctuations (the water level during March–November 2010–2017 decreased as compared to 2015 by 39,3 cm).

2. Results of previous studies during 1929–2004 had showed an explicit 11 years cycle in fluctuations spectrum of sunspot number W and practically absent long-term 83 years cycle. Speaking about the analysis of water level fluctuations spectrum, one can note the existence of a long-term trend (83 years) of H_0 decreasing, what can be related to atmosphere circulations etc. (Fig. 6) [13]. Also, the existence of 8–12 years cycles within H_0 and W fluctuations spectrums during 1929–2004 was proved, where in the 11 years cycles of W and V are almost similar and their correlation is equal to $r_{V/W} \approx 0.76$.

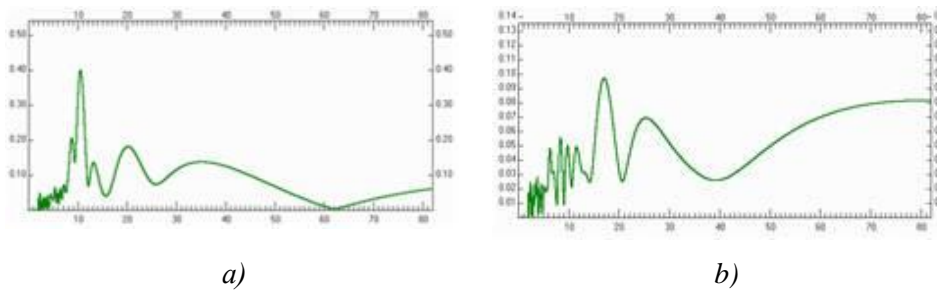


Fig. 6 – Fluctuations spectrum: a) sunspot number W ; b) Svityaz Lake water level H_0 (Y axis presents the amplitude in % from the average value, X axis – period, years)

3. Approximation of $\delta W, \delta V$ and δH_0 parameters changes during 22–24 SC (Fig. 5) and comparative analysis of their linear trends (Fig. 7) had showed a positive correlation between a long-term (during three SC) changes of δH_0 and δV parameters as well as the negative correlation between δH_0 and δW that indicates on strong dependence between Svityaz Lake water level and precipitations amount.

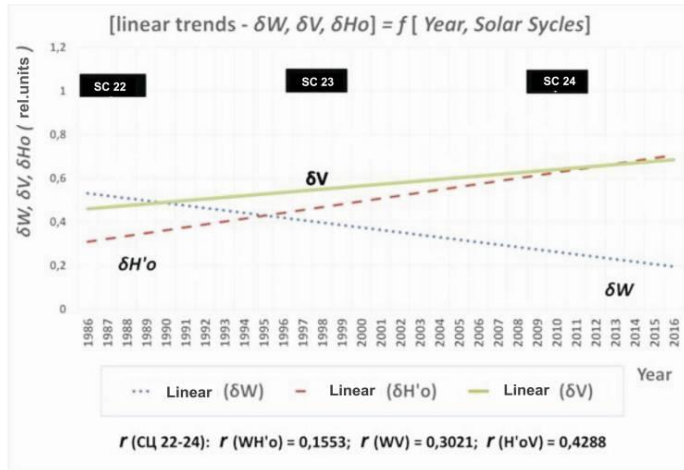


Fig. 7 – Linear approximation of relative changes trends during 22–24 SC (1986–2016) of average annual values: Wolf number δW , precipitations amount δV and water level δH_0

4. The dynamics of water level relative fluctuations δH_0 (relative to maxima) and precipitations amount δV had been defined within each 22–24 SC during the process of W relative change increase and decrease (solid line) (Fig. 8a–8c) as well as their linear trends (dotted line). Figure 8d showed the resulting graph of $\Delta H_0/\Delta V$ ratio changes covering 22–24 SC, which describe a dependency between ΔH_0 and ΔV increase.

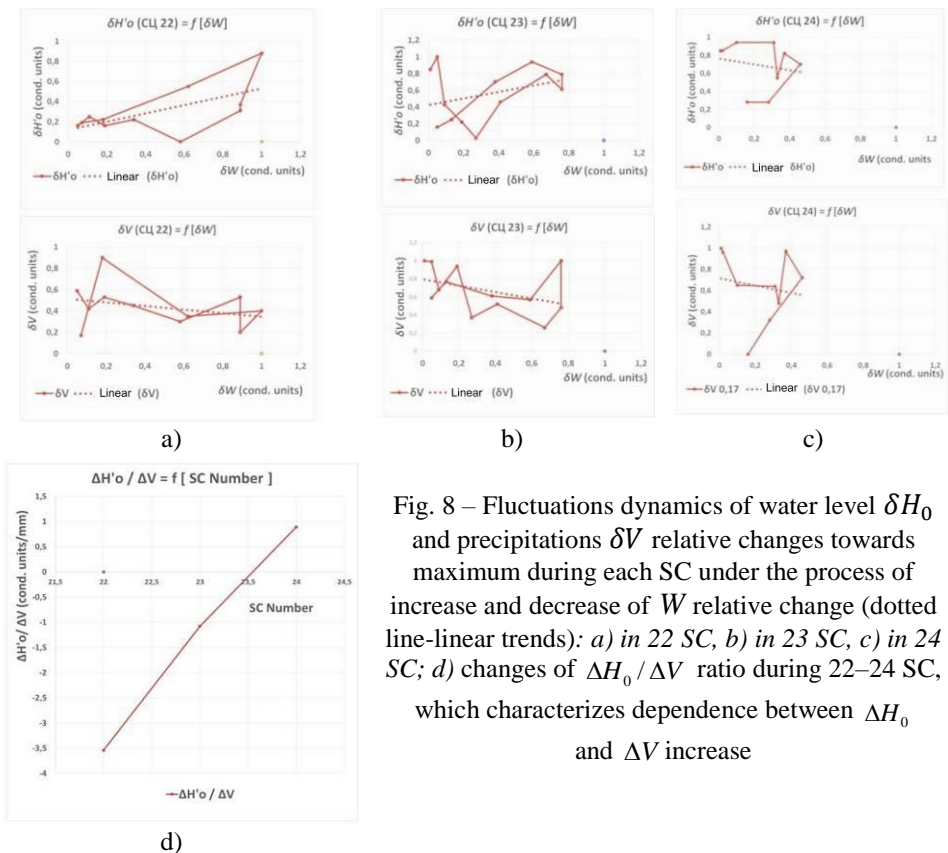


Fig. 8 – Fluctuations dynamics of water level δH_0 and precipitations δV relative changes towards maximum during each SC under the process of increase and decrease of W relative change (dotted line-linear trends): a) in 22 SC, b) in 23 SC, c) in 24 SC; d) changes of $\Delta H_0/\Delta V$ ratio during 22–24 SC, which characterizes dependence between ΔH_0 and ΔV increase

The above-mentioned graphs show that the dynamic of water level H_0 fluctuations and precipitations V during the increase/decrease of W has some similarity. At the stage of W increase one can see the increase of H_0 and at the stage of W decrease, H_0 also decreases. This experimental fact indicates the opportunity for a long-term forecasting the dynamics of closed type lakes water levels. Moreover, it provides the informational basis for ecological safety enhancement within the West Polesie nature-protected areas.

5. Comparison the dynamics of total solar irradiance relative changes $TSI(\delta TSI = \Delta TSI/TSI_{max})$ with relative changes of $\Delta H'_0$ and V (Fig. 9a) during 22–24 SC as well as the dynamics of such correlation coefficients as $r_{H'_0/W}, r_{V/W}, r_{H/V}$ (Fig. 9b), evidences a significant influence of TSI on precipitations amount (close linear dependence of $\Delta H'_0$ on ΔV and “synchronicity” progress of δTSI and ΔV lines).

6. Figure 10 also indicates a considerable influence of total solar irradiance on water level of closed type lakes. It shows the contribution level of separate parameters of helio- and geophysical processes into the formation of solar-terrestrial links helioefficiency level. It's demonstrated by the dependence between correlation coefficients $r_{H'_0/W}, r_{V/W}, r_{H/V}, r_{H'_0/TSI}$ and parameters, characterizing these processes (during 22–24 SC).

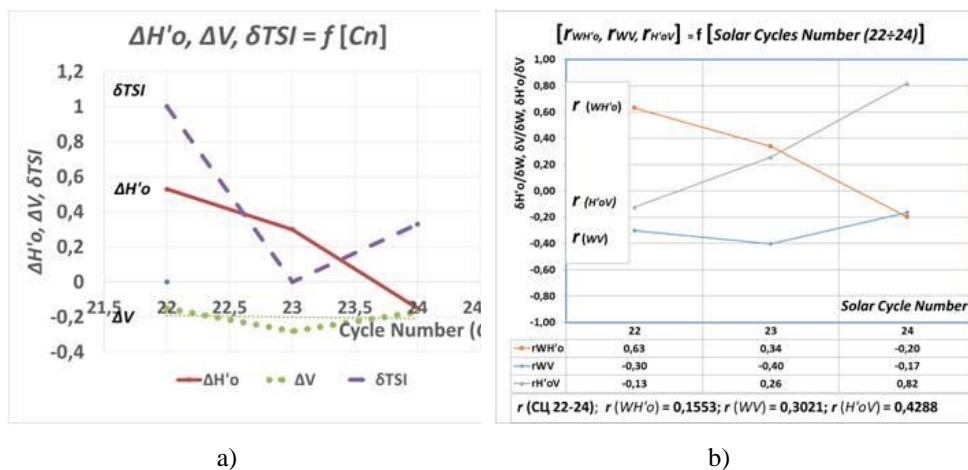


Fig. 9 – Dynamics of changes during 22–24 SC (1986–2016) of: a) relative changes of water levels H'_0 , precipitations V and TSI ; b) correlation coefficients between H'_0 , V and W

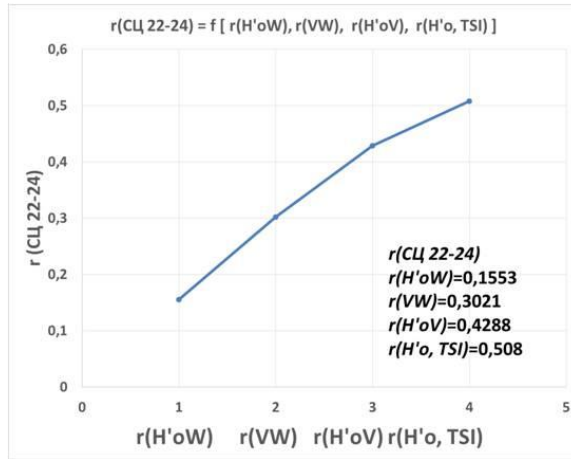


Fig. 10 – The dependence between correlation coefficients $r_{H'o/W}, r_{V/W}, r_{H/V}, r_{H'o/TSI}$ and parameters, characterizing a helioefficiency of closed type lakes water level fluctuations

Thus, as solar irradiance, in fact, determines the density of radiated solar energy (W/m^2) and, respectively, the temperature regime on the Earth surface, therefore it can be considered as a defining natural factor of space origin, influencing the “helio-dependency” of closed type lakes water level fluctuations within the West Polesie nature-protected areas.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Panasyuk, V. V., Lyalko, V. I., & Naida, V. V. (2009). Shatska mizvidomcha naukovodoslidna ekologichna laboratoriya: Organizaziya I programa diyalnosti. *Nauk. Visnyk VDU Im. L. Ukrainky*, (1), 116-122 (in Ukrainian).
2. Didukh, I. P., & Popov, M. O. (2009). Rol Shatskoho natsionalnoho pryrodnoho parku v konteksti zavdan Derzhavnoi tsilovoi ekologichnoi prohramy monitorynhu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha. *Nauk. Visnyk VDU Im. L. Ukrainky*, (1), 8-15 (in Ukrainian).
3. Alohina, O. V., Koshovyi, V. V., & Ivantyshyn, O. L. (2012). Vplyv soniachnoi aktyvnosti na ekologichni protsesy na pryrodo-zapovidnykh terytoriiakh Zakhidnoho Polissia: Problema chy hipoteza? *Nauk. Visnyk VDU Im. L. Ukrainky*, 294-301 (in Ukrainian).
4. Shuhrina, S. M., & Vzutyi, A. M. (1986). *Soniachna aktyvnist i biosfera*. Novosybirsk (in Russian).
5. Ivantyshyn, O. L., & Koshovyi, V. V. (2016). Do otsiniuvannia heofektyvnosti soniachnykh yavyschch. In *Ukrainian Conference on Space Research, Odessa, Ukraine* (p. 33). Kyiv, Ukraine (in Ukrainian).
6. Ermolaev, Y. I., & Ermolaev, M. Y. (2009). Solnechnyye i mejplanetnyie istochniki geomagnitnyih bur: Aspektyi kosmicheskoy pogodyi. *Geofiz. Protssessyi I Biosfera*, 8(1), 5-35 (in Russian).
7. Echer, E., & Gonzalez, W. D. (2004). Geoeffectiveness of interplanetary shocks, magnetic clouds, sector boundary crossings and their combined occurrence. *Geophysical Research Letters*, 31(9). doi:10.1029/2003gl019199 (in English).
8. Libin, I., Prilutskiy, R., & Yaani, A. (1989). Vozdeystvie izmeneniy solnechnoy aktivnosti na geofizicheskie i gidrologicheskie protsessyi. I. Spektralnyie harakteristiki kolebaniy vodnosti Chudskogo ozera. *Izv. AN Estonii. Biol.*, 38(2), 97-106 (in Russian).

9. Libin, I., Prilutskiy, R., & Yaani, A. (1990). Vozdeystvie izmeneniy solnechnoy aktivnosti na geofizicheskie i gidrologicheskie protsessyi. II. Korotkoperiodnyie kolebaniya vodnosti Chudskogo ozero. *Izv. AN Estonii. Geol.*, 39(3), 98-107 (in Russian).
10. Libin, I. Y., Guschina, R. T., Peres-Peraza, H., Leyva, A., & Yaani, A. (1996). Vozdeystvie izmeneniy solnechnoy aktivnosti na gidrologicheskie protsessyi: Avtoregressionnyiy analiz solnechnoy aktivnosti i urovney ozer. *Geomagnetizm i Aeronomiya*, 36, 79-82 (in Russian).
11. Peres-Peraza, J., Leyva, A., & Zcnten, G. (1995). *Influence of solar activity on hydrological processes: Spectral and autoregressive analysis of solar activity and levels of lakes Patzcuaro and Tchudskoye* (p. 24, Rep. No. 95-3). Mexico: UNAM (in English).
12. Dorman, L. I., Libin, I. Y., Mikolayunas, M. M., & Yudahin, K. F. (1987). Variatsii kosmofizicheskikh i geofizicheskikh parametrov v 18–21 tsiklah solnechnoy aktivnosti. *Geomagnetizm i Aeronomiya*, 27(3), 483-485 (in Russian).
13. Tsvyd-Andrew, N. V. (2015). Influence of the solar activity on the hydrometeorological processes. *SWorld Journal*, J11502, 3-8. Retrieved from <http://www.sworldjournal.com/e-journal/j11502.pdf> (in English).
14. Dorman, L. I., Libin, I. Y., Mikolayunas, M. M., & Yudahin, K. F. (1987). Svyaz kosmofizicheskikh i geofizicheskikh parametrov v 19-20 tsiklah solnechnoy aktivnosti. *Geomagnetizm i aeronomiya*, 27(2), 303-305 (in Russian).
15. NOAA (National Centers for Environmental Information) Composite TSI database 1978-present. (n.d.). TSI monitoring by satellite experiments. Retrieved from <https://www.ngdc.noaa.gov/stp/solar/solarirrad.html#composite> (in English).

Text of the article was accepted by Editorial Team 30.11.2018

О.В. Альохіна, О.Л. Івантишин, М.М. Корусь, В.В. Кошовий, М.О. Попов, Б.П. Русин
ВПЛИВ ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНИХ ЧИННИКІВ НА КОЛИВАННЯ ВОДНОСТІ ОЗЕР ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ

Анотація. У статті розглянуто питання «геліообумовленості» коливань водності озер замкнутого типу на природоохоронних територіях Західного Полісся. Засоби кореляційного аналізу використано для визначення ступеня зв'язку між геліо- і геофізичними процесами в частині впливу на стан екобезпеки території. Встановлено, що параметр сумарної сонячної радіації є більш інформативним, ніж параметр, що враховує лише кількість сонячних плям.

Ключові слова: природоохоронна територія; озеро замкнутого типу; коливання водності; геліообумовленість; кількість сонячних плям; сумарна сонячна радіація; кількість опадів

Альохіна Ольга Володимирівна

молодший науковий співробітник екологічної лабораторії відділу оптико-електронних інформаційних систем Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України
Адреса робоча: 79060 Україна, м. Львів, вул. Наукова, 5
Тел: (032) 2296518, (032) 2229320, **e-mail:** alokhina2011@gmail.com
ORCID ID 0000-0002-5537-2720

Івантишин Олег Любомирович

кандидат технічних наук, завідувач радіоастрономічної лабораторії відділу методів і систем дистанційного зондування Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України
Адреса робоча: 79060 Україна, м. Львів, вул. Наукова, 5
Тел: (032) 2296874, **e-mail:** oliv@ipm.lviv.ua
ORCID ID 0000-0002-2340-6463

Корусь Микола Миколайович

молодший науковий співробітник, інженер I кат. відділу методів і систем дистанційного зондування Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України

Адреса робоча: 79060 Україна, м. Львів, вул. Наукова, 5

Тел: 032 2296518, **e-mail:** nikkor2005@rambler.ru

ORCID ID 0000-0002-8014-5378

Кошовий Володимир Вікторович

кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник відділу методів і систем дистанційного зондування Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України

Адреса робоча: 79060 Україна, м. Львів, вул. Наукова, 5

Тел: (032) 2637218, (032) 2229320, **e-mail:** koshovy@ipm.lviv.ua

ORCID ID 0000-0002-4321-4266

Попов Михайло Олексійович

доктор технічних наук, професор, директор ДУ «Центр аерокосмічних досліджень ІГН НАН України»

Адреса робоча: 01054 Україна, м. Київ, вул. О. Гончара, 55-б

Тел: (044) 482-01-66, **e-mail:** mpopov@casre.kiev.ua

ORCID ID 0000-0003-1738-8227

Русин Богдан Павлович

доктор технічних наук, професор, завідувач відділу методів і систем дистанційного зондування Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України

Адреса робоча: 79060 Україна, м. Львів, вул. Наукова, 5

Тел: (032) 2296113, **e-mail:** rusyn@ipm.lviv.ua

ORCID ID 0000-0001-8654-2270

UDK 628.35; 651.6; 556.3

Sergii V. Telyma, PhD, Senior Research Associate
ORCID ID 0000-0003-0109-0696 *e-mail*: telymase@gmail.com

Vitalii S. Kremez, PhD, Senior Research Associate
e-mail: kremez@ukr.net

Institute of Hydromechanics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

THE METHODIC OF CALCULATIONS OF THE CONTAMINATION OF THE GROUND WATERS ON THE IRRIGATED LANDS AND THE AJOINED TERRITORIES

***Abstract.** The general methodic of calculations of the contamination spreading of the different origin in the ground waters on the irrigated lands and ajoined territories on the base of the modern mathematical models of the masstransfer is proposed. Some features of the calculation models and the criterias of its using are analysed. The methodic example of the analytic solution of the masstransfer problem for the case of the homogeneous watersaturated media is presented.*

***Keywords:** contamination; masstransfer; filtration; sorbtion; diffusion; dispersion; irrigation; mathematic models; base calculative schemes*

Introduction

The substantial changing of the biosphere and its individual components caused by intensive technogeneous influence on the surrounding media in modern conditions presents a serious threat to environmental safety and requires the immediate adoption of the adequate measures. In particular many environmental experts notice a dangerous trends in development the environmental conditions in rural areas where the extensive approach to agriculture negatively affected on the land fund [2–4]. Soil depletion by reducing total reserves of nutrients and worsening of the its structural properties due to the gradual destruction of aggregates and the impoverish ment of the composition of the microflora are complicated by the processes of erosion, flooding and salinization that occurring almost everywhere and therefore the most reliable way of improving of the productivity and preserving of lands lies in the profound investigations of a soil regimes [2, 4].

Not long ago it has come to the common opinion that obtaining maximum yields should not be the determining purpose of agrarian policy [4]. Indeed, its achievement is usually associated with a high risk of the spreading of toxic compounds of nutrients (nitrites, nitrates) outside the regulated area (field) and their accumulation in plant production. Using of contaminated with such compounds production causes poisoning, metabolic disorders, chronic diseases and other even more serious health problems in the population [1, 4, 11]. To our mind the only reliable means to prevent migration and accumulation of biogenic toxins consist of in creation a modern methodological base with a broad involvement the data of the natural experiments with the following profounded analysis of its. This requires an in-depth study of the soil processes and the substantiation of the basic soil regimes, the construction of a generalized mathematical models and the development of the methods for calculating regime characteristics, constructive and technological parameters [13, 14].

The main features of proposed methodic

The key point in any theoretical analysis of the behavior of the ecosystems soil-plant is a complex model of nutritional regime which in each case has a complicated structure dictated by high requirements for the quality of scientific predictions and is due to the diversity of nutrients and regime-forming processes (transformational, exchange, transport) [4, 6, 7].

Thus the models of water regime should necessarily to reflect the features of the flow of groundwater with full and incomplete saturation as a single stream consisting of two zones with significantly different water-physical properties and include the main water-physical characteristics of moisture – the main hydrophysical characteristics and the coefficient moisture transfer which in full saturation is coefficient filtration [1, 6, 7].

In general the decisive role in the construction of calculative models of migration based on which the hydrogeochemical prediction, planning and interpretation of regime observations are carried out is played the migration schematization of the processes and conditions of mass transfer in aquifers [6, 9, 10]. In this case two stages can be distinguished: 1) filtration schematization of migration conditions; 2) schematization of the process of mass transfer (actually the migration schematization). It should be noted that the first stage in the general case is not equivalent to the geofiltration schematization carried out in relation to the substantiation of the models of the geofiltration process. In addition we note that a fairly clear separation of two stages of migration schematization is possible only under conditions where the filtration pattern does not depend on the transport of matter. The main aspects of migration schematisation are as follows:

1) schematization of the influence of processes of mass transfer on the calculation schemes of filtration; 2) schematization of physico-chemical interaction of groundwater with the main body of the soil as well as physical and chemical transformations occurring directly in the underground solutions; 3) revealing of the relative importance of the individual mechanisms of convective-dispersive transfer; 4) substantiation of the appropriate levels of the study of migration processes in heterogeneous aquifer systems with the analysis of the possibilities of the reduction of heterogeneous complexes to quasihomogeneous; 5) schematization of the structure of the migration flow; 6) schematization of the boundary conditions of migration; 7) schematization of the development of the migration process in time.

Schematization of the effect of mass transfer on the calculation scheme of filtration should proceed primarily to assess the possible impact of migrating components on the density and to a lesser extent the viscosity of groundwater. If the changes in these indicators are markedly small then as a rule the filtering part of the migration task can be considered independently of the mass transfer. It should be noted that the set of conditions in which it is possible to neglect changes in the density of groundwater depend heavily on a particular filtration picture first of all from the gradient of the stream J and its orientation as well as from the profile filtration anisotropy.

In schematization of physico-chemical processes the general assumptions are reduced to the following: 1) thermodynamic conditions are often considered constant regardless of the migration process; 2) the migration of each of the components is considered independently without taking into account their mutual influence (both in the solution and in the mineral phase); 3) although for the aquifers solutions the

variety of chemical states of elements contained in them is typical all estimates are made only for prevailing migration forms with known thermodynamic parameters.

Despite the fact that these assumptions in many cases are idealized they are still widely used in practice due to the weakness of other approaches and the difficulties of their implementation and the lack of their trustworthy input information.

The greatest interest from the positions of possible simplification of the calculation model is the estimation of the relative importance of the convective transfer on the one hand and the diffusion- dispersion on the other. To do this you can use the ratio of the size of the transition zone (due to hydrodispersion) and the characteristic length of the transfer as well as known estimates which are given in the different publications [1, 6–10].

Schemes that neglect the hydrodispersion (schemes of piston extrusion) provide a safety margin for estimating concentration values along filtration flow trajectories that coming from a source of pollution but at the same time lowering the time of the initial stage of pollution and the size of the area covered by pollution. Possibility of widespread use of the schemes of piston extrusion (only convective transfer) is not in doubt when assessing the ascending inflow of deep mineralized water to drainage: the effect of hydrodispersion here is noticeably smoothed by the simultaneous tightening of solutions to water intakes from various hydrochemical zones.

The primary aspect of the migration schematization of the flow structure is the construction of a real often three-dimensional process of transferring a neutral component to two-dimensional or one-dimensional models which is achieved by fragmentation of the process in space and time. In the analysis of such a possibility and ways of its realization it is necessary to consider together many factors among which the main ones are: 1) the degree of development of the transverse (plan and profile) dispersion; 2) heterogeneity of the medium; and 3) characteristic distances and transport time.

In the first (and partly in the third) of these factors it is necessary to allocate in first of all the migration flows with a noticeable and neglectably small development of the planned transverse dispersion; such differentiation is determined mainly by the filtration field near the source of pollution and the characteristic length of the transfer L as well as the intensity of the dispersion. In the case of not too large values of L and with a sufficiently high hydrodynamic activity of the source in comparison with the estimated flow of the natural filtration flow the first type of migration flows develop "areas of spreading" in which the transverse plan dispersion can be neglected. So for the axial line of the area this is assumed already when the next criterion is fulfilled: $Q_0 > (5...10)Q_e / \sqrt{L/\delta'}$, where δ' is the parameter of the transverse dispersion. On the contrary rather length migration flows from the sources with comparatively weak hydrodynamic activity are related to the second type "areas of scattering". Here the value of the transverse plan dispersion is usually large (at least for the times of order $t_0 = Ln/V_e$). By analogy it is possible to write the following necessary criterion for the area of scattering taking into account the transverse dispersion: $Q_0 < (1...2)Q_e / \sqrt{L/\delta'}$.

For flows of the first type the basic calculative estimates can be made along the fixed lines of flows in the plane without taking into account the interaction between them. In this case the profile two-dimensional or even one-dimensional calculation models of migration can be used.

For the flows of the second type due to the need to take into account the transversal plane dispersion the calculative migration model should be two-dimensional in the plane. Within the framework of this model the profile heterogeneity of aquifers can also be taken into account provided that the field of the filtration rates in the profile is one-dimensional within the selected elements of the layer. Otherwise it is necessary to appeal to three-dimensional migration models which at the modern conditions is not real.

Analyzing the formulation of the boundary conditions of migration it should be noted that for layers of small length when the main features of the migration process are quickly determined by the influence of the original boundary it is unacceptable to carry out the schematization based on field estimates for the calculative models of an unbounded layer. This circumstance has the fundamental importance to scattering areas. In this case the presence of a remote external boundary and the nature of the conditions on it can radically change the concentration field not only near the boundary but also at considerable distances from it. At intensive removal of matter from the boundaries (the first kind) a general tendency towards to decreasing in concentration appears and at the zero condition of the second kind there is a tendency of the opposite direction.

We especially note the need for direct account in the boundary conditions the migration parameters of the rocks and man-made formations with the special properties distinctive to the supply contours (for example the pools of industrial wastes).

When schematising the development of the migration process in time in the general case it is necessary to focus on the non-stationary statement of the problem of mass transfer. As exceptions there are the scattering areas that are formed in the intensive manifestation of the transverse dispersion. For such areas it is significant the formation of the stationary (quasi-stationary) migration fields near the entry boundaries that gradually increase in size over the time.

It should be noted that the principles of migration schematization differ substantially more higher complexity than the usual principles of geofiltration schematization and only in some cases can be reduced to the strict quantitative criteria. On the other hand in the study of the migration processes as a rule the shortage of necessary source information is much more affected and the main limiting factor is often the lack of substantiation of the filtration scheme.

Migration of fertilizers, pesticides and other pollutants in the irrigation areas under the conditions of interconnection of underground and surface water is formed under the influence of permanently operating sources of dissolved pollution (canals, rivers) as well as pollutants that coming from the zone of aeration during irrigation from the surface of the earth when fertilizers and pesticides are introduced and the peculiarities of this process are caused by various parameters relations.

An analysis of the conditions of the motion of various fertilizers, pesticides and other substances in groundwater on irrigated areas under the conditions of interconnection of underground and surface waters allows to distinguish several typical schemes that are most commonly encountered in migration studies [8, 9].

So in Fig. 1 the scheme of filtration and migration of contaminants from the canal and from the irrigated lands in the reservoir (river) is presented which is one of the most typical. In this case the waterdivide is not present and the migration of pollution occurs in one direction.

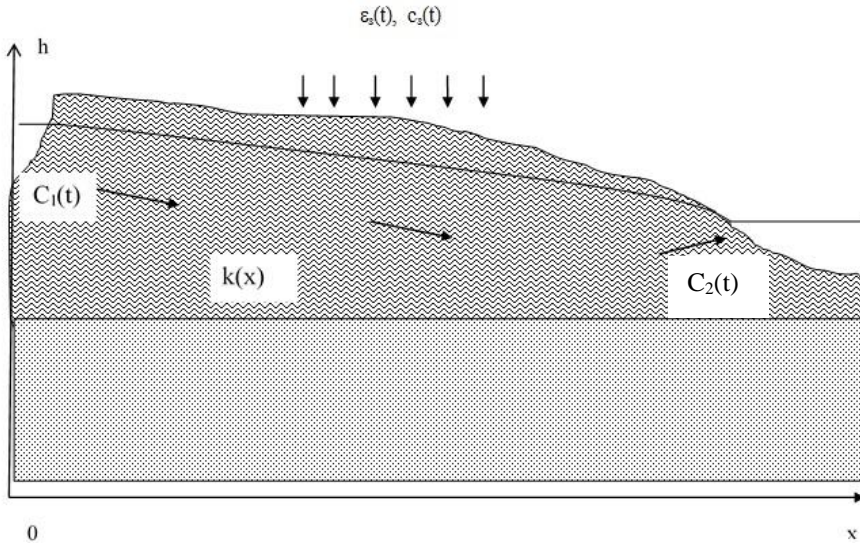


Fig. 1 – Scheme of filtration and spread of contamination from the canal and from irrigated land to the reservoir (pond)

$C_1(t)$, $C_2(t)$ – concentration of pollution in the channel and the reservoir (river),
 $C_p(t)$ – concentration of contaminants in irrigation water,
 $\varepsilon(t)$ – Infiltration power intensity,
 —→ – the direction of the spread of contamination

The equation of motion and the preservation of the mass of salts for the above scheme can be written as [1, 5, 8]:

$$-\frac{\partial q}{\partial x} + \varepsilon_1 C^* - \varepsilon_2 p C = \frac{\partial(nhC)}{\partial t} \quad (1)$$

$$q = \left(vC - D \frac{\partial C}{\partial x} \right) h, \quad D = D_m + \lambda |v| \quad (2)$$

where q – mass flow of salts in the ground water stream; D – coefficient of convective diffusion; C – concentration of salts in any section of the flow; C^* – concentration of salts that come with the infiltrated water; p – normalization factor; λ – dispersion parameter; D_m – coefficient of molecular diffusion; v – velocity of the filtration flow.

Coefficient $p = 1$ if the evaporating moisture from the groundwater surface contains volatile components of salts and $p = 0$ if not contains.

The equation (2) can be represented as follows:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \left(Dh \frac{\partial C}{\partial x} \right) + C \left(-\frac{\partial v h}{\partial x} + \varepsilon - m_0 \frac{\partial h}{\partial t} \right) - \\ - v h \frac{\partial C}{\partial x} + \varepsilon (C_p - C) = m_0 h \frac{\partial C}{\partial t} \quad (3) \\ \varepsilon = \varepsilon_2 p + \varepsilon_0; \quad c_p = \varepsilon_1 C^* / (\varepsilon_2 p + \varepsilon_0) \end{aligned}$$

If the evaporation from the groundwater surface is absent or not taken into account ($\varepsilon_2 = 0$) then $C_p = C^*$, $\varepsilon = \varepsilon_0 = \varepsilon_1$. If the ground waters are high and the evaporation has a place then at $p = 0$ will be $c_p = \varepsilon_1 C^* / \varepsilon_0$ and $\varepsilon = \varepsilon_0$ and if $p = 1$ respectively $C_p = C^*$ and $\varepsilon = \varepsilon_1$.

Based on the equation of continuity the second component in equation (3) is assumed to be 0.

Then taking into account the variable values of the filtration rate, the thickness of the flow and the mass transfer processes equation (3) can be written as:

$$\frac{\partial(nC)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) - V \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{\varepsilon}{h} (C_p - C) - \frac{\partial \sigma}{\partial t} \quad (4)$$

where σ – mass concentration of the substance in the solid phase.

The above differential equations allow us to find the fields of the concentrations in groundwaters when we know the distribution of the concentrations at the initial moment of time (initial conditions), the geometric form of the considered filtration domain and the velocity field in it and also the conditions for salt exchange at the boundaries of this domain (boundary conditions) and experimental parameters of salt transfer (coefficients of the differential equations) which are using from the experimental research.

We can write these conditions for the systems of equations (1)–(3). Initial conditions are determined by the distribution of the contaminations concentrations in the soil at some point in time adopted at the beginning of the reference time of the process ($t = 0$). In the initial concentration state of the medium the entire previous history of the process is reflected and for the subsequent course of the changing in the salt process it does not matter at all how this conditions arose.

Mathematically the initial conditions can be expressed by the dependencies of the form:

$$C(x,0) = C^0(x) = f_1(x), \quad \sigma(x,0) = \sigma^0(x) = f_2(x) \quad (5)$$

Schematization is used to simplify the problem of solving when the uneven initial distribution of pollution is replaced by averaging.

It should be noted the peculiarity of the boundary value problems of salt transfer in soils: the longer the time passes from the initial moment the less initial conditions affect the concentration fields.

Boundary conditions (at $x = 0$) can be as follows:

1. On the boundaries of the domain may be given a condition of the first kind for example on the boundary of the waste waters reservoir in the inlet section ($x = 0$)

$$C(0,t) = C_s(t) \text{ or } C_s = \text{const} \quad (6)$$

where C_s – concentration of water in the storage, g/l.

2. More often the boundary condition of the third kind formulated for the first time by Dankworth is given at the entrance boundary ($x = 0$)

$$(C(0,t) - C_p)V = D \frac{\partial C(0,t)}{\partial x} \quad (7)$$

This condition expresses the balance of dissolved pollutions in the inlet section of the flow: the flow of pollutants entering to the soil due to filtration is equal to the pollution discharge at the lateral boundary layer ($x = 0$) which is formed as a result of diffusion and filtration. Using this condition gives a gradual change in concentration near the lateral boundary of the layer to the concentration C_p which is observed in the real conditions of migration of pollutions.

At the outer boundary of the layer at ($x = L$) the boundary condition of the second kind is most often set.

The following system of equations is used to simulate the migration of contaminations in the ground waters taking into account the lateral source of chemical elements (river, canal) and their arrival on a free surface from the surface of the earth (irrigated and rainy land).

At this assumed that the filtration flow in two-layer domain for example is nonstationary and the values of the filtration rates in each of the layers V_1, V_2 are obtained from solving of the problem of nonstationary filtration. Then we have the following system of the equation:

$$n_1 \frac{\partial C_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_1 \frac{\partial c_1}{\partial x} \right) - V_1 \frac{\partial C_1}{\partial x} - \lambda C_1 - \frac{\partial \sigma_1}{\partial t} - \frac{D_1}{m_s m_1} (C_1 - C_2) + \frac{\varepsilon}{m_1} (C_p - C_1) \quad (8)$$

$$\frac{\partial \sigma_1}{\partial t} = \alpha_1 C_1 - \beta_1 \sigma_1 \quad (9)$$

$$n_2 \frac{\partial C_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_2 \frac{\partial c_2}{\partial x} \right) - V_2 \frac{\partial C_2}{\partial x} - \lambda C_2 - \frac{\partial \sigma_2}{\partial t} + \frac{D_1}{m_s m_2} (C_1 - C_2) \quad (10)$$

$$\frac{\partial \sigma_2}{\partial t} = \alpha_2 C_2 - \beta_2 \sigma_2 \quad (11)$$

where x – horizontal coordinate; t – time; $C_1(x,t)$ – concentration of the pollutions in the pore solution in the upper layer; $C_2(x,t)$ – the concentration of the same contaminations in the pore solution in the lower layer; $\sigma_1(x,t)$ – concentration of solid phase contaminations in the upper layer; $\sigma_2(x,t)$ – concentration of contaminations in the solid phase in the lower layer; n_1, n_2 – active porosities of each layer; λ – the rate of destruction (decay) of a substance determined by the properties of pollution and therefore is the same for each of the layers; α_i ($i = 1,2$) – coefficients of adsorption rate of matter in each of the layers; β_i ($i = 1,2$) – coefficients of the rate of desorption of matter in each of the layers; D_1 – diffusion coefficient; m_1, m_2 – the thickness of the upper and lower layers; m_s – the thickness of the separator layer; ε – intensity of infiltration; C_p – concentration of contaminations in the infiltration water.

To solve the equations (8)–(11) the initial and boundary conditions are defined that correspond to the peculiarities of the simulated processes.

So if the flow of contaminations into the formation occurs on the left border at $x=0$ and the aquifer is drained on the right border at $x=L$ then the boundary conditions can be written as:

$$C_1(x,0) = C_1^0, \quad C_2(x,0) = C_2^0, \quad \sigma_1(x,0) = \sigma_1^0, \quad \sigma_2(x,0) = \sigma_2^0, \quad (12)$$

$$(C_2(0,t) - C_{2,p})V_2 = D_2 \frac{\partial C_2(0,t)}{\partial x} \quad (C_1(0,t) - C_{1,p})V_2 = D_1 \frac{\partial C_1(0,t)}{\partial x} \quad (13)$$

$$\frac{\partial C_2(L,t)}{\partial x} = \frac{\partial C_1(L,t)}{\partial x} = 0 \quad (14)$$

It should be noted that the above equations with the corresponding initial and boundary conditions can be solved by well known numerical methods and the methods of the finite differences are used most often [1, 5, 8, 11, 12]. However for the study and analysis of the above processes in many cases it is sufficient to consider simplified models that can be realized by the analytical methods.

As was already noted above it is too hard to obtain a solution of the equations of migration of pollutions even in the conditions of homogeneous soil if taking into account the changeability of the input coefficients and the arbitrary boundary conditions.

However with the large values of the Peckle parameter (at neglecting of the diffusion transport of the matter) the constant values of the coefficients of equations, the constant initial and boundary conditions the mathematical model of migration in a homogeneous soil (4)–(6) can be simplified and reduced to the consideration of the next system of equations:

$$n \frac{\partial C}{\partial t} = -V \frac{\partial C}{\partial x} - \lambda C - \frac{\partial \sigma}{\partial t} + \frac{\varepsilon}{m} (C_p - C), \quad (15)$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} = \alpha C. \quad (16)$$

with initial conditions

$$C(x,0) = C^0, \quad (17)$$

$$\sigma(x,0) = \sigma^0 \quad (18)$$

and a boundary conditions

$$C(0,t) = C_L. \quad (19)$$

For analytical solution of the given system the method of Laplace's integral transformations was used [1, 8].

After obvious transformations and direct using of Laplace's inverse transformation we obtain the next formula for determining the first of two unknown functions $C(x, t)$:

$$C(x, t) = \left[\left(C_L - C^0 \frac{k_2}{k_1} \right) e^{-\frac{n}{V} k_1 x} - C^0 \left(1 - \frac{k_2}{k_1} \right) e^{-k_1 t} \right] \eta \left(t - \frac{nx}{V} \right) + \frac{C^0 k_2}{k_1} + C^0 \left(1 - \frac{k_2}{k_1} \right) e^{-k_1 t}. \quad (20)$$

A solution for another unknown function $\sigma(x, t)$ is obtained from the second equation of the output system of equations by direct integration and in the result of the obvious transformations as:

at $t < \frac{nx}{V}$

$$\sigma(x, t) = \alpha \frac{C^0 k_2}{k_1} t + \frac{\alpha C^0}{k_1} \left(1 - \frac{k_2}{k_1} \right) (1 - e^{-k_1 t}), \quad (21)$$

at $t \geq \frac{nx}{V}$

$$\sigma(x, t) = \frac{\alpha C^0 k_2}{k_1} t + \frac{\alpha C^0}{k_1} \left(1 - \frac{k_2}{k_1} \right) \left(1 - e^{-k_1 \frac{nx}{V}} \right) + \alpha \left(C_L - C^0 \frac{k_2}{k_1} \right) e^{-\frac{n}{V} k_1 x} \left(t - \frac{nx}{V} \right). \quad (22)$$

It is easy to verify that the obtained solutions (20)–(22) satisfy the equations as well as the initial and boundary conditions.

The results of the analytical calculations of the methodic problem with using the equations (20)–(22) for the case of the lateral and infiltration contaminations of the ground water taking into account the sorption for the following input data: $\varepsilon = 0,003$ m/day; $m = 20$ m; $n = 0.3$; $\alpha = 0,0002$ 1/day; $\lambda = 0.001$ 1/day; $C^0 = 0,5$ mg/l; $C_L = 5$ mg/l; $C_P = 5$ mg/l; $S^0 = 2.5$ mg/dm³; $V = 0.1$ m/day are shown in Fig. 2.

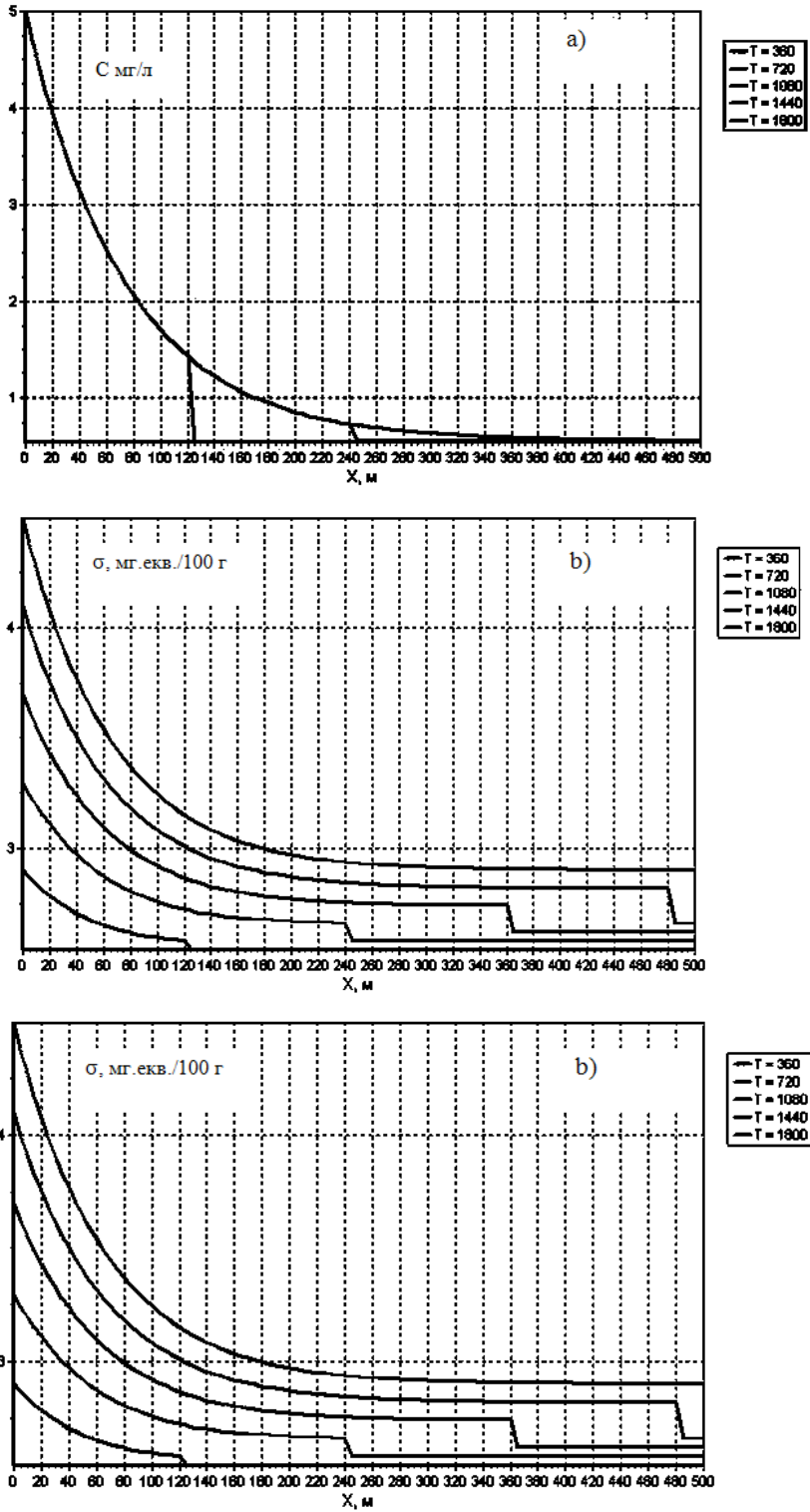


Fig. 2 – Graphs of the dependences of the concentrations of the contaminations in the solution (a) and adsorbed on the soil particles along the length of the filtration area (b) at different times

As can be seen under given conditions a case of the contaminations or desalinization close to the piston superseding scheme is realized but both to the boundary of the "piston" and after it the concentrations of the contaminations are monotonously changed which is associated with the manifestation of sorption and degradation mechanisms and the quantitative values of concentrations are determined with the interdependency of the values of the input parameters. As a result such solution has an approximate character and for it improving it is necessary to use the numerical methods of the calculation. The using of the numerical methods of the solutions for more complex problems of the contaminations of the water media on the base of the considered above mathematical models of the mass transfer is presented in some works [5, 8, 9].

Conclusions

Using of proposed methodic and models allows to consider the processes of contamination of ground water for many cases on the substantial scientific level and to realize of the solution of the wide spectrum practice problems for protection from pollution of the water media in different regions including the irrigated lands and adjoining territories.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Alexeev, V. S., Kommunar, G. M., & Sherjukov, B. S. (1989). Mass transfer in the watersaturated rocks. The achievements of the science and technics. *Hydrogeology and Engineering Geology Series*, (11), 1-142 (in Russian).
2. Baljuk, S. A., Romaschenko, M. I., & Stashuk, V. A. (2009). *The science basis of the protection and rational exploitation of the irrigated lands in Ukraine*. Kyiv: Agrarian science (in Ukrainian).
3. Baljuk, S. A., Truskavetskii, R. S., & Tsapka, J. L. (2012). *Chemical irrigation of the soils*. Kharkiv (in Ukrainian).
4. Baljuk, S. A., Romaschenko, M. I., & Truskavetskii, R. S. (2015). *The irrigation of the soils*. Kherson (in Ukrainian).
5. Kremez, V. S., & Telyma, S. V. (2016). Substantiation of the schemes of the distribution and the parameters of the sorbtion barriers for protection of the ground waters from the contamination by the mathematic modeling methods. *The problems of the watersupply, waterwasting and hydraulic*, (27), 214-220 (in Ukrainian).
6. Lukner, L., & Shestakov, V. M. (1986). *Modeling of the ground waters migration*. Moscow: Nedra (in Russian).
7. Mironenko, V. M., & Rumynin, V. G. (1998). *The problems of the hydroecology, vol.1. Theoretical studying and modeling of the geomigration processes*. Moscow: MSU (in Russian).
8. Ministry of the water management of Ukrainian SSR. (1986). *Methodic recommendations for calculations the protection of the territories from the flooding in the irrigation area*. Kyiv (in Ukrainian).
9. Oleinik, A. Ja., & Poljakov, V. L. (1987). *Drainage of the overmoisten lands*. Kyiv: Naukova dumka (in Ukrainian).
10. Samsonov, B. G., & Samsonova, L. M. (1987). *Migration of the substance and solution of the hydrogeological problems*. Moscow: Nedra (in Russian).
11. Freed, J. (1981). *The pollution of the ground waters*. Moscow: Nedra (in Russian).
12. Genuchten, M. Th., & Jury, W. A. (1987). Progress in unsaturated flow transport modeling. *Reviews of Geophysics*, 25(2), 135-140 (in English).

13. Telyma, S., & Voloshkina, O. (2018). About some features of forecasting masstransport processes in saturated - unsaturated media. *USEFUL Online Journal*, 2(4), 1-8. doi:10.32557/useful-2-4-2018-0001 (in English).

14. Vasilenko, L., Zhukova, O., Klimova, I., & Gontscharenko, A. (2018). Anthropogenic changes in water ecosystem on the example of the river Tisza. *USEFUL Online Journal*, 2(4), 26-32. doi:10.32557/useful-2-4-2018-0003 (in English).

Text of the article was accepted by Editorial Team 25.10.2018

С.В. Телима, В.С. Кремез

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВИХ ВОД НА ЗЕМЛЯХ ЗРОШЕННЯ ТА ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЯХ

Анотація. Запропонована узагальнена методика розрахунків розповсюдження забруднень різного походження в ґрунтових водах на землях зрошення та прилеглих територіях на основі сучасних математичних моделей масопереносу. Проаналізовано деякі особливості розрахункових моделей та критерії їх застосування. Наводиться методичний приклад аналітичного розв'язку задачі масопереносу для випадку однорідного водонасиченого середовища.

Ключові слова: забруднення; масоперенос; фільтрація; сорбція; дифузія; дисперсія; зрошення; математичні моделі; основні розрахункові схеми

Телима Сергій Васильович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту гідромеханіки НАН України

Адреса робоча: 03057 Україна, м. Київ, вул. Желябова, 8/4

ORCID: 0000-0003-0109-0696, **e-mail:** telymaser@gmail.com

Кремез Віталій Семенович

кандидат фіз.-мат наук, старший науковий співробітник Інституту гідромеханіки НАН України

Адреса робоча: 03057 Україна, м. Київ, вул. Желябова, 8/4

e-mail: kremez@ukr.net

UDK 678:504:628.57

Iryna I. Koval, Master Student, Postgraduate Student at the Department of Ecological Safety and Nature Protection Activity of V. Chornovil Institute for Sustainable Development
ORCID ID 0000-0001-8154-4154 *e-mail: iralito@i.ua*

Volodymyr D. Pohrebennyk, Full professor, D. S., Professor at the Department of Ecological Safety and Nature Protection Activity of V. Chornovil Institute for Sustainable Development
ORCID ID 0000-0002-1491-2356 *e-mail: vpohreb@gmail.com*

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

APPROACHES TO BUILDING INTEGRATED SYSTEM OF MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT: CLASSIFICATION OF PACKAGING WASTE

***Abstract.** In the article the problem concerning packaging waste management was treated, examples of enhanced practice achievement worldwide as to its handling were presented. Key peculiarities of packaging wastes were studied and their classification was developed. Several options for substitute of packaging for particular kinds of goods were suggested.*

***Keywords:** packaging waste (PW); classification; packaging materials (PM); recycling; biopackaging*

Introduction

Ukraine ranks number one in rubbish amount per capita globally since 2012. Total volumes of waste that accumulated throughout the independence years in our country, according to different estimations, amounts to 30 milliard tons. According to the information of State Statistical Service, in 2016 in Ukraine approximately 300 million tons of waste was generated, of which 620,000 tons are hazardous [1].

Ukraine as a state can earn on rubbish, indeed. It could have saved 2,200 million m³ of natural gas, 634 million kilowatt-hour of electric power and besides, obtain approximately 1,8 million tons of raw materials, which can be used for manufacturing of packagings, containers, construction materials and other needs. Also, apart from economic benefits, we will have social benefit by creating 50 thousand jobs and, which is really essential, environmental advantage – for instead of 6148 current landfills and 32 984 unauthorized ones we will obtain certain defined number of authorized centres for handling municipal solid waste (MSW) – almost 300 units. On average, to build and activate a single one object like that, which will be able to reprocess up to 300,000 tons of MSW a year, it will take three years and 70 million dollars' investments. Just throughout this year almost two tens of foreign investors showed wish to deal with waste recycling here.

According to the data of Minregionbud in Ukraine, more than 11–12 million tons of MSW is generated yearly [2], including significant part of already used packaging materials (PM) – about 25–40% [3].

Today consumer packaging became essential part of contemporary life. Now we perceive it as a material attracting us with its appearance and as a protective material which secures product's quality. At the same time, PW became main contaminant of the environment [3, 4].

In [5] data on averaged composition of MSW in Ukraine presented: materials containing cellulose (paper, cardboard, newspapers, wrappers and other packaging materials (PM)) – 30–35%; foodstuff waste – 28–30%; metals – 4%; plastics – 4%; wood – 3%; textile – 5%; glass, ceramics – 7%; other – 10–12%. So, PW makes up considerable rate of total MSW volume. However, in the above mentioned list PM are absent, in particular polymers, which today are widely used. Consequently, there is high probability that volume of PW is significantly greater, though today it is not possible to find it out clearly, as long as reliable calculation of such waste is not conducted in the state. In Ukraine there is no official classification of PW either, which could be effectively applied in practice of separate collection and in technology process.

Present day's global trends are enhancement of up-to-date and high quality PM, applying of scientific and technologic achievements for enhancing their properties. It will enable not only to reduce their weight, but also to create multiuse packaging.

To implement such practices in Ukraine, it is first necessary to initiate culture of PW handling at countrywide level. So, if rate of aware population increases to sort it purposefully, amount of raw materials for further recycling will also increase, which will facilitate the process of the following stages of integrated system in municipal solid waste management.

For better choice of efficient PW handling and appropriate methods of its recycling and disposal it is necessary to classify them.

The aim of the work is building PW classification for enhancement in integrated MSW management.

Analysis of recent studies and publications

For developing and introducing integrated system of MSW management in Ukraine, it is required to work out and put into effect appropriate legislation drafts, standards, regulatory acts, legislative regulations, clear waste classifier and their compliance in practice. Issue of enhancement in MSW classification presented in works by T.A. Safranov [6], T.M. Dovga [7], S.O. Nikanorov [8], T.F. Zhukovs'ky [9], etc. They researched and worked out each own MSW classification, based on studied experience of EU countries as to its management. Nevertheless, these studies and elaborations are not sufficient for building integrated system of MSW management. Therefore, to achieve the goal, grouping of PW should be done.

Materials and methods of research

Work methods are based on analysis of principles in waste groups management, by using method of convergence from general toward local and interrelations between quantitative and qualitative characteristics. During carrying out the work, data published both by home and foreign authors were used, as well as materials of author's own research dedicated to complex problems in MSW management.

Presentation of material

Today global manufacturing PM reaches 1 milliard 350 million tons, including paper and cardboard – 500 million tons, polymers – 300 million tons, glass – 40 million tons, metal – 150 million tons, most of which to be recycled. Consuming of packaging per capita is astounding, for example, in European countries PW makes up 100–170 kg per person a year, in the USA – 230–280 kg per capita a year, in Japan – 400 kg and it tends to grow [10, 11].

As for kinds of packaging, recently gain in demand for them yearly amounts to as follows: 1,5–3% for foodstuff packaging; 4,5–5% for household appliances, 2,5–3% for cosmetics and pharmaceutical products and 1–1,5% for other products.

In Ukraine considerable part of MSW volume is placed by PW, at that, persistent trend towards their increasing is observed [10].

As author mentioned [12], discarded MSW means wasted material and energy resources.

Unfortunately, the problem of PW handling, which are the most beneficial as recycled materials within MSW, is essential link in general issue of handling all MSW. Apparently this happened through lack of special law on packaging and its waste in Ukraine. It almost caused impossibility to create efficient system of handling waste like the ones that have successfully been working for a long time already in many European countries based on European law – Directive 94/62/EC [13].

The problem mentioned is complex and it requires framing of both organizational conditions at countrywide level (building of modern system in PW handling, adapted to standards and regulations of European Directive 94/62/EC «On Packaging and Packaging Waste» with taking into account Ukrainian realia and mentality) and also solving particular technical challenges as to collection, sorting and recycling of PW. Direction of these activities is dictated by necessity for their usage as recycled materials [12].

To frame efficient integrated system of MSW management, essential moment is proper classifying parts of used elements of product which exhausted its main function. Therefore, such classification of PW is suggested by us (Fig. 1). *By sources of generation:* manufacturers/suppliers; consumers. *By purpose:* (A-1) inner packaging/container (preservation packaging). They comprise: wrapping paper, cardboard boxes, bags, bottles (jars), lids, etc.; (A-2) accessory packaging material – labels, tapes, cushioning, inserting liners, wood wool, paper wrappers, packthread and so on; (A-3) outer packaging (transportation container/packaging). Varieties of such one are: wooden solid and grid/lattice crates, metal and plastic boxes, barrels, containers, bags, pallets, as well as corrugated cardboard boxes. *By lifecycle:* throwaway and multiuse. *By sizes:* small-sized and large-sized. *By materials of products:* wood, paper, cardboard, textile, metal, glass, polymers, mixed materials.

One of essential materials for making packaging is *wood*. It plays important role in production of transportation packaging for hauling of large-sized cargo and fragile items in any sizes, which require rigid and strong packaging. Now it is rather used to make packaging for costly goods: barrels, tubes and craft boxes for collection wines, baskets, various gift accessories, etc. Wooden PM means environmentally-friendly packed product and is evidence of its high quality.

The most widespread PM not only in our country, but also abroad are *cardboard and paper*. Various paper bags and packs are made for products of food, light, pharmaceutical, perfume and cosmetic industries, etc.

By normative documents, basic kinds of consumers packaging from cardboard and paper are as follows: cardboard box, pack and bag. Paper bags can be with polyethylene coating.

Textile PM – burlap linen, jute-linen, jute bags, etc. They are used for loose materials – sugar, starch, flour and so on. These bags may contain polyethylene coating.

Metal packaging takes rather large-scale segment of materials market in Ukraine.

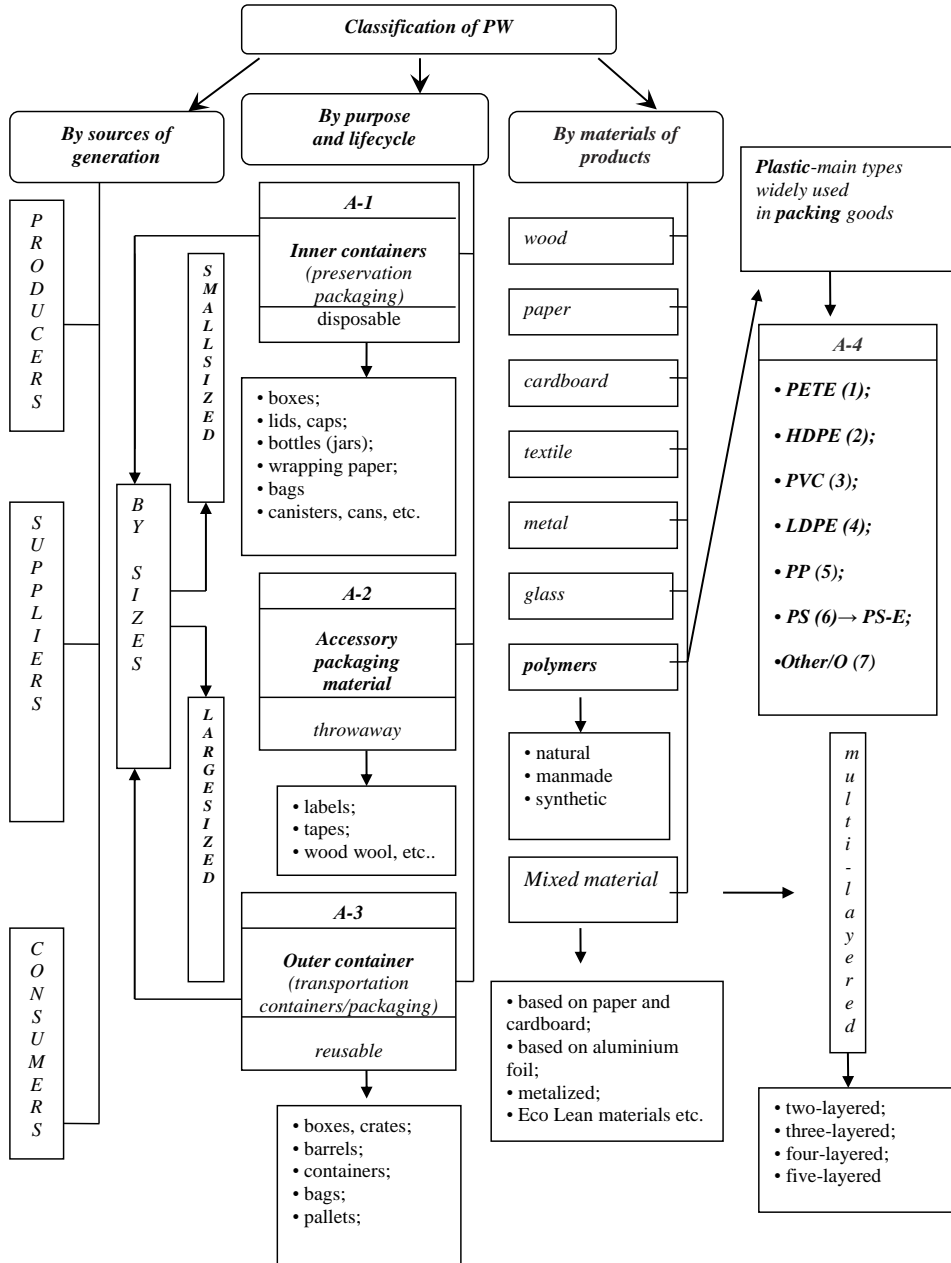


Fig. 1 – Classification of PW

Such materials are extensively used in beverages, preserved foods and chemical industries. In compliance with normative documents, they comprise as follows: steel and aluminium containers and jars, aluminium spray cans and tubes. Those ones are considered to be the most widespread used packaging and one of the most cost-effective for manufacturers [4].

One of the most traditional materials used for packaging is *glass*. It is considered to be the safest for health as a food PM. It is widely used in such industries as food, perfumed and cosmetic, chemical and pharmaceutical. In supervisory authority for foods (FDA) in the USA, glass possesses special status: it is the only foodstuff PM to gain qualification level “Basically Safe”. And generally, product packed in glass material is perceived as a high quality product [4].

PM from *polymers* gained widespread use. Broad list of products belong to them: 1) PET-bottles, jars, boxes (*polyethylene terephthalate /PET/PETE*) – for cooled foods and drinks, milk, mineral water, fruit juices, seasonings, cosmetics, cleaners, detergents; 2) semi-rigid packaging from HDPE (*high density polyethylene /HDPE*), including bottles from dairy products, juices and waters, flasks from shampoo, shower gel, bleachers, cleaners and detergents, containers for foods, disposable dishware, grocery packaging bags, rubbish bags; 3) PM from PVC (*polyvinyl chloride PVC*) are used in food industry, for example for loose products, for bottling vegetable oils. Also such type of material is applied in chemical industry for production of containers for loose food products. Windows, films for foodstuff, stretched ceilings, toys, pipework, жалюзи and containers for process liquids are produced from this material as well; 4) PM from LDPE (*low density polyethylene/LDPE*). Most of bags, rubbish bags, pliable containers, films for food products, bottles for water and cleaners/detergents and so on belong to this kind; 5) polymeric packaging from PP (*polypropylene/PP*). This type of material is used for yoghurts, syrups, ketchups. Containers for food products and their freezing as well as reusable dishware, disposable dishware for hot meals, baby bottles, caps are made from this plastic; 6) plastic material from PS (*polystyrene/PS*) is used in production of cups for coffee, yoghurts, containers for fast food, eggs, vegetables, fruit, meat, fish. Disposable tableware, audiotapes and cases for CD are made from this material, too; 7) plastic material, which contains polycarbonate (*PC*) or polyamide (*PA*) or other compositions (*OTHER/O*) is applied in production of baby polycarbonate bottles, reusable bottles for water, containers for storage of food products, etc.

By methods of obtaining, polymers can fall into: 1) *synthetic, natural (biopolymers), modified (manmade)*. The former ones are obtained by synthesis of low-molecular compounds, in particular polyethylene – product of oil processing (petrochemicals), and bio-polyethylene. Biopolymers are derived from natural materials, for example, natural rubber (caoutchouc), proteins, nucleic acids (DNA, RNA), pectin substances, polysaccharides – cellulose, starch, etc.). Modified polymers are derived by way of physical or chemical modification of natural polymers (for example, viscose and acetated fibers from cellulose) or of synthetic polymers. Manmade polymers, produced worldwide, comprise: polyethylene (LDPE, HDPE), polypropylene (PP), polyvinyl chloride (PVC), polystyrene (PS), polyurethane (PUR) and polyethylene terephthalate (PET). *Mixed packaging* – is created during combination of different materials in the manufacturing process. For example: coating of cardboard, paper, foil, fabric or Eco Lean material by film from melted polymer, resulted in obtaining strong and colorful PM.

Today approximately 150 kinds of plastics are produced. Blends of various polymers make up 30% of them. Regular thermoplastics – HDPE, LDPE, PP, PS, PVC make up to 80% of polymers ever produced. Engineering plastics – polycarbonates, polyamides, PET, polyphenylene oxide – accounts for up to 19%. Remaining 1% are polymers with specific, unique properties: polyester-ketones, polyphenylene sulfides and many other [14].

By level of recycling complication, plastic waste falls into three basic groups: 1) polymers with good properties. Such wastes are clean, sorted and easily recyclable. During processing, using up to 90% of materials like that is possible; 2) polymers with medium properties. This group comprises wastes, which contain certain amount of contaminants and require sorting. Recycling of these wastes is related with additional expenses for separation, washing, etc. 20–30% of such raw material's initial amount comes to processing; 3) hardly recyclable polymers. Those are, first of all, badly contaminated and mixed wastes. Their processing in most cases is not cost-effective.

It is worth mentioning that basic raw material for polymer-making is crude oil and petrochemicals. Therefore, applying of plastic waste to obtain recycled raw material is reasonable. Advantages of this methods are saving of fuel and energy resources as well as natural (virgin) raw materials; reducing level of environmental pollution by waste from consuming and production; new jobs creation; gaining profits by recyclers and economy for purchasers of recyclates, obtained from waste [15].

Recycling envisages using of polymeric waste as basic or auxiliary raw material for issuing new products, i.e. recovered material resources. It is known that price of recycled polymeric raw materials ranges from 2 to 19 UAH/kg, which is 1,5–4 times off the price for virgin raw material.

Amount of biological polymers obtained from recovered raw material accounts for only 1% of all polymers market. Plant raw material is essential alternative for petroleum, which deposits are constantly depleting. Biologic polymers obtained at present, are based on wood components and annual plants, which contain starch (potato, maize, wheat, rice) and cellulose. Biopackaging contains natural ingredients or additives, which make fast decomposition of polyethylene and at the same time maintain all conveniences which consumers got used to. Furthermore, it is environmentally-friendly. It is costlier than regular plastic one, and can be used for middle-income price segment. Though it will become more affordable in time [16]. So, they can be obtained with the help of some bacteria, fungi and seaweeds, too. In particular, company EPI Environmental Technologies Inc. (EPI Group), Vancouver (Canada), owns basically all researches in the sphere of biodegradable plastic. By co-working with worldwide renowned scientists in this sphere it produces TDPA additives (oxo-biodegradable additives). Such additives bio-decompose regular polymers. It is essential to note that presence of the additive does not change properties of basic polymer at all and, correspondingly, of ready product. Packaging made by applying the additive, will be same strong, well colored and transparent.

The process of biodegrading is two-stage: at the first stage plastic decomposes by oxidization of additives under the heat effect as well as on exposure to ultraviolet solar radiation; at the second stage it biodegrades under the influence of microorganisms in natural conditions [17].

In Great Britain biodegradable PM are made (from maize, starch, rice grain husks, fibres). On packaging from starch colored print can be put, the material is able to be

heat sealed, food may be put into microwave oven in it. So, today exactly this is the essential signal for producers of PM.

Some countries under the pressure of community environmental organizations pass legislative acts to impose ban or limitation on using some kinds of packaging (for example, polymeric bags, yearly produced about 5 trillion items globally). It concerns Australia, Italy, France and some other countries. For example, in Kenya ban on using polyethylene bags entered into force. This means that anyone who sells, produces or uses such bags will face either 38,000 dollars fine or up to four years' imprisonment. Therefore, substitution of polyethylene bags and packagings of various polymer types for their alternatives is essential. So, we suggest several options for replacement PM of certain kinds of goods which we often come across at a supermarket, as shown in the Table.

Table – Offers as to substitute of packaging for particular kinds of goods

Items of goods	Material	Alternative
Potato	Plastic string/net bag	Textile string bag (avoska)
Sour cream	Plastic cup, bowl	Glass jar
Various grains and flour	Plastic bag	Textile bag
Washing detergent (powder) «Persil»	Plastic made from recycled plastic material	Paper bag

Certainly, PW can be reprocessed either by manufacturers themselves or by recycling enterprise. Those domestic enterprises that made this packaging, have to provide collection and disposal of PW or pay for such service in compliance with tariffs. The rest enterprises which use PW are not to pay tariffs for disposal. Such approach is reasonable: if an enterprise earns profits on packagings, it should guarantee their collection and disposal. For example, a shop applies polyethylene bags in packaging wares for sale. Collection and disposal of these bags should be provided not by a shop but by an enterprise making them, so it has to pay tariffs [18].

In any particular case anyway, this or that kind of packaging should be estimated comprehensively on all the way of its production from raw material to its recovered usage. It is also worth mentioning that any PW, if collected, sorted, prepared (cleaned), can be returned back again to production cycle for making new PM (cullet, wastepaper, aluminium, tinplate) or as recyclates (polymers, mixed materials) for making various products [3].

Association of PM manufacturers together with product makers can play certain role in solving problems of packaging industry in Ukraine. It should control norms of making and packing products, introduce new standards and monitor fulfillment of all accepted rules among manufacturers, which is beneficial to a consumer. Therefore, it is necessary to use global experience in PW management, disposal and recycling [19].

Conclusions

Peculiarities of PW management both in Ukraine and in European countries are presented. For building effective integrated system of MSW management, PW classification is offered, which will enable to summarize information on packaging. It was found out that the biggest constituent of rubbish waste is packaging. And as

long as PM environmental problems are associated with their excessive volume and improper quality, it is required to guarantee minimization of used material amount and quantity of material kinds. Furthermore, it is necessary to apply recyclable/reusable materials. It is needed in Ukraine to impose stringent both administrative and material responsibility for environmental pollution; to create organization, independent on particular enterprise structures, for solving environmental pollution problems caused by PW. Significant investment work concerning technical re-equipment of housing and communal services in Ukraine is essential, too. Also high educational (promotional) activity should be carried out, as well as coloured containers for separate rubbish collection by population, on-site stations accepting various kinds of used packagings to be introduced.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Smittieva revoliutsiia: yak vidvernuty ekolohichnu katastrofu v Ukraini. (n.d.). Retrieved from <https://www.epravda.com.ua/columns/2017/07/3/626665/> (in Ukrainian).
2. 30 miliardiv tonn smittia. Ukraina posidaie pershe mistse u sviti za kilkistiu vidkhodiv. (n.d.). Retrieved from <http://econews.bei.org.ua/2016/09/30.html> (in Ukrainian).
3. Kryvoshei, V. M. (2014). Yakoho koloru buvaie ekonomika? (u vymirakh pakuvalnoi industrii). *Upakovka*, (5), 14–20 (in Ukrainian).
4. Kalinina, O. S., & Baitsar, R. I. (2016). Estetychni pokaznyky yakosti pakuvannia. *Science Rise*, 11(28), 33–43 (in Ukrainian).
5. Trofimov, I. L., Yakovlieva, A. V., Ivanchenko, O. V., & Vieriahina, L. S. (2016). Analiz potentsialu tverdykh pobutovykh vidkhodiv yak syrovyny dlia vyrobnytstva alternatyvnykh palyv v Ukraini. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*, 2(44), 105-111 (in Ukrainian).
6. Safranov, T. A., Shanina, T. P., Hubanova, O. R., & Prykhodko, V. Iu. (2014). Klasyfikatsiia tverdykh munitsypalnykh vidkhodiv – peredumova formuvannia efektyvnoi systemy povodzhennia z yikh potokamy. *Visnyk ODEKU*, (18), 32-37 (in Ukrainian).
7. Dovha, T. M. (2011). Klasyfikatsiia pobutovykh vidkhodiv yak peredumova efektyvnosti yikh retsyklinhu v Ukraini. *Ekonomichnyi chasopys-XXI*, (5-6), 50-53 (in Ukrainian).
8. Nikanorov, S. O. (2014). Zakordonnyi dosvid formuvannia budivel ta sporud smittiepererobnykh kompleksiv. *Arkhitekturnyi visnyk KNUBA*, (4), 241-249 (in Ukrainian).
9. Zhukovskiy, T. F., Tkachova, O. V., Pshenichnova, O. L., Kartsev, V. H., Kotelevets, M. M., & Sokolova, O. I. (2016). Vprovadzhennia v Ukraini yevropeiskoho pidkhodu do klasyfikatsii vidkhodiv. *Tehnologicheskij audit i rezervy proizvodstva*, 4(3), 27-32 (in Ukrainian).
10. Podolchak, I. I., & Pohrebennyk, V. D. (2017). Klasyfikatsiia upakuvan – skladova chastyna intehrovanoi systemy upravlinnia tverdymy pobutovymy vidkhodamy. *Zbirnyk naukovykh prats VI-ho vseukrainskoho zizdu ekolohiv z mizhnarodnoiu uchastiu*, 74 (in Ukrainian).
11. Hushtan, T. A. (2016). Problemy utylizatsii vidkhodiv pakuvannia (svitovi ta vitchyzniani dosvid). *AOHOΣ*, 96-101 (in Ukrainian).
12. Siryk, T. A. (2011). Vidkhody upakovky ta yikhnia utylizatsiia. *Upakovka*, (4), 60-61.
13. Slabyi, V. H., & Kryvoshei, V. M. (2011). Skilky koshtuie utylizuvaty vidkhody upakovky? *Upakovka*, (6), 49-52 (in Ukrainian).
14. Denysenko, T. M. (2014). Doslidzhennia suchasnykh tekhnolohii probky plastykovykh vyrobiv. *Visnyk ChDTU*, 1(71), 56-65 (in Ukrainian).
15. Shanina, T. P., Seifullina, I. I., & Kushnyrova, V. O. (2015). Ekoloho-ekonomichne obruntuvannia vyboru sposobu povodzhennia z vidkhodamy plastychnykh mas. *Visnyk ONU. Khimiia*, 20(2(54)), 49-60 (in Ukrainian).

16. Kirnosova, V. M. (2011). Vymohy ekolohichnoho marketynhu do upakovky tovaru. *Visnyk KhNU*, 4(6), 57-60 (in Ukrainian).
17. Byorazlahaemaia upakovka s TDPA dobavkamy. (n.d.). Retrieved from: http://www.manfol.ru/products/detail.php?ELEMENT_ID=65/ (in Russian).
18. Mykhalkiv, A. A. (2012). Normatyvno-pravove rehuliuвання utylizatsii tary. *Problemy teorii ta metodolohii bukhhalterskoho obliku, kontroliu i analizu*, 2(23), 189-192 (in Ukrainian).
19. Artiushenko, A. Iu., & Kostenko, O. P. (2012). Problemy pakuvannya tovariv v Ukraini ta shliakhy vyrishennia problem u tsii sferi. *Vestnyk NTU «KhPU»*, 160-165 (in Ukrainian).

Text of the article was accepted by Editorial Team 13.11.2018

І.І. Коваль, В.Д. Погребенник

ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ: КЛАСИФІКАЦІЯ ВІДХОДІВ УПАКОВКИ

Анотація. У статті розглянуто проблему поводження з відходами упаковки, представлені приклади світових практичних досягнень у цьому напрямку. Вивчено основні особливості відходів упаковки та розроблено їх класифікацію. Запропоновано декілька варіантів заміни упаковки для окремих видів товарів.

Ключові слова: відходи упаковки; класифікація; пакувальні матеріали; вторинна переробка; біоупаковка

Коваль Ірина Ігорівна

аспірант кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності Інституту сталого розвитку ім. В. Чорновола Національного університету «Львівська політехніка»

Адреса робоча: 79057 Україна, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 130

Тел.: 098 575 6446 **e-mail:** iralito@i.ua

ORCID ID 0000-0001-8154-4154

Погребенник Володимир Дмитрович

професор, доктор технічних наук, професор кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності Інституту сталого розвитку ім. В. Чорновола Національного університету «Львівська політехніка»

Адреса робоча: 79057 Україна, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 130

Тел.: 098 578 2530 **e-mail:** vpohreb@gmail.com

ORCID ID 0000-0002-1491-2356

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ INFORMATION RESOURCES AND SYSTEMS

UDC 004.82 + 004.91 + 005.94 + 528.065/.067

Vitalii V. Prychodniuk¹, PhD (computer science), Junior Scientist
ORCID ID 0000-0002-2108-7091, *e-mail*: tangens91@gmail.com

Oleksandr Ye. Stryzhak¹, Doctor Habilitat (computer science), Principal researcher
ORCID ID 0000-0002-4954-3650, *e-mail*: sae953@gmail.com

Svitlana I. Gaiko¹, PhD student
ORCID 0000-0002-3564-475X, *e-mail*: svitgai@i.ua

Roman I. Chepkov², advisor to the director
ORCID 0000-0003-2810-4576, *e-mail*: chepkovroman@ukr.net

¹Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU, Kyiv, Ukraine

²Research Institute of Geodesy and Cartography, Kyiv, Ukraine

INFORMATION-ANALYTICAL COMPLEX OF SUPPORT OF TRANSDISCIPLINARY RESEARCHES PROCESSES

***Abstract.** Structural and modular characteristics of the software and information complex, which includes WEB-oriented means of integrated use by the expert-analyst of spatially distributed information resources, are described. The category of transdisciplinarity as a methodological basis for a technological solution for the creation of information-analytical systems of a multidimensional profile is defined. The information, software and architectural features of IAS as complex systems are determined. The mechanisms of forming a unified information environment based on WEB-oriented IAS services using multiple characteristics of taxonomies of analyzed domains are described. Diagrams of classes of IAS software modules are presented. The architectural descriptions of text document structuring modules are presented. The description of structural, informational, functional and behavioral models of IAS are given. The diagrams of IAS software components are presented.*

***Key words:** transdisciplinarity; taxonomy; ontology; hyperproperty; structuring; model; information resources*

В.В. Приходнюк¹, О.Є. Стрижак¹, С.І. Гайко¹, Р.І. Чепков²

¹Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ, Україна

²Науково-дослідний інститут геодезії і картографії, м. Київ, Україна

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ КОМПЛЕКС ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

***Анотація.** Описуються структурні й модульні характеристики програмно-інформаційного комплексу, який включає WEB-орієнтовані засоби інтегрованого використання експертом-аналітиком просторово-розподілених інформаційних ресурсів. Визначається категорія трансдисциплінарності, як методологічна основа технологічного рішення щодо створення інформаційно-аналітичних систем багатотематичного профілю. Визначаються інформаційні, програмні й архітектурні особливості ІАС, як складної системи. Описуються механізми формування єдиного інформаційного середовища на основі WEB-орієнтованих сервісів ІАС з використанням множинних характеристик таксономій предметних областей, що аналізуються. Надано діаграми класів програмних модулів ІАС. Представлено архітектурні описи модулів структуризації текстових документів. Надані описи структурної, інформаційної, функціональної й поведінкової моделей ІАС. Представлено діаграми програмних компонентів ІАС.*

***Ключові слова:** трансдисциплінарність; таксономія; онтологія; гіпервластивість; структуризація; модель; інформаційні ресурси*

Вступ

Конструктивність та ефективність використання просторово-розподілених інформаційних ресурсів суттєво залежать від рівня забезпечення їх інтегрованої взаємодії. Для цього повинні існувати певні мережеві інструменти, які фактично забезпечують формування єдиного інформаційного простору, у якому визначено гіпервластивість часткової впорядкованості над усіма системними компонентами.

Згідно з останніми дослідженнями, існування такого простору можливо, якщо його властивості усіх його складових об'єктів та процесів розглядати на основі категорії трансдисциплінарності [1]. Вона дозволяє розглядати всі процеси в інформаційному просторі на основі категорії множинної часткової впорядкованості станів взаємодії систем, які її складають. Трансдисциплінарність інформаційного середовища можна представити через прояв рекурсивних та рефлексивних властивостей множин таксономічних і операціональних особливостей онтологій предметних областей [1–3]. Рекурсивність, як функціональна властивість таксономії [4, 5], дозволяє визначити множинну часткову впорядкованість множин таксономічних і операціональних властивостей онтологічних моделей предметних областей, що відображають всі процеси і об'єкти самого середовища [5–7]. Іншими словами, над множинами елементів, які складають системні компоненти онтологічних систем інформаційного середовища, задається гіпервластивість множинної часткової впорядкованості. Таке інтуїтивне розуміння категорії трансдисциплінарності дозволяє реалізувати при інтеграції інформаційних ресурсів принцип формування єдиного частково-впорядкованого інформаційного середовища, здатного стати досить універсальним і мовно-

незалежним носієм знань. Її конструктивність визначає теоретичні основи створення інформаційної технології формування та постійного розвитку мережецентричного середовища на основі трансдисциплінарності інтеграції політематичних інформаційних ресурсів в процесі вирішення складних прикладних проблем і завдань.

Інформаційно-аналітичний комплекс підтримки процесів трансдисциплінарних досліджень (ІАС) є системою, призначеною для інтегрованого аналітичного оброблення просторово-розподіленої науково-технічної інформації великих обсягів. Основними завданнями, що вирішуються засобами ІАС, є зчитування вхідної інформації (можливо, слабоструктурованої) і виконання на її основі інформаційних та інформаційно-аналітичних задач [6, 8, 9].

Реалізація ІАС, що описується у статті, здійснюється на основі WEB-орієнтованих сервісів ІТ-ТОДОС [6, 8, 10]

З точки зору програмної інженерії ІАС розглядається у вигляді набору описів, представлених у вигляді математичних моделей, формалізмів і технік моделювання. Структура математичних моделей програмних систем (ПС) такого роду включає в себе наступні моделі [6–8]:

- 1) інформаційна модель;
- 2) функціонально-компонентна модель.

Інформаційна модель ІАС

Інформаційна модель використовується для представлення й опису потоків інформації, структур даних, а також програмних модулів в програмній системі.

Узагальнена інформаційна модель ІАС Π_R має вигляд (1). Вона представляється деякою скінченною сукупністю програмних модулів Π_{R_i} , що інтегруються в інформаційно-аналітичну систему ТОДОС Π_T :

$$\Pi_R = \sum_{i=1}^n \Pi_{R_i} \cup \Pi_T . \quad (1)$$

При цьому реалізується відображення G_{Π_R} інтеграції функцій окремих програмних модулів системи, що має вигляд (2). Дане відображення перетворює об'єднання множини функцій S_{R_i} кожного з її програмних модулів Π_{R_i} в узагальнену (цільову) функцію F_R – аналітичного оцінювання науково-технічних результатів.

$$G_{\Pi_R}: \cup_{i=1}^n S_{R_i} \rightarrow F_R . \quad (2)$$

Система ТОДОС, у свою чергу, також має велику кількість багатфункціональних модулів різного призначення. У роботі ІАС використовується тільки сукупність $\Pi_T^R \subset \Pi_T$ модулів, що релевантні задачі аналітичного оцінювання науково-технічних результатів. Таким чином, формули (1) і (2) перетворюються в (3) і (4).

$$\Pi_R = \sum_{i=1}^n \Pi_{R_i} \cup \sum_{i=1}^m \Pi_{T_i}^R . \quad (3)$$

$$G_{\Pi_R}: \cup_{i=1}^n S_{R_i} \cup \cup_{i=1}^m S_{T_i}^R \rightarrow F_R . \quad (4)$$

Інформаційна модель підсистеми структуризації тексту

Підсистема структуризації тексту є одним з модулів ТОДЮС. У рамках ІАС дана підсистема використовується для зчитування вхідної інформації, такої як звіти розвідки. Інформаційна модель даної підсистеми має наступний вигляд (5):

$$\Pi_{TX} = \{ \Pi_{\text{ПА}}, \Pi_{\text{ЛА}}, \Pi_{\text{ІШ}}, \Pi_{\text{ЗШ}}, \Pi_{\text{ІІ}}, \Pi_{\text{ВГІ}}, \Pi_{\text{ФТД}}, \Pi_{\text{РШ}} \} . \quad (5)$$

Розглянемо детальніше функції різних модулів підсистеми виділення географічної інформації з тексту.

$\Pi_{\text{ПА}}$ – модуль виконання попереднього аналізу вхідного документа. Даний модуль необхідний для приведення документа до текстового формату. Множина функцій даного модуля має вигляд (6).

$$S_{\text{ПА}} = \langle S_1^{\text{ПА}}, S_2^{\text{ПА}}, S_3^{\text{ПА}}, S_4^{\text{ПА}}, S_5^{\text{ПА}} \rangle . \quad (6)$$

До його функцій відносяться:

- 1) $S_1^{\text{ПА}}$ – зчитування вхідного файлу одного з підтримуваних форматів (текст, документи Word, електронні таблиці Excel, файли HTML та ін.);
- 2) $S_2^{\text{ПА}}$ – отримання текстової інформації, що знаходиться у файлі;
- 3) $S_3^{\text{ПА}}$ – нормалізація кодування отриманої текстової інформації;
- 4) $S_4^{\text{ПА}}$ – виділення і збереження оригінальної розмітки вхідного документа;
- 5) $S_5^{\text{ПА}}$ – збереження вкладеної в документ мультимедійної інформації (картинок, відео-, аудіо- та ін.), якщо тип вхідного документа підтримує це.

Вихідними даними для даного модуля є текстовий файл.

$\Pi_{\text{ЛА}}$ – модуль виконання лексичного аналізу (7).

$$S_{\text{ЛА}} = \langle S_1^{\text{ЛА}}, S_2^{\text{ЛА}}, S_3^{\text{ЛА}}, S_4^{\text{ЛА}}, S_5^{\text{ЛА}}, S_6^{\text{ЛА}}, S_7^{\text{ЛА}}, S_8^{\text{ЛА}} \rangle . \quad (7)$$

Функції модуля:

- 1) $S_1^{\text{ЛА}}$ – зчитування вхідного текстового файлу;
- 2) $S_2^{\text{ЛА}}$ – розбиття вхідного тексту на речення, а речень – на лексеми (слова і символи);
- 3) $S_3^{\text{ЛА}}$ – нормалізація розбиття у відповідності з правилами мови (наприклад, видалення розривів речень, викликаних крапками в складі скорочень і чисел);
- 4) $S_4^{\text{ЛА}}$ – нормалізація слів;
- 5) $S_5^{\text{ЛА}}$ – визначення частини мови для слів і деяких символів (таких як тире, що замінює певне слово);
- 6) $S_6^{\text{ЛА}}$ – визначення додаткових характеристик лексем;
- 7) $S_7^{\text{ЛА}}$ – визначення синтаксичних зв'язків між лексемами;
- 8) $S_8^{\text{ЛА}}$ – формування структур даних первинного представлення тексту.

$\Pi_{\text{ІШ}}$ – модуль інтерпретації шаблонів (8).

$$S_{\text{ІШ}} = \langle S_1^{\text{ІШ}}, S_2^{\text{ІШ}}, S_3^{\text{ІШ}}, S_4^{\text{ІШ}} \rangle . \quad (8)$$

Функції модуля:

- 1) S_1^{III} – зчитування файлів шаблонів;
 - 2) S_2^{III} – формування внутрішнього представлення для предикатів, з яких формуються шаблони;
 - 3) S_3^{III} – формування внутрішнього представлення для шаблонів правил;
 - 4) S_4^{III} – формування внутрішнього представлення для правил ідентифікації інформації.
- П_{ЗШ} – модуль застосування шаблонів (9).

$$S_{ЗШ} = \langle S_1^{III}, S_2^{III}, S_3^{III}, S_4^{III} \rangle . \quad (9)$$

- 1) $S_1^{3Ш}$ – вибірка підпоследовностей лексем з вхідного тексту;
 - 2) $S_2^{3Ш}$ – вибірка шаблонів-кандидатів з наявної множини шаблонів;
 - 3) $S_3^{3Ш}$ – застосування шаблонів-кандидатів до вибраних підпоследовностей лексем;
 - 4) $S_4^{3Ш}$ – вибір шаблону, що найкраще відповідає вхідній підпоследовності.
- П_{II} – модуль інтерпретації інформації (10).

$$S_{II} = \langle S_1^{II}, S_2^{II}, S_3^{II}, S_4^{II} \rangle . \quad (10)$$

- 1) S_1^{II} – вибір застосовної функції інтерпретації інформації;
 - 2) S_2^{II} – встановлення відповідності між елементами вхідної підпоследовності, що містить інформацію, і аргументами вибраної функції інтерпретації;
 - 3) S_3^{II} – застосування функції інтерпретації;
 - 4) S_4^{II} – визначення належності отриманої інформації до географічної.
- П_{ВГІ} – модуль валідації географічної інформації (11).

$$S_{ВГІ} = \langle S_1^{ВГІ}, S_2^{ВГІ}, S_3^{ВГІ}, S_4^{ВГІ} \rangle . \quad (11)$$

Функції модуля:

- 1) $S_1^{ВГІ}$ – визначення коректності всіх частин географічної інформації (наприклад, в географічних координатах значення градусів не повинно перевищувати 180);
 - 2) $S_2^{ВГІ}$ – нормалізація координат, при необхідності – переведення їх в систему координат WGS-84;
 - 3) $S_3^{ВГІ}$ – геокодування текстових адрес за допомогою основної або резервних систем геокодування;
 - 4) $S_4^{ВГІ}$ – визначення належності результату дозволених географічній області.
- П_{ФТД} – модуль формування онтологій (12).

$$S_{ФТД} = \langle S_1^{ФТД}, S_2^{ФТД}, S_3^{ФТД}, S_4^{ФТД} \rangle . \quad (12)$$

Функції модуля:

- 1) $S_1^{ФТД}$ – нормалізація строкового представлення об'єктів, описаних в тексті;

- 2) $S_2^{\text{ФТД}}$ – формування ієрархії об'єктів згідно з наданою текстом інформацією;
- 3) $S_3^{\text{ФТД}}$ – формування атрибутів об'єктів, зокрема тих, що містять географічну інформацію;
- 4) $S_4^{\text{ФТД}}$ – запис результуючої таксономії у файл формату XML.

$P_{\text{рш}}$ – модуль редактора шаблонів. Даний модуль являє собою користувацький інтерфейс системи. Він містить в собі набір візуальних редакторів для різноманітних структур даних, що використовуються системою. Множина функцій даного модуля має вигляд (13).

$$S_{\text{рш}} = \langle S_1^{\text{рш}}, S_2^{\text{рш}}, S_3^{\text{рш}}, S_4^{\text{рш}}, S_5^{\text{рш}}, S_6^{\text{рш}}, S_7^{\text{рш}}, S_8^{\text{рш}} \rangle. \quad (13)$$

Функції модуля:

- 1) $S_1^{\text{рш}}$ – створення і редагування предикатів ідентифікації інформації;
- 2) $S_2^{\text{рш}}$ – створення і редагування правил ідентифікації інформації;
- 3) $S_3^{\text{рш}}$ – встановлення відповідності між правилами ідентифікації інформації і функціями інтерпретації;
- 4) $S_4^{\text{рш}}$ – перегляд результатів лексичного аналізу тексту;
- 5) $S_5^{\text{рш}}$ – автоматизоване створення правил і предикатів на основі результатів лексичного аналізу;
- 6) $S_6^{\text{рш}}$ – перегляд результатів роботи системи;
- 7) $S_7^{\text{рш}}$ – виправлення і уточнення результатів роботи системи;
- 8) $S_8^{\text{рш}}$ – формування файлів шаблонів.

Інформаційна модель користувацького інтерфейсу «єдиного вікна»

Більшість модулів ТОДОС призначені для трансдисциплінарного представлення інформації. На основі таких модулів і будується користувацький інтерфейс ІАС. У загальному підмножину P_T^R модулів ТОДОС, що використовуються в процесі аналітичного оцінювання науково-технічних результатів, можна представити структурою (14).

$$P_T^R = \{P_{\text{ГД}}, P_{\text{ТБ}}, P_{\text{ТК}}, P_{\text{СХ}}, P_{\text{РТ}}, P_{\text{ТДП}}, P_{\text{ДК}}\}. \quad (14)$$

Деякі модулі ТОДОС створені для виконання тільки одної певної функції, зокрема:

- 1) $P_{\text{ГД}}$ – модуль, призначений для відображення онтології у вигляді онтологічного ПС-додатку;
 - 2) $P_{\text{ТБ}}$ – модуль представлення списку об'єктів онтології у вигляді таблиці;
 - 3) $P_{\text{ТК}}$ – модуль відображення онтології у вигляді онтографу;
- Інші модулі являються багатофункціональними підсистемами.

$P_{\text{СХ}}$ – сховище таксономій, що являє собою серверний комплекс, призначений для зберігання онтологій і їх метаданих. Множина функцій модуля має вигляд (15).

$$S_{\text{СХ}} = \langle S_1^{\text{СХ}}, S_2^{\text{СХ}}, S_3^{\text{СХ}}, S_4^{\text{СХ}}, S_5^{\text{СХ}} \rangle. \quad (15)$$

Функції модуля:

- 1) S_1^{CX} – зберігання онтологій, відкритих для публічного доступу;
- 2) S_2^{CX} – зберігання особистих онтологій користувача;
- 3) S_3^{CX} – контроль доступу до онтологій;
- 4) S_4^{CX} – забезпечення програмного інтерфейсу зчитування і запису онтологій;
- 5) S_5^{CX} – зберігання метаданих онтологій.

P_{PT} – редактор таксономій загального призначення (16).

$$S_{PT} = \langle S_1^{PT}, S_2^{PT}, S_3^{PT}, S_4^{PT}, S_5^{PT}, S_6^{PT} \rangle . \quad (16)$$

Функції модуля:

- 1) S_1^{PT} – зчитування і запис онтологій у форматі XML;
- 2) S_2^{PT} – додавання і видалення об’єктів;
- 3) S_3^{PT} – додавання і видалення зв’язків між об’єктами;
- 4) S_4^{PT} – редагування атрибутів об’єктів;
- 5) S_5^{PT} – автоматичне розміщення об’єктів в робочій області;
- 6) S_6^{PT} – фільтрація множини об’єктів, що відображаються.

P_{TDP} – модуль трансдисциплінарного представлення (17).

$$S_{TDP} = \langle S_1^{TDP}, S_2^{TDP}, S_3^{TDP} \rangle . \quad (17)$$

Функції модуля:

- 1) S_1^{TDP} – контекстна зв’язка об’єктів різних онтологій;
- 2) S_2^{TDP} – трансдисциплінарне представлення інформації за допомогою онтологічного куба;
- 3) S_3^{TDP} – керування процесом індексації інформаційних ресурсів.

P_{DK} – блок допоміжних конвертерів. Даний блок містить програмний інтерфейс для створення підпрограм-конвертерів, а також базовий набір таких підпрограм. Множина функцій даного модуля має вигляд (18), де S_1^{DK} – забезпечення програмного інтерфейсу для підпрограм-конвертерів; $S_{x_i y_i}^{DK}$ – підпрограма-конвертер з формату x_i у формат y_i ; n_{DK} – загальна кількість наявних підпрограм-конвертерів.

$$S_{DK} = \langle S_1^{DK} \{S_{x_i y_i}^{DK} | i \in [1; n_{DK}]\} \rangle . \quad (18)$$

Основними наявними в даний момент конвертерами є:

- з CSV в XML;
- з XML в CSV.

А також спеціалізовані конвертери для забезпечення інтеграції з важливими програмами:

- з HTML, що генерується Microsoft Office, в текст;
- з XML в CSV формат, що може бути зчитаний ArcGIS for Desktop.

Одним з перспективних напрямків розвитку ІАС є створення конвертера, що дозволить працювати з різноманітними стандартами обміну.

Функціонально-компонентна модель ІАС

Функціонально-компонентна модель використовується для представлення взаємодій, відношень і залежностей програмних модулів, а також для детального опису компонентів системи. Узагальнено дану модель для програмного комплексу трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації можна представити структурою (19).

$$S_R = \langle M_D, M_S, M_P, M_C, P_0(M_D, M_S) \rangle. \quad (19)$$

Елементи, що входять в дану модель:

- 1) M_D – модель, що задає поведінку системи;
- 2) M_S – модель, що задає структуру системи;
- 3) M_P – модель, що задає структуру програмних сутностей;
- 4) M_C – модель (схема) компонентів програмної системи;
- 5) $P_0(M_D, M_S)$ – предикат цілісності системи.

Модель поведінки системи

Модель поведінки системи має структуру (20).

$$M_D = \langle d_{use}, d_{act}, d_{seq} \rangle. \quad (20)$$

Вона включає в себе:

- 1) d_{use} – множину UML-діаграм варіантів використання ІАС.
- 2) d_{act} – множину UML-діаграм активності ІАС.
- 3) d_{seq} – множину UML-діаграм взаємодії ІАС.

UML-діаграма варіантів використання ІАС представлена на рис. 1.

Дана діаграма показує основні дії, що можуть здійснюватися в рамках системи, і користувачів, які можуть їх здійснювати.

Базовим користувачем системи є експерт-аналітик, для якого доступне представлення інформаційного процесу, що реалізується в рамках його діяльності. Такий користувач використовує значну кількість модулів ТОДОС, але не напряму, а в складі інформаційних та інформаційно-розрахункових задач. Одним з прикладів інформаційної задачі є відображення карти геопросторової взаємодії наукової установи, що здійснюється з використанням модуля формування онтологічних ГІС-додатків. Для вирішення когнітивних задач необхідною є інформація про різноманітні чинники, що впливають на процес аналітичного оцінювання – такі як поточний стан науково-технічної розробки. Для внесення такої інформації в ІАС вона має бути структуризована і приведена до певного загального формату, що здійснюється в рамках процесу структуризації вхідної інформації за допомогою відповідної системи.

Адміністратор ІАС виконує дві спеціалізовані функції – формування онтологічних представлень інформаційних процесів, що здійснюються в рамках аналітичної діяльності експерта-аналітика, та формування бібліотеки довідкової інформації (такої як ТТХ чи таксономічна структура тих чи інших наукових розділів інших установ за тематиками, що аналізуються). Онтологічні представлення формуються на основі науково-технічних звітів,

які, як правило, є текстовими документами, тому під час їх обробки також може застосовуватись система структуризації текстів.



Рис. 1 – Способи використання системи

UML-діаграма активності програмної системи трансдисциплінарного представлення інформації показана на рис. 2.

Діаграма описує алгоритм роботи з ІАС. Вхідною точкою для роботи з нею є веб-інтерфейс ТОДОС, що надає інтерфейси для здійснення всіх дій, а також керує правами доступу до них. ТОДОС може працювати в адміністративному режимі (режимі формування онтологій) або в користувацькому аналітичному режимі.

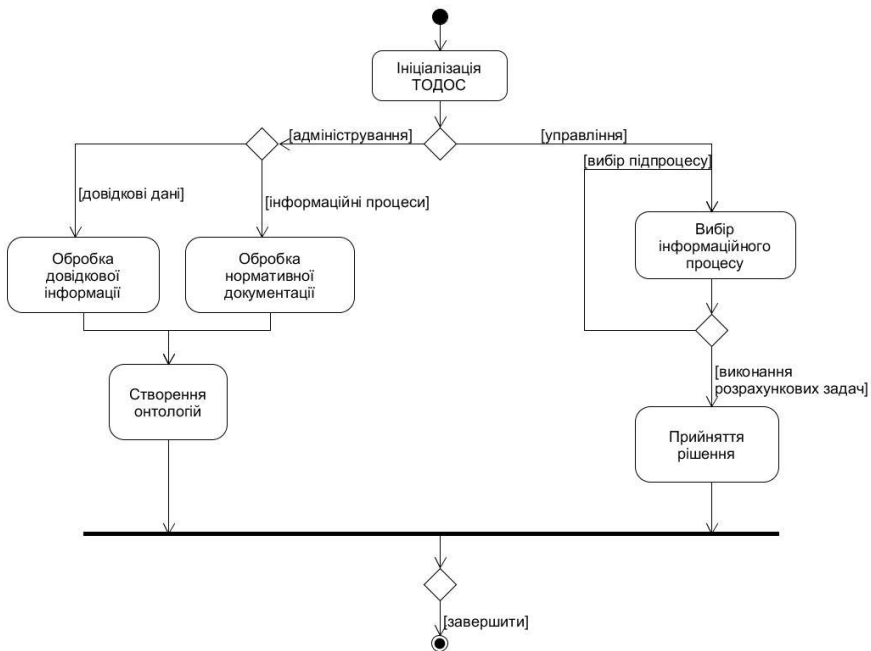


Рис. 2 – Діаграма активності системи

UML-діаграма взаємодії ІАС показана на рис. 3.

Дана діаграма представляє собою основний процес ІАС – процес аналітичного оцінювання.

Точкою входу в цей процес є робоче місце ІАС, що побудоване на основі користувацького інтерфейсу ТОДОС. При ініціалізації робочого місця із серверу ТОДОС зчитується онтологічне представлення інформаційного процесу, що здійснюється експертом. Експерт може переглядати онтологічне представлення і вибирати наявні в ньому підпроцеси. При цьому можуть виконуватись наступні дії:

1) Якщо підпроцес потребує певних додаткових даних, то експерту необхідно запустити систему структуризації, обробити за її допомогою наявні в нього вхідні файли і внести отриману інформацію в ІАС.

2) Якщо підпроцес потребує виконання інформаційної або інформаційно-аналітичної задачі, то запускається обчислювальна підсистема, що дозволяє експерту провести необхідний аналіз.

Завершенням роботи інформаційного процесу є прийняття рішення, що дозволяє сформуванню аналітичну оцінку. У процесі прийняття рішення може використовуватись спеціалізована підсистема підтримки прийняття рішень, що дозволяє оцінити те чи інше рішення на основі виконаних інформаційно-аналітичних задач.

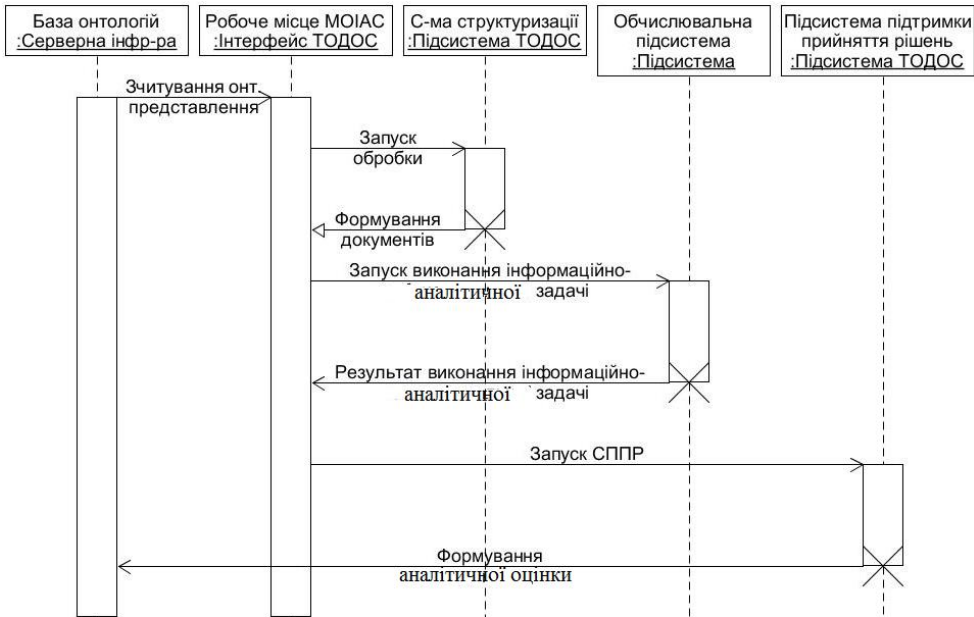


Рис. 3 – Діаграма взаємодії програмної системи формування рішень

Модель структури системи

Модель структури системи реалізується на засадах об’єктно-орієнтованого підходу [11] та має вигляд (21).

$$M_S = \langle d_{class}, b_{stat}, req \rangle. \tag{21}$$

Вона включає в себе:

- 1) d_{class} – множину діаграм класів ІАС;
- 2) b_{stat} – множину статичних блок-схем ІАС;
- 3) req – технічне завдання на проектування ІАС.

Система розділена на підсистему обробки та інтерфейсну підсистему. Дані підсистеми мають незалежну класову структуру. Класова система підсистеми обробки показана на рис. 4.

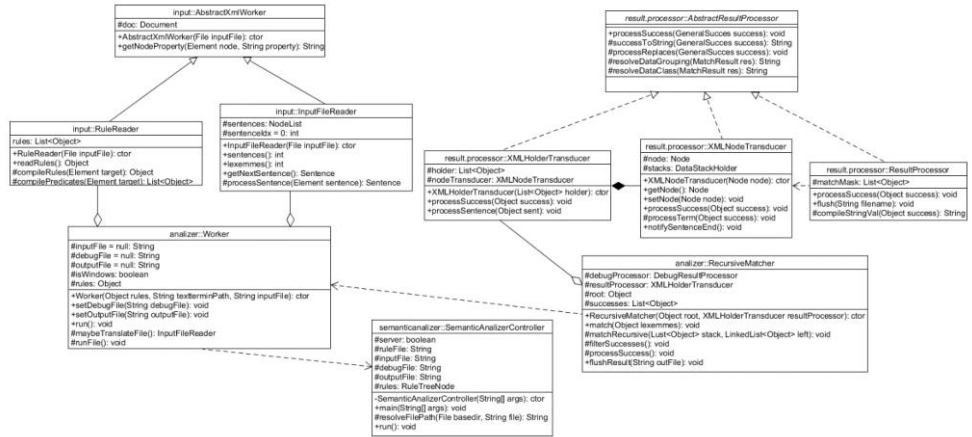


Рис. 4 – Діаграма класів підсистеми обробки

Класи даної підсистеми умовно можна поділити на контролери, класи даних і класи, що реалізують підпрограми обробки.

Ланцюжок контролерів різного рівня представлений наступними класами:

- 1) SemanticAnalyzerController – контролер найвищого рівня, що виконує зчитування параметрів запуску і запускає обробку;
- 2) Worker – загальний контролер виконання обробки. Керує зчитуванням вхідних даних згідно з параметрами запуску, виконанням власне обробки і записом вихідних даних після її завершення;
- 3) RecursiveMatcher – контролер ідентифікації інформації. Виконує основний процес обробки. Під час даного процесу запускаються підпрограми виконання інтерпретації і валідації ідентифікованої інформації.

Класи даних призначені для зчитування вхідних XML-файлів і наслідують абстрактний клас AbstractXmlWorker. Є два таких класи:

- RuleReader зчитує файли шаблонів і виконує їх інтерпретацію, формуючи внутрішнє представлення зчитаних шаблонів;
- InputFileReader – виконує зчитування вхідного XML-файлу з результатами лексичного аналізу або зчитування вхідного текстового файлу і його лексичний аналіз за допомогою відповідного модуля (залежно від налаштувань запуску).

Дані класи створюються класом Worker, який запускає підпрограми, що реалізуються ними, отримує результати роботи цих підпрограм і передає їх контролеру ідентифікації інформації.

Підпрограми обробки виконуються класами, що реалізують заданий класом AbstractResultProcessor інтерфейс (а також наслідують його методи). До них відносяться:

1) XMLHolderTransducer – створюється і зберігається контролером ідентифікації інформації. Клас містить набір об'єктів типу XMLNodeTransducer з різними конфігураціями, що виконують інтерпретацію того чи іншого блоку ідентифікованої інформації. Клас XMLHolderTransducer визначає, який саме з об'єктів буде використовуватись для обробки, на основі інформації про вхідний блок інформації і правила, що його ідентифікувало.

2) XMLNodeTransducer – клас, що виконує інтерпретацію ідентифікованої інформації тим чи іншим чином, в залежності від конфігурації.

3) ResultProcessor – клас, що перетворює інтерпретовану інформацію, приводячи її до вигляду, придатного для запису до вихідного файлу.

Аналогічна діаграма для редактора шаблонів показана на рис. 5.

Структура класів редактора шаблонів в деякій мірі схожа на структуру аналізатора текстів, за виключенням того, що замість ієрархії контролерів вона містить ієрархію візуальних елементів.

Структура класів даних аналогічна: є два класи, RuleFileIO – для зчитування файлів правил і SentencesFileIO – для зчитування результатів аналізу тексту. Обидва класи наслідуються від FileIOController, який реалізує методи для відкриття і запису (зокрема, виклик системних форм вибору файлу).

Контролер у інтерфейсній підсистемі один, глобальний. Він викликає класи даних і запускає зчитування файлів, як вибраних користувачем, так і заданих налаштуваннями запуску.

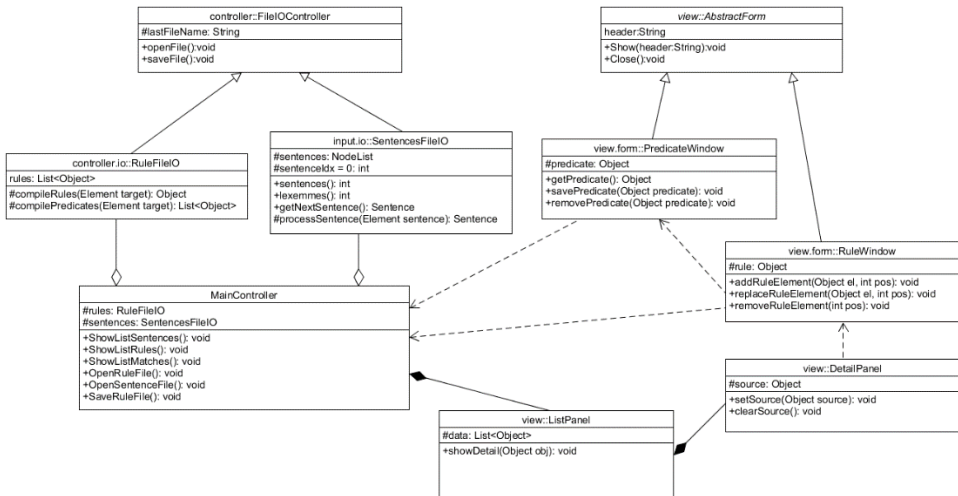


Рис. 5 – Діаграма класів інтерфейсної підсистеми

Архітектура ІАС

У процесі розробки і експлуатації ІАС може виникати ряд проблем, зв'язаних з масштабуванням, швидкодією і надійністю. Для вирішення вищевказаних проблем в програмній інженерії використовується трирівнева архітектура.

Трирівнева архітектура складається з рівня представлення (Presentation tier), рівня логіки (Logic tier), рівня даних (Data tier) і передбачає наявність клієнтської програми, сервера додатків і сервера бази даних. Однак в реальній ситуації, при обмеженості наявних обчислювальних ресурсів, розгортання такої архітектури може бути зв'язане зі значними труднощами, що можуть виражатись в недостатній потужності обчислювальних машин або наявності в модулів системи специфічних системних вимог, що можуть конфліктувати між собою.

Архітектура ІАС базується на описаних в попередніх розділах моделях і являє собою набір незалежних програмних засобів. Деякі компоненти програмної системи створюються на базі веб-орієнтованих АРІ системи ТОДОС і можуть функціонувати виключно в її складі, однак більшість компонентів реалізовані у вигляді окремих модулів, що можуть виконуватись як в складі веб-орієнтованого середовища ТОДОС, так і на локальній машині користувача. Загальна архітектура системи в цьому середовищі має вигляд, показаний на рис. 6.

Основні складові даної архітектури наступні:

Серверна інфраструктура ТОДОС надає засоби для зберігання онтологій і, зокрема, формування бібліотек онтологій. Серед онтологій, що зберігаються, можна виділити три основні групи:

- Онтологічні шаблони програмних систем дозволяють динамічно створювати програмні модулі різного складу, підключати до ІАС додаткові підсистеми. Зокрема, онтологічні шаблони програмних систем використовуються для додавання в систему нових аналітичних функцій;
- Онтологічні описи інформаційних процесів відображують алгоритми діяльності експертів і використовуються в його роботі для упорядкування аналітичної діяльності;
- Онтологічні довідники використовуються в аналітичних задачах і надають необхідну для проведення обчислень інформацію.

Адміністративний інтерфейс ІАС представлений редактором онтологій ТОДОС, що дозволяє створювати і редагувати онтології, зберігаючи в подальшому їх у відповідний розділ бібліотеки онтологій. Через модифікацію тих чи інших онтологій адміністративний інтерфейс може керувати всіма основними аспектами ІАС.

Підсистема структуризації документів розміщується на локальному робочому місці експерта і призначена для внесення в ІАС інформації із зовнішніх джерел. Підсистема містить набори правил, які дозволяють структурувати ті чи інші документи, що використовуються в аналітичній роботі експерта, і перетворювати їх у форму, придатну для зчитування системою ТОДОС.

Користувацький інтерфейс виступає точкою доступу для основних функцій ІАС. В його рамках експерту надаються:

- Засоби для зчитування тих чи інших документів, в тому числі структуризованих за допомогою відповідної підсистеми текстових документів;
- Засоби для виконання різноманітних інформаційних та інформаційно-розрахункових задач, представлення результатів виконання таких задач у зручній формі;
- Засоби для швидкого доступу до довідкової інформації, що міститься в системі;

- Засоби для інтеграції зі сторонніми обчислювальними системами, такими як ArcGIS for Desktop;
- Засоби для експорту наявної в ІАС інформації, для резервного копіювання, передачі іншим експертам та ін.

Основою для користувацького інтерфейсу є веб-орієнтований інтерфейс представлення інформації ТОДОС, що містить API, на основі яких реалізуються підсистема реалізації інформаційних процесів і підсистема вирішення інформаційних та інформаційно-аналітичних задач. У склад підсистеми вирішення задач входить, зокрема, модуль формування онтологічних ГІС-додатків, що дозволяє виконувати інтеграцію з основними ГІС-бібліотеками, зокрема ArcGIS API for JavaScript, Leaflet.js, Google Maps [12–14]. Також інтеграція з додатковими ГІС може бути налаштована через модуль експорту даних, що підтримує створення широкого спектру структурованих документів, зокрема файлів CSV, OWL, KML та ін. [15].

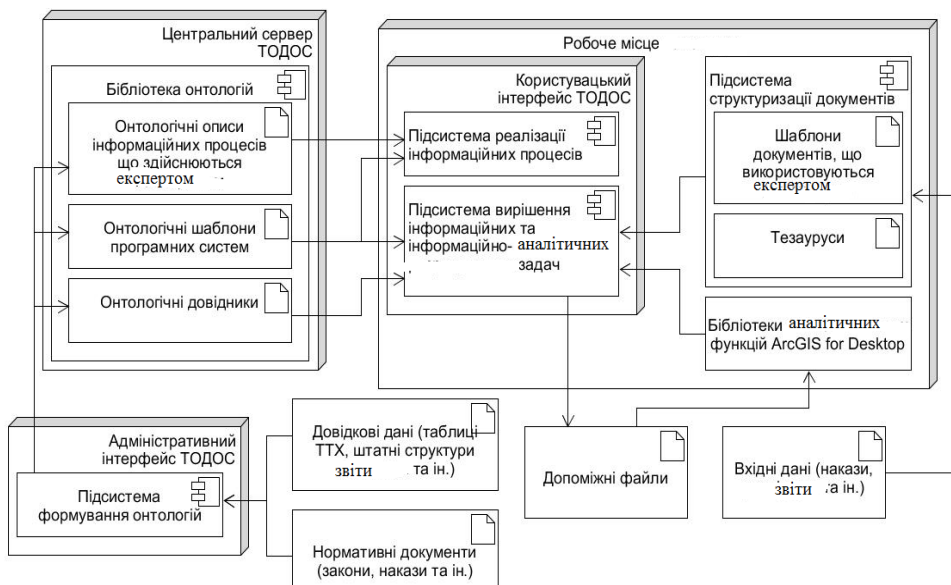


Рис. 6 – Архітектура ІАС в середовищі ТОДОС

Необхідно зазначити, що вказана структура ІАС відповідає трирівневій архітектурі. При цьому функції рівня представлення взаємодії виконують інтерфейси ТОДОС, функції рівня даних – бібліотека онтологій, а всі інші модулі виконують функції рівня логіки.

Висновки

Реалізація концептуальних та системотехнічних засад трансдисциплінарного представлення просторово-розподіленої інформації у вигляді WEB-сервісів ІАС, яке також досить конструктивно забезпечує інкапсуляцію онтологічних ГІС-додатків, забезпечує високу ефективність інтегрованого використання довільних інформаційних ресурсів. Більш того, їх трансдисциплінарне представлення реалізує формування єдиного інформаційного середовища, яке здатне забезпечити високий рівень інтегрованої взаємодії усіх систем, що

інкапсулюються в середовище ІАС. Технологічну основу трансдисциплінарного представлення складають множинні таксономічні відображення структурних властивостей документів [16].

Категорія трансдисциплінарності дозволяє розглядати інтеграцію інформаційних ресурсів як певний процес використання будь-яких контекстів, що становлять суть застосування та взаємодії мережевих інформаційних систем. Її застосування для імплементації інформаційних систем дозволяє узагальнити застосування онтологічного підходу на рівні концептуального відображення взаємодії мережевих інформаційних процесів і систем в різних предметних областях. Іншими словами, категорія трансдисциплінарності дозволяє реалізувати процедури системного аналізу інформаційних процесів і ресурсів на основі їх контекстної взаємозалежності, особливо при вирішенні складних прикладних проблем та завдань, які мають значну кількість міждисциплінарних відношень.

Також в середовищі трансдисциплінарних ІАС забезпечується формування тематичних бібліотек інтерактивних документів, що дозволяють розміщувати структуровані документи у WEB-орієнтованому середовищі. Це дозволяє досить ефективно обробляти великі за обсягом та кількістю масиви текстової і табличної інформації й автоматизовано формувати на їх основі бібліотеки онтологічних інтерактивних додатків.

Мережеві WEB-сервіси трансдисциплінарної ІАС можуть використовуватися для підвищення ефективності обробки великих інформаційних текстових масивів експертами, а також в процесах управління для оперативного аналізу потоків даних при реалізації різноманітних інфраструктурних проектів великої складності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стрижак А. Е. Онтологические аспекты трансдисциплинарной интеграции информационных ресурсов. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии, 2014. №. 65. С. 211–223.
2. Лефевр В. А. Рефлексивный агент в группе. Рефлексивные процессы и управление, 2007, №.1, С. 102–116.
3. Клини С. К. Введение в метаматематику. М. : Иностранная литература, 1957. 526 с.
4. Приходнюк В. Таксономизация естественно-языковых текстов. Information Models and Analyses, 2016. №. 5. С. 270–284.
5. Шаталкин А. И. Таксономия. Основания, принципы и правила. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2012. 600 с.
6. Стрижак О. Є. Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06 / Стрижак Олександр Євгенійович ; Нац. акад. наук України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. Київ, 2014. – 47 с.
7. Малишевский А. В. Качественные модели в теории сложных систем. – М.: Наука. Физматлит. 1998. – 528 с.
8. Приходнюк В. В. Технологічні засоби трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації [Текст] : автореферат ... канд. техн. наук, спец.: 05.13.06 - інформаційні технології / Приходнюк В. В. – К. : Ін-т телекомунікацій і глоб. інформ. простору, 2017. – 20 с.
9. Стрижак А. Е. Трансдисциплинарные онтологии – информационная платформа проведения экологических экспертиз / А. Е. Стрижак, А. Н. Трофимчук, Л. Ю. Цурика // Экологічна безпека та природокористування : Збірник наукових праць / редкол. : О. С. Волошкіна, О.М. Трофимчук (голов. ред.) [та ін.]. – Міністерство освіти і науки

- України, Київський національний університет будівництва і архітектури, НАН України Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору. – Київ, 2014. – Вип. 16. – С. 128–137.
10. Величко В. Ю. ТОДОС – ІТ-платформа формування трансдисциплінарних інформаційних середовищ [Електронний ресурс] / В. Ю. Величко, М. А. Попова, В. В. Приходнюк, О. Є. Стрижак // Системи озброєння і військова техніка. – 2017. – № 1. – С. 10–19. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2017_1_4.
11. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения: Пер. с англ. – М.: Конкорд, 1992. – 519 с.
12. Приходнюк В. В. Онтологічна ГИС, як засіб впорядкування геопросторової інформації. / Приходнюк В. В., Стрижак О. Є. // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2017. №. 2(27). С. 167–174.
13. Попова М. А. Модель онтологического интерфейса агрегации информационных ресурсов и средств ГИС. *Information Technologies and Knowledge*, 2013. №. 7. С. 362–370.
14. Esri: GIS Mapping Software, Spatial Data Analytics & Location Platform. URL: <https://www.esri.com/en-us/home> (дата звернення: 08.12.2016).
15. OWL Web Ontology Language [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>, вільний.
16. Приходнюк В. В., Стрижак О. Є. Множинні характеристики онтологічних систем. Математичне моделювання в економіці : Збірник наукових праць / редкол.: С. О. Довгий (голов. ред.) [та ін.]. К. : НАН України Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору, Інститут економіки та прогнозування, Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова, 2017. №. 8. С. 47–61.

Стаття надійшла до редакції 05.12.2018

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Stryzhak, A. E. (2014). Ontologicheskie aspekty transdisciplinarnoj integracii informacionnykh resursov. *Otkrytie Informacionnye I Kompyuternye Integrirovannye Teknologii*, (65), 211-223 (in Russian).
2. Lefevr, V. A. (2007). Refleksivnyj agent v grupe. *Refleksivnye Processy I Upravlenie*, (1), 102-116 (in Russian).
3. Klini, S. K. (1957). *Vvedenie v metamatematiku*. Moscow: Inostrannaya literatura (in Russian).
4. Prykhodnyuk, V. (2016). Taksonomzacya estestvenno-yazykovyx tekstov. *Information Models and Analyses*, (5), 270-284 (in Russian).
5. Shatalkin, A. I. (2012). *Taksonomija. Osnovaniya, principy i pravila*. Moscow: Tovarišhestvo nauchnyh izdanij KMK (in Russian).
6. Stryzhak, O. E. (2015). *Transdyscyplinarna integracija informacijnyh resursiv* (Doctoral dissertation, Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU) [Abstract]. Kyiv (in Ukrainian).
7. Malishevskij, A. V. (1998). *Kachestvennye modeli v teorii slozhnyx sistem*. Moscow: Nauka. Fizmatlit (in Russian).
8. Prykhodnyuk, V. V. (2017). *Texnologichni zasoby transdyscyplinarnogo predstavleniya geoprostorovoyi informaciyi* (Doctoral dissertation, Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU) [Abstract]. Kyiv (in Ukrainian).
9. Stryzhak, A. E., Trofimchuk, A. N., & Czurika, L. Y. (2014). Transdisciplinarnye ontologii – informacionnaya platforma provedeniya ekologicheskix ekspertiz. *Ekologichna Bezpeka Ta Pryrodokorystuvannya*, (16), 128-137 (in Russian).
10. Velychko, V. J., Popova, M. A., Pryhodnyuk, V. V., & Stryzhak, O. J. (2017). TODOS – IT-platforma formuvannya transdyscyplinarnykh informacijnykh seredovyshh. *Systemy Ozbroyennja I Vijs'kova Tehnika*, 49(1), 10-19 Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2017_1_4 (in Ukrainian).

11. Buch, G. (1992). *Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения*. Moscow: Konkord (in Russian).
12. Prychodniuk, V. V., & Stryzhak, O. Y. (2017). Ontologichna GIS, yak zasib vporядkuvannya geoprостorovoyi informaciyi. *Nauka I Texnika Povitryanyx Syl Zbrojnyx Syl Ukrayiny*, 2(27), 167-174 (in Ukrainian).
13. Popova, M. A. (2013). Model` ontologicheskogo interfejsa agregacii informacionnyx resursov i sredstv GIS. *Information Technologies and Knowledge*, (7), 362-370 (in Russian).
14. Esri: GIS Mapping Software, Spatial Data Analytics & Location Platform. (n.d.). Retrieved December 08, 2016, from <https://www.esri.com/en-us/home> (in English).
15. OWLWebOntologyLanguage (n.d.). Retrieved from <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>
16. Prykhodniuk, V. V., & Stryzhak, O. Y. (2017). Multiple characteristics of ontological systems. *Mathematical Modeling in Economy*, (1-2), 47-61 (in Ukrainian).

Text of the article was accepted by Editorial Team 05.12.2018

Приходнюк Віталій Валерійович

кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

ORCID ID 0000-0002-2108-7091 **e-mail:** tangens91@gmail.com

Стрижак Олександр Євгенович

доктор технічних наук, головний науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

ORCID ID 0000-0002-4954-3650 **e-mail:** sae953@gmail.com

Гайко Світлана Іванівна

аспірант Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

ORCID 0000-0002-3564-475X **e-mail:** svitgai@i.ua

Чепков Роман Ігорович

Радник директора з геоінформаційних питань Науково-дослідного інституту геодезії і картографії

Адреса робоча: 03150, Україна, м. Київ, вул. Велика Васильківська, 69

ORCID 0000-0003-2810-4576 **e-mail:** chepkovroman@ukr.net

UDC 504.4.054 + 504.06 + 556 + 504.062

Dmytro L. Kreta, PhD, Senior Research Scientist
ORCID ID 0000-0001-5897-0008 *e-mail:* dim.leo@gmail.com

Viktoriia I. Klymenko, PhD, Scientific Secretary
ORCID ID 0000-0002-8911-5773 *e-mail:* klimenko_vika@ukr.net

Yevheniia S. Anpilova, PhD, Senior Research Scientist
ORCID ID 0000-0002-4107-0617 *e-mail:* anpilova@ukr.net

Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU, Kyiv, Ukraine

REMOTE SENSING AND GIS FOR SPATIAL ANALYSIS OF SURFACE WATER QUALITY AND SOIL POLLUTION

***Abstract.** The paper presents cartographic models for assessing the quality of soils and surface waters, scientific justification for improving existing monitoring, making operational management decisions for ecological security problems based on the use of modern means of Geographic Information Systems (GIS), methods of remote sensing of the Earth (remote sensing) from space, including through cartographic generalizations of data.*

***Key words:** water quality; soil quality; surface water pollution; soils pollution; environmental monitoring; spatial analysis; geographical information systems; remote sensing of the Earth*

Introduction

One of the most important monitoring components of any object is to determine its pollution degree. Operational and accurate information about the quality of water facilities and soils is the basis for water and land users activities regulation, ensuring measures for the rational use of nature, informing the relevant authorities and the public about possible hazardous situations.

Cartographic modeling and geoinformation tools allow not only to reflect already known spatial patterns but also to analyze, identify and visualize the interconnections between sources of pollution and the quality of soils and waters, to determine the reliability of information about pollution sources, to perform zoning by factors of their contamination and quality, including insufficient data situation.

Main part

The article presents examples of remote sensing and GIS technologies using for the environmental pollution assessing. The expediency of involving remote sensing of the Earth from the space technologies was justified after analysis of the state monitoring system current organization.

The basic possibility of space images application to monitor pollution on the basis of optical characteristics of the snow cover measuring as an indirect indication of the pollution degree [1, 2] has proved.

The decoding signs to determine snow cover pollution areas were substantiated. The proposed method of their decryption is alternative to the standard one. It consists

of brightness gradient module use as a decoding sign for polluted snow cover contamination. Initially, brightness derivatives calculated in directions x and y . The calculation of spatial derivatives is carried out by convolution with the masks of the Sobele operator H_x and H_y (1):

$$H_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad H_y = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

The gradient module G is calculated as (3):

$$G = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2} \quad (2)$$

where F is the image brightness.

Unlike existing techniques, it is assumed that for a forest the value of G should be lower than for dirty snow, because in a forestry the image brightness varies only as a result of fluctuations, but for the dirty snow cover region a brightness increasing should be observed as far as the distance from sources of pollution to the contaminated area periphery. Then in the plane $F - G$ training sample points with different repetition are deduced. The disadvantage of the technique is the computer power additional demand and calculation time increasing for a two-dimensional histogram convolution and construction to identify snow and forest clusters contamination. However, it is compensated by a contaminated snow detection accuracy increasing to 20%.

The expediency of satellite data decoding results application has been proved to improve the accuracy of the definition of man-caused territory pollution along the highways. According to the chosen calculation method, the amount of soil contaminant was determined on the basis of assumption that all emissions are distributed across the road in accordance with the normal distribution law (3):

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

where $\sigma = 60$.

The decoding features of air pollution produced by smoke plumes distribution have determined for the research zone current state estimation. It is substantiated that tasks connected with the earth's surface sites monitoring are based, first of all, on a systematic analysis of investigated objects current state in results of thematic decoding in combination with additional statistical and cartographic data, as well as characteristics and indicators obtained by contact methods.

When switching to the HSV color model (Fig. 1), the decision rule is (4):

$$F(x, y, h, s, v) \in \begin{cases} A_0, & \text{if } |h_0 - h| < \delta h \\ A_1, & \text{if } |h_0 - h| > \delta h \end{cases}, \quad (4)$$

where: A_0 – a smoke zone, A_1 – a zone, where the smoke screen is absent, h_0 – the reference pixel hue value belonging to the smoke zone, δh – the deviation from the reference value.

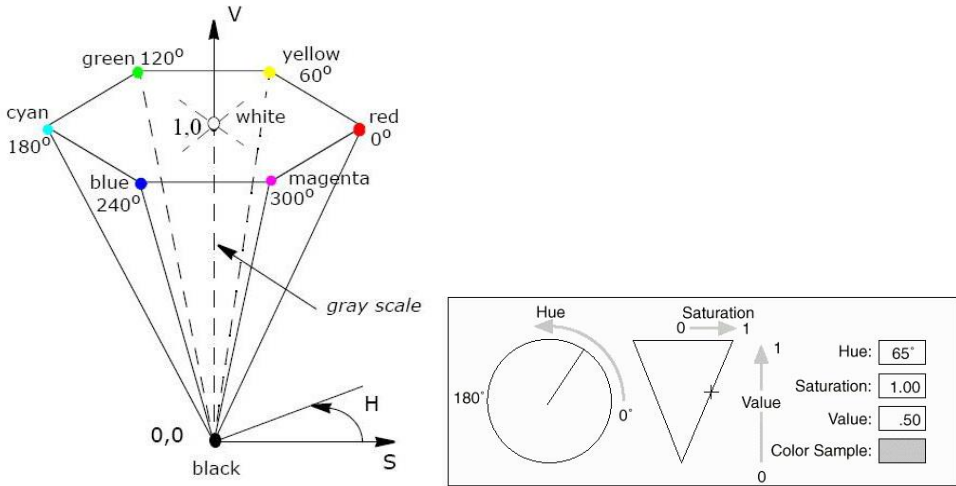


Fig. 1 – HSV color model

The efficiency of the mathematical apparatus of GIS use (its Geostatistical Analyst module) for further evaluation of air pollution has substantiated. The decision reduces processing time for large data volumes. The creation of an environmental pollution comprehensive monitoring system based on remote sensing data and modern GIS technologies application will accelerate scientific and technological progress in the field of environmental safety and increase the efficiency of information provision for decision making on environmental management and environmental protection.

Topographic parameters of snow cover areas with abnormal albedo levels in some areas of the Kiev region were identified by means of the above mentioned information resources and software algorithms. Each GIS made picture was projected on the corresponding section of Ukraine electronic map with the alignment of the scale, and such approach allowed to determine the real contours of urban areas and forest areas as factors that masked snow contamination by technogenic dust, as well as geographic or rectangular coordinates of identified areas of snow cover pollution contours.

Based on the fact that the main contribution to the total emissions from stationary sources of the Kiev region enterprises is made by Trypillya TPP, producing about 75% of the total region stationary sources emissions, it was determined as a test-facility for research possibilities of space images application in the monitoring tasks of the atmosphere pollution by stationary sources of emissions.

The space images of various spatial resolution were used to determine the atmosphere surface layer zone size polluted by the man-made dust of Trypillia TPP.

All space images, used to identify parameters of the emission zones in the atmosphere of Trypillia TPP, were transformed into a cartographic projection of the Kyiv region electronic topographic map M 1: 200 000, using ArcGIS v.10.2. Taking into consideration that used space images were obtained at random option of wind directions and speeds, they determined the average distance from the emission source to boundaries, where the technogenic dust concentration is approximately equal to the background. Forecast estimates of the land polluted by the technogenic dust of an arbitrary sector around Trypillia TPP could be easily obtained by means of the wind direction statistical data use, as well as taking into account the smoke streams parameters obtained by decoding of high spatial resolution space images random set [3, 8]. Thus, mapping models of quantitative estimations of the land load produced by the man-made dust around the polluting objects were obtained using the winds parameters, the composition and volumes of TPP emission.

Under today's conditions of transition of Ukraine to the basin principle of water resources management, the problem of the most optimal use of the existing network of observations is relevant. Ecological information, collected through long-term observations can serve as the basis for the models of surface water quality assessment. According to statistical data [3–6, 9], there is a tendency of the surface water quality deterioration in the basins of Ukraine's rivers. Reliable, accurate and timely data of the surface water quality must be provided for informational support of decisions to ensure the fulfillment of legislative acts regulating modern water relations in Ukraine.

Now there is a military conflict in the south-eastern region of Ukraine that covers the world's largest coal-mining technogenically-rich region, one of the largest and most dangerous natural-technogenic geosystems with a high density of potentially dangerous objects (more than 4000), its area is up to 20 000 km².

Long-term mining activity in the Donbass region has a very negative impact on the quality of surface water and the flow regime of surface water. The rivers of the Ukrainian part of the Donbass region belong to three river basins – the Siversky Donets, the Dnieper and the Sea of Azov. Determination of the forecasted impact of coal mining enterprises on the formation of surface waters flow, the Siversky Donets River basin (which now is the source of 90% drinking and household water supply for villages and cities of the Donetsk Region and for the Luhansk Region – 60%), now is complicated due to the decrease of the regional water-ecological monitoring level.

A new method for assessing the surface water quality that differs from existing thanks to geostatistical interpolation methods use for monitoring data and an improved data processing method as to quality based on classes and categories, allowing improving the surface water environmental monitoring, were proposed. The regularities of changes of the Siversky Donets River basin surface water quality were determined, in particular, places of high substances concentrations that affect the ecological state of the river basin were determined.

Cartographic modeling, carried out based on GIS tools, allows not only to reflect already known spatial patterns, but also to conduct analysis. In addition, GIS help us to identify and visualize the interrelationships between sources of pollution and water quality, to determine the information reliability for pollution sources, to perform zoning based on contamination factors and surface water quality, in

particular, under the insufficient hydrochemical data volume. The analysis of the Siversky Donets River and its main inflows ecological state study by the chemical composition indexes of one of the most technogenic-loaded regions indicates steady irreversible changes in the qualitative and quantitative composition of its basin surface waters.

For today, we have created a database for making decisions on water resources management of the Siversky Donets River. The maps of network of observations of the State Hydrometeorological Service of Ukraine and localization of using enterprises of Siversky Donets River water, accountable by means of Form №2TP (water management), also have constructed.

In addition to the statistical data for the Siversky Donets River water status assessment, space imagery obtained from various sources: TERRA/MODIS, NOAA, QuickBird, LANDSAT, SPOT, ICONOS, funds of the State Science and Production Center "Pryroda", global computer network Internet were used. Results of the space images decoding were integrated into the geodata of factors influencing the class of the Siversky Donets River basin water quality was connected to the GIS, and a comprehensive spatial analysis was carried out based on investigated object dates of quality classes. Cartographic models of contamination dynamics of the surface water of Siversky Donets River were constructed and based on available geodata. Using the "Methodology for calculating anthropogenic loading and classification of the ecological state of the small rivers of Ukraine Basins"[5] enables us to evaluate the assessment of surface water quality of the Siversky Donets River.

The opportunity to automate the water quality calculating process is opening by means of the mentioned method advantages, on the one hand, and the powerful capabilities of modern GIS technology tools, on the other hand. The calculations of anthropogenic loading and classification of the small rivers of Ukraine basins ecological state inside the environment of the GIS-package of ArcGIS have made in addition to the cartographic model.

The method is programmed on language Python basis, built into the ArcGIS software core and was able to integrate inside numerous protocols of modern programming languages external libraries. As a result, water quality classes were obtained at each monitoring point.

The evaluation of surface water objects condition for classes and quality categories is possible only at sampling points. Under the circumstances of the constant reduction of observation points number and sampling frequency it is difficult to evaluate and make a decision, therefore it is desirable to know the level of pollution at any river basin point. Geostatistical methods included in the additional ArcGIS Geostatistical Analyst module used to construct spatial distribution models of surface water quality. Using the geostatistical methods, such as ordinary, simple; universal; probabilistic; disjunctive and indicator krigings, enables us to research of surface water quality.

The simple kriging method is optimal for the surface water basin quality interpolating. The method of indicator kriging allows us to build probability surfaces of the surface water basin quality changes.

Based on the spatial databases of the State Hydromet monitoring stations through the Geostatistical Analyst module the geostatistical analysis was carried out, resulting in an interpolation surface of the surface waters pollution level values of the Siversky Donets River.

Moreover, the geostatistical analysis indeed has significant advantages in the processing of data large volumes and digital maps preparation, greatly simplifying the environmental components assessment, when the preparation of maps by traditional methods requires considerably more labor and financial resources.

The comparative analysis of technogenic press prevailing factors on the Ukrainian regions environmental components, based on the results of the mapping, was carried out. It contributes to decision-making support on issues of regions environmental safety and natural resources rational use. It is established that each region has its own characteristics and the most influential factors of the environment ecological state (Fig. 2).

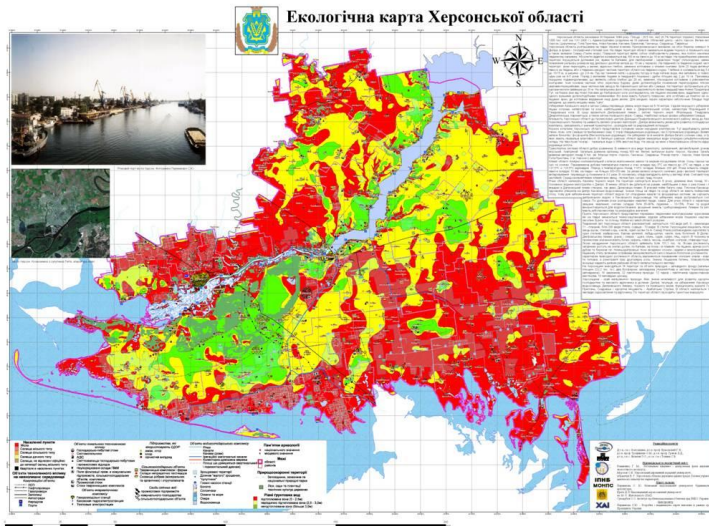


Fig. 2 – Information ecological-cartographic models of environmental pollution on the Kherson region example

Conclusions

In state of emergency situations dealing with traffic accidents, fires, unprovoked explosions accompanied by releases of hazardous chemical (biologically dangerous or radioactive) substances, decisions on planning of measures for their consequences liquidation should be taken in conditions of significant time limitation for the analysis of such events development. In the case of measures planned to prevent emergency events with such consequences, there is no critical time limitation. Therefore, for each potentially dangerous object it is expedient to have in advance calculated geomodels of the area pollution under the most probable parameters of meteorological conditions [7–9].

The information technology of pollution geomodels preparation for atmosphere and underlying land surface polluted by man-made emissions is developed on the basis of cartographic and mathematical modeling methods using databases of attributive data on sources and meteorological conditions at the time of release, space images, software services of geographic information systems. Such geomodels should be included in specialized Internet sites, which will provide distance access to them, not only as to reference material, but also to data upgrade and calculations.

REFERENCES

1. Греков Л.Д., Красовський Г.Я., Трофимчук О.М. Космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом. – К.: Наук. думка, 2007. – 123 с.
2. Красовський Г.Я., Трофимчук О.М., Крета Д.Л., Клименко В.І., Пономаренко І.Г., Суходубов О.О. Синтез картографічних моделей забруднення земель техногенним пилом з використанням космічних знімків // Екологія і ресурси. – 2005. – №12. – С. 37–55.
3. Красовський Г.Я. Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій / Г.Я. Красовський. – К.: Інтертехнологія, 2008. – 480 с.
4. «Положення про державну систему моніторингу довкілля» затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. №391.
5. Методика по розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України / УНДІВЕП, 2-ге видання перероблене та доповнене. – К.: „Полімед” – 2007. – 71 с.
6. ArcGis Geostatistical Analyst. Руководство пользователя: Пер. с англ. / К. Джонсон, Д.М. Хоэф, К. Криворучко, Н. Лукас. – М.: Дата +, 2002. – 278 с.
7. Геомоделі в завданнях еколого-економічних земель: Монографія / С.О. Довгий, Г.Я. Красовський, В.В. Радчук, О.М. Трофимчук та ін. // За ред. С.О. Довгого. – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон»» 2018. – 256 с.
8. Клименко В.І. Сучасні інформаційні технології для екологічної безпеки ґрунтів. / В.І. Клименко. – К.: Азимут-Україна, 2012. – 120 с. + іл.
9. Анпілова Є.С. Інформаційні технології для управління екологічною безпекою поверхневих вод: Монографія. / Є.С. Анпілова. – К.: Азимут-Україна, 2013. – 104 с. + іл.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Grekov, L. D., Krasovskyj, G. J. & Trofymchuk, O. M. (2007). *Space monitoring of land pollution by man-made dust*. Kyiv: Naukova dumka (in Ukrainian).
2. Krasovskyj, G. J., Trofymchuk, O. M., Kreta, D. L., Klymenko, V. I., Ponomarenko, I. G., & Suhodubov, O. O. (2005). *Cyntezy kartografichnyh modelej zabrudnennja zemel' tehnogennym pylom z vykorystannjam kosmichnyh znimkiv. Ekologija I Resursy*, (12), 37-55 (in Ukrainian).
3. Krasovskyj, G. J. (2008). *Space monitoring of the safety of water ecosystems using geoinformation technologies*. Kyiv: Intertehnologija (in Ukrainian).
4. Cabinet of Ministers of Ukraine. (1998, March 30). Resolution № 391 «*Polozhennja pro derzhavnu systemu monitoryngu dovkillja*». Kyiv: Oficijnyj visnyk Ukrai'ny (in Ukrainian).
5. UNDIWEP. (2007). *Metodyka po rozrahunku antropogenного navantazhennja i klasyfikacii' ekologichnogo stanu basejnyv malyh richok Ukrai'ny* [Brochure]. Kyiv: Polymed (in Ukrainian).
6. Johnson, K., Hoef, D. M., Krivoruchko, K., & Lucas, H. (2002). *ArcGis Geostatistical Analyst*. Moscow: Data + (in Russian).
7. Dovgyj, S. O., Krasovskyj, G. J., Radchuk, V. V., & Trofymchuk, O. M. (2018). *Geomodels in the tasks of ecological and economic lands* (S. O. Dovgyj, Ed.). Kyiv: TOV «Vidavnictvo «Juston»» (in Ukrainian).
8. Klymenko, V. I. (2012). *Modern information technologies for ecological safety of soils*. Kyiv: Azimut-Ukraine (in Ukrainian).
9. Anpilova, Y. S. (2013). *Information technology for controlling the ecological safety of surface water*. Kyiv: Azimut-Ukraine (in Ukrainian).

Text of the article was accepted by Editorial Team 06.11.2018

Д.Л. Крета, В.І. Клименко, Є.С. Анпілова
ЗАСОБИ ДЗЗ ТА ГІС ДЛЯ ПРОСТОРОВОГО АНАЛІЗУ ЯКОСТІ
ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ТА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ

Анотація. У статті представлені методи, що дозволяють виявляти закономірності змін якості ґрунтів та поверхневих водних об'єктів. Побудовані картографічні моделі оцінки якості ґрунтів та поверхневих вод, що базуються на використанні сучасних засобів геоінформаційних систем (ГІС) та методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу, в тому числі шляхом картографічних узагальнень даних.

Ключові слова: якість води; якість ґрунту; забруднення поверхневих вод; забруднення ґрунтів; екологічний моніторинг; просторовий аналіз; географічні інформаційні системи; дистанційне зондування Землі

Крета Дмитро Леонідович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу природних ресурсів Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

Тел. +380952075078 **e-mail:** dim.leo@gmail.com

ORCID ID 0000-0001-5897-0008

Клименко Вікторія Ігорівна

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, учений секретар Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

Тел. +380677318920 **e-mail:** klimenko_vika@ukr.net

ORCID ID 0000-0002-8911-5773

Анпілова Євгенія Сергіївна

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу природних ресурсів Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

Тел. +380683515387 **e-mail:** anpilova@ukr.net

ORCID ID 0000-0002-4107-0617

UDK 504.055+ 528.8

Inesa G. Krasovska¹, PhD, Senior Research Associate
e-mail: ines75ma@ukr.net

Kateryna O. Buravchenko², 5th year student at the Department of Geoinformation Technologies and Space Monitoring of the Earth
e-mail: buravchenko_k@ukr.net

Kseniia A. Tsviashchenko², 5th year student at the Department of Geoinformation Technologies and Space Monitoring of the Earth
e-mail: tsvkseniya@gmail.com

¹Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU, Kyiv, Ukraine

²National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine

MONITORING OF POTENTIAL SELF-IGNITION ZONES OF THE FOREST ACCORDING TO CLOUD COVER REMOTE SENSING DATA

***Abstract.** The complex analysis of the main properties of natural objects with establishment of extent of interference of their specifics and the factors causing inflaming is carried out. The dominating natural factor forming a local source of fire is revealed. Formation conditions of potential self-ignition zones are defined. The method allowing to reveal potential zones of self-ignition according to decryption of storm clouds with use of Earth sensing remote methods and to predict the probable level of a fire hazard is presented. Results of program realization of a method according to monitoring of these zones are displayed.*

***Keywords:** polarization; spark discharge; organic compounds; storm clouds*

Introduction

The wildfires which are periodically passing across territories of Europe and America became an integral part of life of the population of these continents countries as of today. Fire elimination material costs are huge. As such, the fires in the State of California in 2017 put USA economies at unprecedented losses of about \$27 billion. The problem of wildfires is relevant for many countries. Perfection of emergence forecasting methods and their anticipation is carried out everywhere, however, still remains the most urgent task.

The purpose of the research is the development of a prediction method for the fire hazard level of potential self-ignition zones (PZSI), earlier unknown. The PZSI is a territory of the forest where sources of fire and combustible materials are formed by exclusively natural forces.

Main content of research

It is known that for a number of the wildfires ignition sources, those sources are usually brought to the forest territory from the outside (a human factor or a natural phenomenon – a lightning). The process of emergence of such fires is well studied and known. With due approach the cause and the source of the fire are established rather precisely. Therefore, they are not considered in this work.

According to this, the main accent in this article is given to the definition of the conditions forming the fire source immediately in the territory of the probable fire.

Local source of fire

According to authors, one such source can be the spark discharge. As such, around potent clouds the electric intensity can reach $E_0 = 10^4$ V/m and more. In these conditions vegetation of the wood is polarized and the process of dispersion begins with acumination from the sharp tops of the stream of charged particles (ions). At the same time, if the local field near the edge of E_{max} reaches a value, sufficient for an electrical breakdown of air, then, factually, spark discharge occurs.

So, at field strength E_0 , operating between the basis of the cloud and the plant, the size of the charge of the plant and the maximum field strength at its top are respectively equal [1]

$$Q_{max} = \pi \frac{\epsilon_0 E_0 b^2}{\lg \frac{2b}{a} - 1}; \quad E_{max} = \frac{\left(\frac{b}{a}\right)^2 E_0}{\lg \frac{2b}{a} - 1}.$$

At the same time, the energy of a spark discharge:

$$W = Q_{max}^2 / 2 C,$$

frequency of following spark discharges:

$$f = \frac{\gamma}{\epsilon_0},$$

where b and a is length and width ($b \gg a$), C and γ is the capacitance and conduction of a plant respectively, ϵ_0 – permittivity of vacuum, F/m.

So, for example, at $E_0 = 10^4$ V/m, $b = 5 \cdot 10^{-1}$ m, $a = 5 \cdot 10^{-3}$ m we get $E_{max} = 10^7$ V/m, $Q_{max} = 7 \cdot 10^{-8}$ C, $W = 2,5 \cdot 10^{-2}$ J, $f = 10^4$ Hz. Thus, the plant with a sharp, pointy top can become a source of a spark discharge with electric field of a storm cloud acting on it.

Combustible materials

One of the known natural phenomena, distinctive for vegetation of the forest is the production of organic compounds in the surrounding medium which are a very flammable mixture, as it contains carbon, hydrogen, etc. [2]. Unlike traditional solid combustible materials organic compounds can easily ignite from electric sparks which energy ($0,3 \div 0,06 \cdot 10^{-3}$) J much less than that of a spark discharge of plants (10^{-2}) J [3].

The defining properties of organic compounds are:

- drains, transfer of organic compounds from one atmosphere container to another;
- conversion of hydrocarbons in aerosols;
- dispersion of aerosol particles under the influence of an electric field on the edge of plant tops;
- cuticular layer of wax containing terpenes covering the foliage.

Thus, under the favorable conditions, especially during the vegetative period, on the forest territory there can form zones, saturated with the easily igniting mix of hydrocarbon compounds.

The choice of the dominating natural factor forming a local source of fire

The PZSI is a territory of the forest, where sources of fire are formed exclusively by forces of nature. Unlike a lightning, which is brought to the territory of future fire from the outside, a local fire source arises immediately on it. The location of the lightning is visually controlled well, whereas ignition of combustible materials with such sources of fire, according to the hidden nature of this process's development, practically can't be monitored. Therefore, it is expedient to carry out their monitoring on existence of the natural factors forming these sources. The first factor – production of the gas mixture of hydrocarbon compounds by vegetation.

The second factor – storm clouds, which form anomalously high tension of an electric field on an edge of the tops of trees, leading to a spark discharge. Thus, local places of accumulation of flammable gas mixture and the storm clouds passing over them are two factors which form the PZSI with a fire source, sufficient for the ignition of hydrocarbon compounds and the subsequent inflaming of solid (traditional) combustible materials.

It is visible that storm clouds and vegetation of the wood can be the provocative factors. But vegetation is a passive factor, though constantly present. Its action can be shown only in the presence of a storm cloud – the factor, which activates the process of a spark discharge. From this it follows that only the storm cloud bearing electric charge can be the parameter which is subject to monitoring.

Program realization of the developed method of PZSI monitoring

For the purpose of research of optical characteristics of cloud cover, the program module allowing both to analyze chromatic characteristics, and to receive their statistical values was developed. Development was done in Visual Studio in C# language. The choice of language is justified by sufficient simplicity of development of Windows Applications.

The program module allows to carry out decryption of storm clouds, on the basis of color channel (RGB) brightness distribution.

The training selection consisted of the pictures of a cloudy cover received from open sources on the Internet. All processed data was divided into 2 classes: storm clouds and others. Their classification was carried out on the basis of archived data of analyzed territories weather: wildfires in the Kherson region in May, 2018 and in Zhytomyr, Khmelnytsky, Vinnitsa regions in July, 2013. At the training stage in the interactive mode, cloud cover zones were highlighted and distribution of brightness of spectral ranges histograms were constructed.

On the basis of injected data, contrasting with use of a histogram normalization method was carried out. When normalizing the histogram on maximum interval, the change of brightness from 0 to 255 doesn't "stretch" for the full range of the current image brightness values, but only its part representing the most informative site. Thus, peaks of the histogram display those levels of brightness, which prevail in the image of the studied cloud cover. The same areas where level is low on the histogram, correspond to brightness values which occur in the image very rarely and

they can be left out of the stretching range. The essential stretching of the histogram was achieved by the exception of the 5% of extreme brightness values, i.e. increase in contrast.

From the obtained data the conclusion follows that the storm cloud of 2013 is non-uniform, because it has a set of local extremums, and the storm cloud of 2017 was homogeneous.

It is known that if the cloud is homogeneous, it tells us about a big density of charges in it, which leads to an increase in probability of emergence of fire in this territory. It is confirmed with the example of a wildfire in May, 2018. On the contrary, in 2013 the density of storm cloud charges was less and insufficient for an emergence of wildfires on the storm cloud route.

Forest PZSI monitoring method

The method is based on monitoring of the chosen meteorological parameters received from ASE (artificial satellites of the earth), differing from the known ones in that, for the purpose of fire hazard assessment, the storm clouds are diagnosed by their ability to activate the process of creation of local sources of fire.

The decision making to reference a cloud cover as a storm is carried out on the basis of existence of multiple local extremums of spectral subrange brightness histograms. Origin of local sources of fire is determined by the maximum change gradient of brightness levels. In this case the cloud is uniform and has the maximum density of charges. Formation of the PZSI can undergo starting from the beginning and after (1–2 days) the passing of cumulus clouds over the controlled territory of the forest. The period of monitoring is defined by the time of PZSI formation processes.

Conclusions

According to the research results, the relationship of storm clouds with the PZSI formation processes, where the source of the fire is formed only by forces of nature, is established. It is shown that PZSI monitoring according to remote sensing data is a basis for expeditious gathering of estimates, which involve current observation subject state and the fire hazard level prediction. Need of further collection of material and its analysis together with the poorly studied "indirect" factors causing forest sites self-ignition is obvious.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Frenkel, Y. I. (1949). *Theory of atmospheric electricity*. L.: GMI (in Russian).
2. Sinadze, G. A., & Dolidze, G. M. (1960). *Selection by plants of letuchikh organicheskoy substances*. Tbilisi: AN of Gr of the USSR (in Russian).
3. Starodub, I., & Shimoda, Y. (1960). *Static electricity*. Moscow: Energoizdat (in Russian).

Text of the article was accepted by Editorial Team 02.10.2018

І.Г. Красовська, Є.О. Буравченко, К.А. Цвященко
МОНІТОРИНГ ПОТЕНЦІЙНИХ ЗОН САМОЗАЙМАННЯ ЛІСУ ЗА ДАНИМИ
ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ХМАРНОГО ПОКРИВУ

Анотація. Проведено комплексний аналіз основних властивостей природних об'єктів із встановленням ступеня взаємного впливу їх специфіки та чинників, що викликають займання. Виявлено домінуючий природний фактор, який формує локальне джерело вогню. Визначено умови формування потенційних зон самозаймання. Представлений метод дозволяє виявляти потенційні зони самозаймання за даними дешифрування грозових хмар з використанням методів дистанційного зондування Землі і прогнозувати можливий рівень пожежної небезпеки. Показані результати програмної реалізації методу за даними моніторингу цих зон.

Ключові слова: поляризація; іскровий розряд; органічні сполуки; грозові хмари

Красовська Інеса Григорівна

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

e-mail: ines75ma@ukr.net

Буравченко Катерина Олександрівна

студентка 5-го курсу кафедри геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі Національного аерокосмічного університету ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Адреса робоча: 61070, Україна, м. Харків-70, вул. Чкалова, 17

e-mail: buravchenko_k@ukr.net

Цвященко Ксенія Андріївна

студентка 5-го курсу кафедри геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі Національного аерокосмічного університету ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Адреса робоча: 61070, Україна, м. Харків-70, вул. Чкалова, 17

e-mail: tsvkсениya@gmail.com

УДК 620.178.7:004.4

Andrii Ye. Vusatiuk, PhD student (construction)
ORCID ID 0000-0002-3096-3188, *e-mail*: avusatiuk@gmail.com

Gennadiy G. Farenjuk, Doctor Habilitat (construction), Director of the Institute
ORCID ID 0000-0002-5703-3976, *e-mail*: farenjuk@ndibk.gov.ua

The State Research Institute of Building Constructions, Kyiv, Ukraine

ESTIMATION OF INTEGRATED CHARACTERISTICS OF MATERIALS OF RAIL CONCRETE STRUCTURES BY THE METHOD OF SURFACE WAVE

Abstract. *The basis of the method for evaluating the integral characteristics of materials of building structures is the parameters of the surface wave of the acoustic frequency range when vibrations in the construction are excited by the impulse load. Surface wave method is the complicated method for theoretical solutions, technology of measurements, methods of information procession and their further interpretation. But this complexity is justified by the advantages in obtaining integral characteristics of materials of building constructions. The integral acoustic characteristic of a planar construction (plate) is the velocity of surface wave (Rayleigh wave). The analysis and comparison of theoretical and experimental dispersion curves forms allows us to estimate the uniformity of the thickness of construction, as well as to determine this thickness. For the practical construction of experimental dispersion curves, the efficient method for measuring the phase velocity of bending waves in building constructions excited by the impulse load was developed. The problem of propagation of planar harmonic Rayleigh waves on the boundary of a rigid isotropic ideal-elastic half-space with a vacuum that can be used for determination of mechanical properties of materials of reinforced concrete plates is analyzed. The wave number, calculated voltages and displacements in the Lamb waves in each point of plate are determined. To construct the dispersion curves, the mathematical package Mathcad 13 was used. The construction of the dispersion curves takes place in three stages. The velocity of the Rayleigh surface wave is determined from the bicubic equation for the given values of the velocities of the longitudinal and transverse wave. A sequence of values of the variable x is chosen, for which the corresponding equations are solved in accordance to the phase velocity c . The dispersion curve based on the values of the phase velocity c is constructed. It is shown that the value of Rayleigh wave velocities has a nonlinear relationship with the mechanical properties of plate materials. At the rate of decline of the dispersion curves it is possible to estimate the thickness of the reinforced concrete plates. The Poisson coefficient and the density of concrete practically do not affect the character of the dispersion curves. If some of input parameters are unknown during the numerical simulation of the real plate, you can consider them to be equal to their average statistical values. In this case the maximal deviation of both the velocity of the Rayleigh waves and other points of the dispersion curve does not exceed 4%.*

Key words: *non-destructive testing; Rayleigh waves; Lamb waves; dispersion curve; integral characteristics*

© A.Ye. Vusatiuk, G.G. Farenjuk, 2018

А.Є. Вусатюк, Г.Г. Фаренюк

ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», Київ, Україна

ОЦІНКА ІНТЕГРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ МЕТОДОМ ПОВЕРХНЕВОЇ ХВИЛІ

Анотація. Основою методу оцінки інтегральних характеристик матеріалів будівельних конструкцій є параметри поверхневої хвилі акустичного діапазону частот при збудженні коливань в конструкції імпульсним навантаженням. Метод поверхневої хвилі є складним методом за теоретичними рішеннями, технікою вимірювань, способами обробки інформації, подальшою її інтерпретацією. Але така складність виправдана перевагами в отриманні інтегральних характеристик матеріалів будівельних конструкцій. Інтегральною акустичною характеристикою плоскої конструкції (плити) є швидкість поверхневої хвилі (хвилі Релея). Аналіз та порівняння форм теоретичних і експериментальних дисперсійних кривих дозволяє оцінити однорідність будівельної конструкції по товщині, а також визначити цю товщину. Для практичної побудови експериментальних дисперсійних кривих розроблений ефективний метод вимірювань фазової швидкості при імпульсному збудженні згинальних хвиль у будівельних конструкціях. Проаналізовано задачу розповсюдження плоскої гармонічної хвилі Релея на границі твердого ізотропного ідеально пружного півпростору з вакуумом, що може бути використана для визначення механічних властивостей матеріалів залізобетонних плит. Визначено хвильове число і розраховані напруження і зміщення у хвилях Лемба в будь-якій точці плити. Для побудови дисперсійних кривих був використаний математичний пакет Mathcad 13. Побудова дисперсійних кривих проходить у три етапи: для заданих значень швидкості повздожних і поперечних хвиль з бікубічного рівняння визначається швидкість поверхневої хвилі Релея; обирається послідовність значень змінної x , для яких відносно фазової швидкості є розв'язуються відповідні рівняння; за отриманими при виконанні попереднього етапу значеннями фазової швидкості є будується дисперсійна крива. Показано, що значення швидкості хвиль Релея має нелінійний зв'язок з механічними властивостями матеріалів плит. За швидкістю спадання дисперсійних кривих можна оцінювати величину товщини залізобетонних плит. Коефіцієнт Пуассона та щільність бетону практично не впливають на характер дисперсійних кривих. Якщо при чисельному моделюванні реальної плити деякі вхідні параметри невідомі, можна приймати їх рівними їхньому середньостатистичному значенню. Максимальне відхилення як швидкості хвиль Релея, так і інших точок дисперсійної кривої в такому разі не перевищує 4%.

Ключові слова: неруйнівні методи; хвилі Релея; хвилі Лемба; дисперсійна крива; інтегральні характеристики

Вступ

Параметри поверхневої хвилі акустичного діапазону частот при збудженні конструкції імпульсним навантаженням є основою запропонованого методу. В [1] цей метод розглядається як метод поверхневої хвилі (МПХ). МПХ є складним методом за теоретичними рішеннями, технікою вимірювань, способами обробки інформації, подальшою її інтерпретацією. Але така

складність виправдана перевагами в отриманні інтегральних характеристик матеріалів будівельних конструкцій. Значний внесок у розвиток МПХ і його практичне застосування зробили спеціалісти НДЦ 26 ЦНДІ (м. Санкт-Петербург) [2].

Інтегральною акустичною характеристикою пласкої конструкції (плити) є швидкість поверхневої хвилі (хвилі Релея). Її визначають шляхом екстраполяції дисперсійної кривої в область коротких довжин хвиль. Отримані дані швидкості хвилі Релея дають змогу (при відомих значеннях щільності ρ та коефіцієнта Пуассона μ) розрахувати динамічні пружні характеристики матеріалу конструкції: модуль пружності та модуль зсуву. Аналіз та порівняння форм теоретичних і експериментальних дисперсійних кривих дозволяє оцінити однорідність конструкції по товщині, а також визначити цю товщину.

Наявність дисперсії, за визначенням, означає, що форма коливань змінюється у процесі їх розповсюдження. Дисперсія виникає тоді, коли швидкість розповсюдження хвилі залежить від частоти (тобто хвилі різних частот розповсюджуються з різною швидкістю), а під дисперсійною кривою зазвичай розуміють графік залежності фазової швидкості коливань від частоти коливань [3]. Проте для наших задач зручно будувати дисперсійну криву як залежність фазової швидкості від довжини хвилі або від відношення довжини хвилі до товщини плити.

Процедури побудови теоретичних дисперсійних кривих, в основу яких покладено отримання залежності між фазовою швидкістю c і відношенням $\frac{\lambda}{H}$, де λ – довжина хвилі, а H – товщина плити, розглянуті рядом авторів [1–8]. Але для практичного застосування при вирішенні конкретних задач потребувалось проведення теоретичних досліджень. У статті для побудови експериментальних дисперсійних кривих розроблений ефективний метод вимірювань фазової швидкості при імпульсному збудженні у конструкціях згинальних хвиль [2, 8].

Хвилі Релея

Хвилями Релея називають пружні коливання, що розповсюджуються поблизу вільної границі твердого тіла та затухають з глибиною [6]. Розглянемо пласку гармонічну хвилю Релея на границі твердого ізотропного ідеально пружного півпростору з вакуумом. Нехай півпростір займає область $z > 0$, а напрям розповсюдження хвилі збігається з віссю x . Введемо для області, зайнятої півпростором, скалярний φ і векторний ψ потенціали зміщень, так що вектор зміщень частинок v запишеться у вигляді

$$v = \text{grad}\varphi + \text{rot}\psi. \quad (1)$$

Оскільки хвиля пласка і рух не залежить від координати y , у векторного потенціалу буде відмінна від нуля лише компонента по осі y ; цю компоненту позначимо просто через ψ . Потенціали φ та ψ називаються відповідно потенціалами повздовжніх і зсувних хвиль та задовольняють (для гармонічних процесів) хвильовим рівнянням Гельмгольца 2-го роду:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} + k_L^2 \phi = 0 \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + k_T^2 \psi = 0, \quad (2)$$

де: $k_L = \omega \sqrt{\frac{\rho}{\lambda + 2\mu}}$, $k_T = \omega \sqrt{\frac{\rho}{\mu}}$ – хвильові числа відповідно повздовжніх та поперечних хвиль; ω – кругова частота; λ і μ – пружні постійні Ламе; ρ – щільність середовища. Вирази для ϕ та ψ приймають вигляд:

$$\phi = A e^{-qz} e^{i(kx - \omega t)} \quad \psi = B e^{-sz} e^{i(kx - \omega t)},$$

де: $q^2 = k^2 - k_L^2$; $s^2 = k^2 - k_T^2$; A та B – довільні постійні.

Умови задачі потребують, щоб напруги σ_{zz} та σ_{xz} дорівнювали нулю на границі півпростору (площина $z = 0$). Підставляючи вирази для ϕ та ψ у ці умови, отримуємо співвідношення, що пов'язують A , B та хвильове число k . У результаті для ϕ та ψ отримуємо

$$\phi = -A e^{i(kx - \omega t) - qz} \quad \psi = iA \frac{2kq}{k^2 + s^2} e^{i(kx - \omega t) - sz}. \quad (3)$$

Рівняння для визначення k (характеристичне рівняння) буде мати вигляд

$$4k^2 qs - (k^2 + s^2)^2 = 0. \quad (4)$$

Після простих перетворень воно зводиться до форми

$$\eta^6 - 8\eta^4 + 8(3 - 2\xi^2)\eta^2 - 16(1 - \xi^2) = 0, \quad (5)$$

де: $\eta = \frac{k_T}{k} = \frac{c}{c_T}$; $\xi = \frac{k_L}{k_T} = \frac{c_T}{c_L}$ (c_L , c_T – фазові швидкості повздовжніх і поперечних хвиль). Це рівняння називається рівнянням Релея. Воно має шість коренів, значення яких залежить тільки від коефіцієнта Пуассона μ даного пружного середовища. Хвилі Релея відповідає корінь η_R , що знаходиться між нулем та одиницею. Для будь-якого значення μ , що відповідає реальному середовищу $0 \leq \mu \leq 0,5$, рівняння (5) має один і тільки один корінь. Цей факт підтверджує справедливість прийнятої гіпотези та доводить існування хвилі Релея на вільній границі пружного півпростору.

Хвилі Лемба

Хвилями Лемба називаються пружні коливання, що розповсюджуються у твердій пластині з вільними границями, у яких має місце зміщення, як у

напрямку розповсюдження хвилі, так і ортогонально до площини пластини [6, 7]. Розглянемо пласку гармонічну хвилю Лемба, що розповсюджується у пластині товщиною $2d$ у додатному напрямку осі x . Введемо для області, зайнятої пластиною, скалярний φ і векторний ψ потенціали зміщень, що пов'язані з вектором зміщень співвідношенням (1). Як і в пласкій хвилі Релея, у векторного потенціалу буде відмінна від нуля тільки компонента по осі y , яку ми також позначимо просто ψ . Потенціали φ та ψ , що описують відповідно повздовжні та поперечні хвилі, повинні задовольняти хвильовим рівнянням (2). Представимо φ та ψ у наступній формі

$$\varphi = A_s \operatorname{ch} qz e^{ikx} + B_a \operatorname{sh} qz e^{ikx} \quad \psi = D_s \operatorname{sh} sz e^{ikx} + C_a \operatorname{ch} sz e^{ikx}, \quad (6)$$

де: A_s, B_a, C_a, D_s – довільні постійні; k – хвильове число хвиль Лемба;

$$q = \sqrt{k^2 - k_L^2}; \quad s = \sqrt{k^2 - k_T^2}.$$

Неважко побачити, що вирази (6) задовольняють хвильовим рівнянням (2). Прирівнюючи напруги до нуля, отримуємо наступну систему лінійних однорідних рівнянь для знаходження амплітуд A_s, B_a, C_a, D_s :

$$\begin{aligned} (k^2 + s^2) \operatorname{ch} qd A_s + (k^2 + s^2) \operatorname{sh} qd B_a + 2iks \operatorname{sh} sd C_a + 2iks \operatorname{ch} sd D_s &= 0 \\ (k^2 + s^2) \operatorname{ch} qd A_s - (k^2 + s^2) \operatorname{sh} qd B_a - 2iks \operatorname{sh} sd C_a + 2iks \operatorname{ch} sd D_s &= 0 \\ 2ikq \operatorname{sh} qd A_s + 2ikq \operatorname{ch} qd B_a - (k^2 + s^2) \operatorname{ch} sd C_a - (k^2 + s^2) \operatorname{sh} sd D_s &= 0 \\ -2ikq \operatorname{sh} qd A_s + 2ikq \operatorname{ch} qd B_a - (k^2 + s^2) \operatorname{ch} sd C_a + (k^2 + s^2) \operatorname{sh} sd D_s &= 0 \end{aligned}$$

Неважко помітити, що записана система задовольняється, якщо задовольняються дві підсистеми:

$$(k^2 + s^2) \operatorname{ch} qd A_s + 2iks \operatorname{ch} sd D_s = 0 \quad 2ikq \operatorname{sh} qd A_s - (k^2 + s^2) \operatorname{sh} sd D_s = 0, \quad (7)$$

$$(k^2 + s^2) \operatorname{sh} qd B_a + 2iks \operatorname{sh} sd C_a = 0 \quad 2ikq \operatorname{ch} qd B_a - (k^2 + s^2) \operatorname{ch} sd C_a = 0. \quad (8)$$

Підсистеми мають нетривіальні розв'язки лише тоді, коли їхні детермінанти дорівнюють нулю. Ми приходимо до двох характеристичних рівнянь, що визначають власні значення хвильового числа k :

$$(k^2 + s^2)^2 \operatorname{ch} qd \operatorname{sh} sd - 4k^2 qs \operatorname{sh} qd \operatorname{ch} sd = 0, \quad (9)$$

$$(k^2 + s^2)^2 \operatorname{sh} qd \operatorname{ch} sd - 4k^2 qs \operatorname{ch} qd \operatorname{sh} sd = 0. \quad (10)$$

Використавши ці рівняння, отримаємо з підсистеми (5) вираз для D_s через A_s , а з підсистеми (8) вираз для C_a через B_a . Отримаємо формули для шуканих потенціалів:

$$\phi = A_s \operatorname{ch} q_s z e^{ik_s x} + B_a \operatorname{sh} q_a z e^{ik_a x} \psi = \frac{2ik_s q_s \operatorname{sh} q_s d}{(k_s^2 + s_s^2) \operatorname{sh} s_s d} A_s \operatorname{sh} s_s z e^{ik_s x} + \frac{2ik_a q_a \operatorname{ch} q_a d}{(k_a^2 + s_a^2) \operatorname{ch} s_a d} B_a \operatorname{ch} s_a z e^{ik_a x}, \quad (11)$$

де: k_s – значення k , що задовольняє рівнянню (7); k_a – значення k , що задовольняє рівнянню (8):

$$q_{s,a} = \sqrt{k_{s,a}^2 - k_L^2}, \quad s_{s,a} = \sqrt{k_{s,a}^2 - k_T^2}.$$

З формул (11) можемо розрахувати компоненти зміщень U та W :

$$U = U_s + U_a \quad W = W_s + W_a; \quad (12)$$

$$U_s = Ak_s \left(\frac{\operatorname{ch} q_s z}{\operatorname{sh} q_s d} - \frac{2q_s s_s}{k_s^2 + s_s^2} \cdot \frac{\operatorname{ch} s_s z}{\operatorname{sh} s_s d} \right) e^{i(k_s x - \omega t - \frac{\pi}{2})}$$

$$W_s = -Aq_s \left(\frac{\operatorname{sh} q_s z}{\operatorname{sh} q_s d} - \frac{2k_s^2}{k_s^2 + s_s^2} \cdot \frac{\operatorname{sh} s_s z}{\operatorname{sh} s_s d} \right) e^{i(k_s x - \omega t)}; \quad (13)$$

$$U_a = Bk_a \left(\frac{\operatorname{sh} q_a z}{\operatorname{ch} q_a d} - \frac{2q_a s_a}{k_a^2 + s_a^2} \cdot \frac{\operatorname{sh} s_a z}{\operatorname{ch} s_a d} \right) e^{i(k_a x - \omega t - \frac{\pi}{2})}$$

$$W_a = -Bq_a \left(\frac{\operatorname{ch} q_a z}{\operatorname{ch} q_a d} - \frac{2k_a^2}{k_a^2 + s_a^2} \cdot \frac{\operatorname{ch} s_a z}{\operatorname{ch} s_a d} \right) e^{i(k_a x - \omega t)}, \quad (14)$$

де A та B – нові довільні постійні.

Вирази (11–14), а також рівняння (9), (10) описують дві групи хвиль, кожна з яких задовольняє хвильовим рівнянням руху та граничним умовам, тобто може розповсюджуватися у пластині незалежно одна від одної. Аналізуючи вирази (13) та (14), можемо зробити наступні висновки:

- Перша група хвиль, що позначена індексом s , описує хвилі, в яких рух відбувається симетрично відносно площини $z = 0$ (тобто у верхній та нижній половинках пластини зміщення U має однакові знаки, а зміщення W – протилежні). Хвилі першої групи називають симетричними хвилями Лемба.

- Друга група, що позначена індексом a , описує хвилі, в яких переміщення відбувається антисиметрично відносно площини $z = 0$ (тобто у верхній та нижній половинках пластини зміщення U має протилежні знаки, а зміщення W – однакові). Хвилі другої групи називають антисиметричними (згинальними) хвилями Лемба.

Дисперсійні криві

Фазова швидкість c є основною характеристикою хвилі Лемба. Знаючи її, ми можемо визначити хвильове число і розрахувати напругу і зміщення у хвилі Лемба в будь-якій точці плити. Фазова швидкість знаходиться шляхом чисельного розв’язку характеристичних рівнянь (9), (10), які доцільно переписати у наступній формі [6]:

для симетричних хвиль:

$$\frac{\operatorname{tg}\sqrt{1-\zeta^2}\bar{d}}{\operatorname{tg}\sqrt{\xi^2-\zeta^2}\bar{d}} = -\frac{4\zeta^2\sqrt{1-\zeta^2}\sqrt{\xi^2-\zeta^2}}{(2\zeta^2-1)^2}, \quad (15)$$

для антисиметричних (згинальних) хвиль:

$$\frac{\operatorname{tg}\sqrt{1-\zeta^2}\bar{d}}{\operatorname{tg}\sqrt{\xi^2-\zeta^2}\bar{d}} = -\frac{(2\zeta^2-1)^2}{4\zeta^2\sqrt{1-\zeta^2}\sqrt{\xi^2-\zeta^2}}. \quad (16)$$

Тут: $\bar{d} = k_T d$; $\zeta^2 = \frac{c_T^2}{c^2}$; $\xi^2 = \frac{c_L^2}{c^2}$, c_L – швидкість повздовжніх хвиль; c_T – швидкість поперечних хвиль; k_T – номер моди коливання поперечних хвиль; d – половина товщини плити.

Для побудови експериментальних дисперсійних кривих розроблений ефективний метод вимірювань фазової швидкості при імпульсному збудженні у конструкціях згинальних хвиль [2, 8], тому теоретичні дисперсійні хвилі також будуватимемо для згинальних хвиль, за рівнянням (16). Для побудови необхідно отримати залежність між фазовою швидкістю згинальних коливань c та відношенням λ/H , де λ – довжина хвилі Лемба, H – товщина плити. Для цього приведемо рівняння для обчислення фазової швидкості антисиметричних хвиль до трансцендентного рівняння з двома невідомими. Використовуючи співвідношення між номером моди коливань і довжиною хвилі: $k = 2\pi/\lambda$, а також той факт, що довжина хвилі є добутком фазової швидкості цієї хвилі на один період коливань, ми можемо виконати наступні перетворення:

$$\bar{d} = k_T d = \frac{2\pi}{\lambda_T} \cdot \frac{H}{2} = \frac{\pi H}{c_T T} = \frac{\pi H}{\lambda} \cdot \frac{c}{c_T}.$$

Тепер підставимо замість ξ^2 і ζ^2 відповідні відношення квадратів швидкостей і перетворимо ліву частину рівняння (16):

$$\frac{\operatorname{tg}\sqrt{1-\zeta^2}\bar{d}}{\operatorname{tg}\sqrt{\xi^2-\zeta^2}\bar{d}} = \frac{\operatorname{tg}\frac{\pi H}{\lambda} \frac{c}{c_T} \sqrt{1-\frac{c_T^2}{c^2}}}{\operatorname{tg}\frac{\pi H}{\lambda} \frac{c}{c_T} \sqrt{\frac{c_L^2}{c^2}-\frac{c_T^2}{c^2}}} = \frac{\operatorname{tg}\frac{\pi}{(\lambda/H)} \sqrt{\frac{c^2}{c_T^2}-1}}{\operatorname{tg}\frac{\pi}{(\lambda/H)} \sqrt{\frac{c^2}{c_L^2}-1}}. \quad (17)$$

Зробимо припущення, що має місце нерівність $c < c_R$, де c_R – швидкість хвилі Релея. Припустимо, що для хвильового числа хвилі Релея $k_R^2 > k_T^2 > k_L^2$. Так як $\frac{k_T}{k_R} = \frac{c_R}{c_T}$, $\frac{k_L}{k_T} = \frac{c_T}{c_L}$, враховуючи зроблене припущення, отримуємо

$\frac{c^2}{c_T^2} - 1 < \frac{c_R^2}{c_T^2} - 1 < 0$ і $\frac{c^2}{c_L^2} - 1 < \frac{c_R^2}{c_L^2} - 1 < 0$. Таким чином, підкорінні вирази набувають від'ємних значень, а тангенс береться виключно від уявного виразу. Ліва частина рівняння (16) для обчислення фазової швидкості згинальних хвиль є функцією двох змінних – фазової швидкості згинальних хвиль c і відношення λ/H , а права – функцією, що залежить тільки від фазової швидкості c .

Введемо заміну: $\lambda/H = x$. Рівняння для обчислення фазової швидкості згинальних хвиль тепер запишемо у вигляді трансцендентного рівняння з двома невідомими: фазовою швидкістю c і x – відношенням довжини хвилі до товщини плити:

$$\frac{\operatorname{th} \frac{\pi}{x} \sqrt{1 - \frac{c^2}{c_T^2}}}{\operatorname{th} \frac{\pi}{x} \sqrt{1 - \frac{c^2}{c_L^2}}} = \frac{\left(2 - \frac{c^2}{c_T^2}\right)^2}{4 \sqrt{1 - \frac{c^2}{c_T^2}} \sqrt{1 - \frac{c^2}{c_L^2}}}. \quad (18)$$

Визначимо фазову швидкість згинальних хвиль для граничних значень довжини хвилі: $\lambda \rightarrow 0$ і $\lambda \rightarrow \infty$. Доведемо, що коли довжина хвилі прямує до нуля, швидкість згинальних хвиль прямує до швидкості хвилі Релея. При $\lambda \rightarrow 0$ рівняння (18) приймає вигляд:

$$\frac{1}{1} = \frac{\left(2 - \frac{c^2}{c_T^2}\right)^2}{4 \sqrt{1 - \frac{c^2}{c_T^2}} \sqrt{1 - \frac{c^2}{c_L^2}}}, \text{ або } 4 \sqrt{1 - \frac{c^2}{c_T^2}} \sqrt{1 - \frac{c^2}{c_L^2}} = \left(2 - \frac{c^2}{c_T^2}\right)^2.$$

Піднесемо обидві частини отриманого рівняння в квадрат і, виконуючи над ним подальші перетворення, приводимо його до бікубічного рівняння, яке співпадає з рівнянням хвиль Релея (5).

Тепер розглянемо випадок $\lambda \rightarrow \infty$. Обернено пропорційні довжині хвилі вирази прямують до нуля. Оскільки $\lim_{z \rightarrow 0} \left(\frac{\operatorname{th}(z)}{z}\right) = 1$, рівняння (18) набуває вигляду:

$$4 \left(1 - \frac{c^2}{c_T^2}\right) = \left(2 - \frac{c^2}{c_T^2}\right)^2,$$

звідки $c = 0$. Таким чином, при нескінченно малих значеннях довжини хвилі фазова швидкість згинальних хвиль прямує до швидкості хвиль Релея та знаходиться з відповідного бікубічного рівняння, а при нескінченно великих – прямує до нуля. Що стосується прийнятого припущення, згідно з яким $c < c_R$, можна довести існування розв'язку рівняння (18) для будь-якого значення $0 < x < \infty$, що задовольняє умову $c < c_R$. Для побудови дисперсійних кривих

був використаний математичний пакет Mathcad 13. У його програмному середовищі була реалізована процедура розв'язання отриманого рівняння для послідовності значень змінної x , що дозволяє виконати побудову графіків поточною.

Побудова дисперсійних кривих проходить у три етапи:

1. Для заданих значень швидкості повздовжніх і поперечних хвиль з бікубічного рівняння (5) визначається швидкість поверхневої хвилі Релея c_R .
2. Обирається послідовність значень змінної x , для яких відносно фазової швидкості c розв'язуються рівняння (18).
3. За отриманими при виконанні попереднього етапу значеннями фазової швидкості c будується дисперсійна крива – графік залежності між величинами c та λ або між величинами c та $x = \lambda/H$.

Приклад побудови дисперсійної кривої

На рис. 1 зображено дисперсійні криві для згинальних хвиль у плитах, зроблених із різних матеріалів: бетону (крива С1), силікатної цегли (крива С2) та керамічної цегли (крива С3). Для побудови кривих бралися середні значення механічних характеристик матеріалів. Для бетонної плити: швидкість повздовжніх коливань – 4150 м/с, коефіцієнт Пуассона 0,2; для плити із силікатної цегли: швидкість повздовжніх коливань – 3000 м/с, коефіцієнт Пуассона 0,28; для плити з керамічної цегли: швидкість повздовжніх коливань – 1570 м/с, швидкість поперечних коливань – 980 м/с. Товщина плити – 0,52 м.

Порівнюємо загальний вигляд кривих С1, С2 та С3. Усі дисперсійні криві мають приблизно однакову форму, але значно різняться висотою розташування. Форма дисперсійних кривих характерна; таку ж форму мають графіки функцій виду $f(x) = \frac{th(\alpha/x)}{th(\beta/x)} - C$ при $\alpha < \beta$. Різниця у висоті розташування кривих С1, С2 та С3 відображає різницю у фазовій швидкості згинальних хвиль та швидкості хвиль Релея. Розрахована швидкість хвиль Релея плит з матеріалів з даними механічними характеристиками становить 2315,2 м/с для бетонної плити, 1532,7 м/с для плити із силікатної цегли та 889,5 м/с для плити з керамічної цегли. Таким чином, значення швидкості хвиль Релея має нелінійний зв'язок з механічними властивостями матеріалів плит.

Розрахунки також були проведені для наступних трьох випадків плит, зроблених з одного й того ж матеріалу – бетону, але різної товщини: 0,15, 0,45, 0,8 та 1,5 м; з різними значеннями коефіцієнта Пуассона; різної щільності.

Висновки

1. Значення швидкості хвиль Релея має нелінійний зв'язок з механічними властивостями матеріалів плит та може бути використане для їхньої оцінки.
2. За швидкістю спадання дисперсійних кривих можна оцінювати величину товщини плит.
3. Коефіцієнт Пуассона та щільність бетону практично не впливають на характер дисперсійних кривих. Якщо при моделюванні реальної плити ці параметри невідомі, можна приймати їх рівними їхньому середньостатистичному значенню, так як максимальне відхилення як швидкості хвиль Релея, так і інших точок дисперсійної кривої при цьому не перевищує 4%.

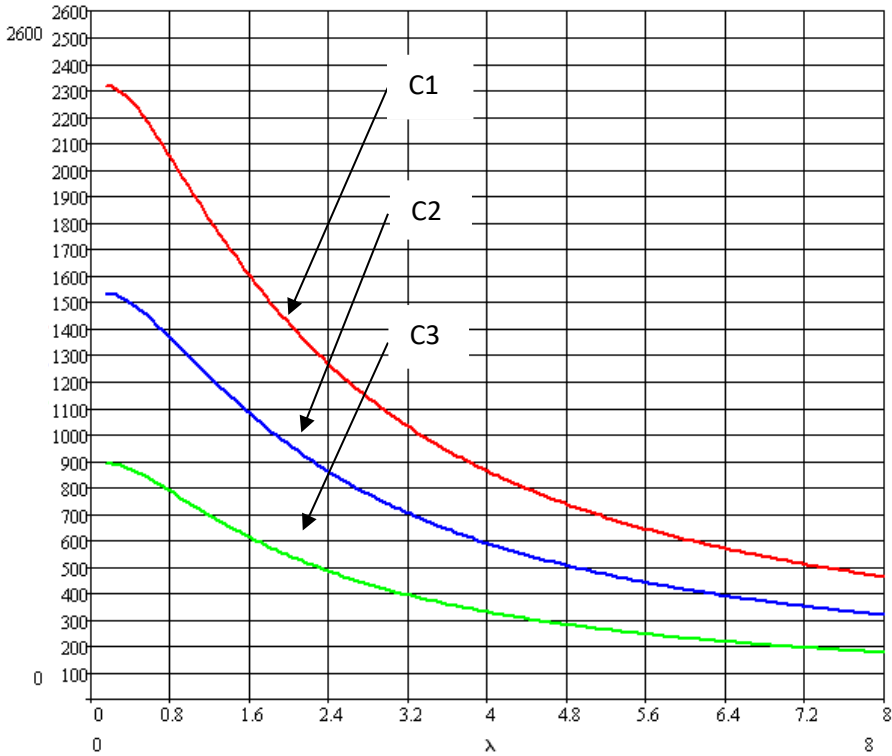


Рис. 1 – Дисперсійні криві згинальних хвиль у плитах, зроблених із різних матеріалів: бетону (крива C1), силікатної цегли (крива C2) та керамічної цегли (крива C3)

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Джонс Р., Фэкзоару И. Неразрушающие методы испытаний бетонов Пер. с румынск. – М.: Стройиздат, 1974. – 292 с.
2. Современные методы технической диагностики строительных конструкций, зданий и сооружений / [Заренков В.А., Захаров И.Д., Савин С.Н., Шнитковский А.Ф.; ред. С.Н. Савина]. – СПб.: РДК-принт, 2000. – 128 с.
3. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний. – М.: Наука, 1964. – 442 с.
4. Гарифулин Д.М., Есенина Н.А., Ситников И.В. Применение инструментальных обследований для оценки фактического состояния строительных конструкций зданий атомных станций // Сейсмостойкое строительство. – №6, 1999. – С. 15–18.
5. Алешин Н.Н. Электросейсмоакустические методы обследования зданий. – М.: Стройиздат, 1982. – 158 с.
6. Викторов И.А. Физические основы применения ультразвуковых волн Рэлея и Лэмба в технике. М.: Наука, 1966. – 168 с.
7. Achenbach J.D. Wave propagation in elastic solids. Amsterdam: North-Holland Published Company, 1973.
8. Rose, J. L. Ultrasonic Waves in Solid Media. New York, NY, Cambridge University Press, 1999.

Стаття надійшла до редакції 04.12.2018

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Facaeoar. I., & Jones, R. (1974). *Non-destructive testing of concrete*. Moscow: Stroizdat (in Russian).
2. Zarenkov, V. A., Zaharov, I. D., Savin, S. N., & Shnitkovskij, A. F. (2000). *Sovremennye metody tehnicheckoj diagnostiki stroitel'nyh konstrukcij, zdaniij i sooruzhenij* (S. N. Savin, Ed.). SPb: RDK-print (in Russian).
3. Strelkov, S. P. (1964). *Vvedenie v teoriju kolebanij*. Moscow: Nauka (in Russian).
4. Garifulin, D. M., Esenina, N. A., & Sitnikov, I. V. (1999). *Primenenie instrumental'nyh obsledovanij dlja ocenki faktičeskogo sostojanija stroitel'nyh konstrukcij zdaniij atomnyh stancij. Sejsmostojkoe stroitel'stvo* (6) 15-18 (in Russian).
5. Aleshin, N. N. (1982). *Jelekstrosejsmoakustičeskie metody obsledovanija zdaniij*. Moscow: Stroizdat (in Russian).
6. Viktorov, I. A. (1966). *Fizičeskie osnovy primenenija ul'trazvukovyh voln Rjeleja i Ljemba v tehnichecki*. Moscow: Nauka (in Russian).
7. Achenbach, J. D. (1973). *Wave propagation in elastic solids*. Amsterdam: North-Holland Published Company (in English).
8. Rose, J. L. (1999). *Waves in Solid Media*. New York: Cambridge University Press (in English).

Text of the article was accepted by Editorial Team 04.12.2018

Вусатюк Андрій Євгенійович

здобувач наукового ступеня кандидата технічних наук ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

Адреса робоча: 03037 Україна, вул. Преображенська, 5/2

ORCID ID 0000-0002-3096-3188 **e-mail:** avusatiuk@gmail.com

Фаренюк Геннадій Григорович

доктор технічних наук, директор ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

Адреса робоча: 03037 Україна, вул. Преображенська, 5/2

ORCID 0000-0002-5703-3976 **e-mail:** farenjuk@ndibk.gov.ua

© Авторські і суміжні права належать авторам окремих публікацій, Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київському національному університету будівництва і архітектури.

© Авторские и смежные права принадлежат авторам отдельных публикаций, Институту телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины, Киевскому национальному университету строительства и архитектуры.

Copyring © authors of publications, Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine, Kyiv National University of Construction and Architecture. All rights reserved.

ДО УВАГИ АВТОРІВ ЗБІРНИКА

Зміст матеріалів, що направляються до редакції, повинен відповідати профілю та науково-технічному рівню збірника.

Кожна наукова стаття повинна мати вступ, розділи основної частини та висновки, а також анотацію і ключові слова (не менше п'яти) трьома мовами (українською, російською та англійською).

Підготовка статті здійснюється в текстовому редакторі MS WORD for WINDOWS, з використанням шрифту Times New Roman, Суг, кегль 11, одинарний інтервал, полями 2,0 см з кожного боку, заданим розміром сторінок 17x26 см.

Усі формули мають бути набрані в редакторі MathType.

Люстрації повинні обов'язково нумеруватися, мати книжкову орієнтацію і не можуть перевищувати за розміром задану сторінку (параметри сторінки 17x26 см з полями 2,0 см). Перелік літературних джерел перекладається англійською мовою (або транслітерується в романському алфавіті) і подається відповідно до міжнародного стандарту оформлення наукових публікацій **APA (American Psychological Association) style** загальним списком у кінці статті за чергою посилань у тексті.

Наприкінці статті наводиться коротка довідка про авторів, де вказуються прізвище, повне ім'я та по батькові авторів, науковий ступінь, вчене звання, посада, назва підрозділу (кафедри) та організації, особисті дані кожного з авторів (адреса, місто, країна, контактний телефон, e-mail), ORCID ID.

Обов'язково слід надати електронну версію статті в редакторі Microsoft Word.

Усі представлені в редакцію рукописи проходять ретельне багатоланкове рецензування відповідними фахівцями за профілем статті. Якщо сумарна оцінка рецензентів менша за встановлений поріг, рукописи відхиляються.

Зміст статті та якість написання або перекладу (українською або англійською мовами) переглядаються коректорами збірника, проте відповідальність за зміст та якість статті несуть автори матеріалу. До статті можуть бути внесені зміни редакційного характеру без згоди автора.

Розділ збірника, до якого буде віднесена стаття, визначається редакцією, узгоджується – головним редактором або його заступником. Остаточний висновок щодо публікації матеріалів схвалює редакційна колегія збірника.

Електронна версія збірника, правила оформлення та вимоги до статей містяться в Інтернеті на сайті <http://www.es-journal.in.ua>, який систематично оновлюється.

Збірник наукових праць також представлений на сайті Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського, на сайті Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України <http://itgip.org/> у розділі «Видавнича діяльність» та на сайті бібліотеки Київського національного університету будівництва і архітектури <http://library.knuba.edu.ua/node/883>.

Виконавчий редактор – В.П. Берчун

Надруковано в ТОВ «Видавництво «Юстон»
01034, м. Київ, вул. О. Гончара, 36а.
Тел.: (044) 360-22-66
www.yuston.com.ua

**Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції
серія дк № 497 від 09.09.2015 р.**

Підписано і здано до друку 19.12.2018. Формат 70x108/16. Папір офсетний.
Офсетний друк. Умовн. друк. арк. 12.7
Обл.-вид. арк. 14.5
Замовлення № _____

Тираж 300 примірників

КИЇВ 2018