

УДК 502.51:504.5

Oleg M. Mandryk¹, Doctor of Technical Sciences, Professor
ORCID ID: 0000-0002-2689-7165 *e-mail*: o.mandryk@nung.edu.ua

Vyacheslav O. Okhariev², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
ORCID ID: 0000-0001-6270-6293 *e-mail*: okhariev.vo@gmail.com

Taras V. Trysnyuk², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
ORCID ID: 0000-0002-3672-8242 *e-mail*: taras24t@gmail.com

Roman Y. Mykhailyuk¹, Department of Ecology, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
ORCID ID: 0000-0002-1810-2211 *e-mail*: Mromann2016@gmail.com

¹ Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

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

MONITORING OF DNIESTER WATERSHED POLLUTION BY REASON OF FLOODING AND OTHER ENVIRONMENTAL DISASTERS

Abstract. *The work is about the solution of the scientific and practical task of substantiating the construction of geomodels of zones of probable flooding of the Dniester River on the basis of aerospace and contact measurements. In order to localize flooded areas and predict the dynamics of changes in geometric characteristics, natural and man-made factors that cause the rise of the groundwater level were analyzed. The main types of activity and load on the water resources of the Dniester basin are: residential and communal economy, industry, agriculture, including fisheries, hydropower and flood protection. Among the main cross-border problems typical for the Dniester River are: pollution by organic, biogenic and dangerous substances; hydromorphological changes; pollution by plastic and other household waste of the coastal strip of the river; spread of invasive species. The transboundary Dniester river is used for electricity generation. Dubossar hydroelectric power plant (HPP) (1954) in Moldova and Dnistrovsk HPP (1987) and Dnistrovsk HPP-2 (2000) in Ukraine were built on the river. Their activities led to hydromorphological changes of the river and its regulation. The main role in the pollution of the waters of the Dniester basin by biogenic substances on the territory of Ukraine and Moldova belongs to diffuse sources of agricultural origin. Water management activities and intensive chemicalization of agricultural land significantly affect the water quality of the Dniester River. The possibility of using available satellite images makes it possible to reduce the time and material costs of conducting additional contact measurements when determining zones of probable flooding, without reducing the accuracy of forecast parameters. The developed cartographic geomodels of areas of probable flooding make it possible to determine and visually assess the degree of flooding under different modes of operation of pressure horizons that have a hydraulic connection with groundwater.*

Keywords: *environmental safety of the territory; cartographic-graphic model; man-made load; remote methods; contact methods*

О.М. Мандрик¹, В.О. Охарєв², Т.В. Триснюк², Р.Й. Михайлюк¹

¹ Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

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

МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ БАСЕЙНУ ДНІСТРА ВНАСЛІДОК ПІДТОПЛЕНЬ ТА ІНШИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

***Анотація.** Роботу присвячено розв'язанню науково-практичного завдання з обґрунтування побудови геомodelей зон ймовірних підтоплень річки Дністер на основі аерокосмічних та контактних вимірювань. Для локалізації підтоплених зон і прогнозування динаміки змін геометричних характеристик проаналізовано природні й техногенні фактори, що спричиняють підйом рівня ґрунтових вод. Основними видами діяльності та навантаження на водні ресурси басейну р. Дністер є: житлово-комунальне господарство, промисловість, сільське господарство, включаючи рибне господарство, гідроенергетика та протипаводковий захист. Серед основних транскордонних проблем характерними для р. Дністер є: забруднення органічними, біогенними та небезпечними речовинами; гідроморфологічні зміни; забруднення пластиком та іншими побутовими відходами прибережної смуги річки; поширення інвазивних видів. Транскордонна р. Дністер використовується для виробництва електроенергії. На річці споруджено Дубоссарську ГЕС (1954 р.) в Молдові та Дністровську ГЕС (1987 р.) і Дністровську ГЕС-2 (2000 р.) в Україні. Їх діяльність призвела до гідроморфологічних змін річки та її зарегульованості.*

Основна роль в забрудненні вод басейну Дністра біогенними речовинами на території України та Молдови належить дифузним джерелам сільськогосподарського походження. Суттєво впливає на якість води р. Дністер водогосподарська діяльність та інтенсивна хімізація сільгоспугідь. Можливість використання доступних космоснімків дає змогу зменшити часові й матеріальні витрати на проведення додаткових контактних вимірювань при визначенні зон ймовірних підтоплень, не знижуючи при цьому точності прогнозних параметрів. Розроблені картографічні геомodelі зон ймовірних підтоплень дають змогу визначити й візуально оцінити ступінь підтоплення при різних режимах експлуатації напірних горизонтів, що мають гідравлічний зв'язок із ґрунтовими водами.

***Ключові слова:** екологічна безпека території; картографічно-графова модель; техногенне навантаження, дистанційні методи; контактні методи*

DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.3.35-42>

Вступ

У даний час річка Дністер є суттєво антропогенно трансформованою та знаходиться під впливом складного комплексу природних та антропогенних факторів, а саме: забруднення вод, зміна гідрологічного режиму, трансформація прилеглих територій тощо. З огляду на важливість Дністра як джерела питної води для великих міст, наприклад Одеси, ситуація, що склалася, загрожує не тільки навколишньому середовищу, а й здоров'ю людей. Дністер – це транскордонна річка, друга за розмірами в Україні та дев'ята в Європі, яка належить до важливих водних артерій України, а для Республіки

Молдова є головною водною артерією. Ріка перетинає територію шести областей Західної України (Львівської, Івано-Франківської, Тернопільської, Чернівецької, Хмельницької, Вінницької), Молдову та на рівнинах Одещини розливається Дністровським лиманом, через який сполучається з морем. На території України розташовано 73% загальної площі басейну Дністра, на території Молдови – 26,4% [1]. Дослідження екологічного стану та техногенного навантаження показує, що все частіше активізуються небезпечні процеси паводкових явищ. З метою своєчасного прийняття рішень щодо запобігання або ліквідації можливих негативних наслідків активно використовуються дистанційні аерокосмічні методи. Розроблення нових і вдосконалення наявних методів побудови геомodelей, визначення зон потенційних підтоплень є можливим тільки на основі комплексного використання даних аерокосмічних і контактних досліджень з урахуванням різноманіття гідрогеологічних умов і специфіки ділянки, що вивчається. Щороку загострюється проблема підтоплення підземними водами нових територій, що призводить до погіршення санітарно-епідеміологічних умов, зміни хімічного складу підземних вод і ґрунтів, підвищення їх корозійної активності відносно фундаментів інженерних споруд та комунікацій, активізації небезпечних геологічних явищ та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Експериментальні дослідження техногенних чинників, пов'язаних із підтопленням території річки Дністер, ґрунтуються на використанні методики експертної оцінки та інформаційних технологій. На даній території в роботах О.М. Адаменка, О.М. Мандрика, Л.М. Архипової, А.М. Яцишина, С. Рудницького, Е. Ромера проведено геоморфологічні дослідження, вивчення історії розвитку долин Дністра, основних етапів формування терас Дністра. Сучасна екологічна ситуація на території Дністровського протипаводкового полігону розглядається в роботах Я. Адаменка, Д. Зоріна, Я. Семчука та ін. Наукометричний огляд показав, що на даній території існує низка екологічних проблем, які потребують вирішення.

Мета роботи. Метою роботи є екологічна оцінка якості води річки Дністер та аналіз впливу окремих природних та антропогенних джерел.

Виклад основного матеріалу дослідження

Одним з найбільш небезпечних проявів шкідливої дії вод в Західній Україні стали катастрофічні паводки, повені та підтоплення території. Соціально-економічні збитки від цих явищ за середньостатистичними даними становлять близько 220 млн грн, а екологічні – близько 77 млн грн на рік. За останні 30 років надзвичайні ситуації, пов'язані з підтопленням, відбувалися у 1979, 1985, 1998, 2003, 2008, 2020 роках. Подібні явища траплялися і раніше, оскільки головною причиною цього процесу є кліматичний фактор і періодичність аномальних опадів, що пов'язана із сонячною активністю. Слід зазначити, що пріоритетними тематичними напрямками робіт у цій сфері можуть бути: моніторинг руслових та ерозійних процесів, моніторинг повеней та підтоплення, складання цифрових карт басейнів річок різного масштабу,

моніторинг забруднення ґрунтів та водних об'єктів, оцінки ефективності використання водних ресурсів та снігового і льодового режимів.

За умов відмови від регулювання русел річки Дністер та збереження цієї території під високим природоохоронним статусом, можуть відбутися у випадку проходження катастрофічних паводків незворотні руслові деформації, пов'язані з розмивом берегів (особливо на згинах і перед мостовими переходами), замуленням або руйнуванням меліоративних заплавних каналів, пошкодженням дамб, мостів, автомобільних і залізничних доріг. Разом з тим така ситуація може бути загрозливою для населених пунктів, розташованих в потенційних зонах затоплення.

За відмови від розчищення русла вище мостових переходів високою є ймовірність розвитку складних розгалужень (в результаті акумуляції наносів) і зростання бокового розмиву корінних берегів. Це в свою чергу може призвести до збільшення шорсткості русла на ділянці, що зменшить його водопропускну здатність, особливо під час проходження активних паводків. Така ситуація може негативно позначитись на технічному стані захисних дамб.

За відмови від розширення міждамбового водопропускового коридору існує висока ймовірність руйнації певних ділянок існуючих дамб під час проходження високих паводків. Активно проявлятимуться як вертикальні, так і горизонтальні руслові деформації.

Як показує досвід, в таких ситуаціях виникають значні екологічні (затоплення площ, змив ґрунтів, зсуви), економічні (руйнація інженерних споруд і комунікацій) і соціальні (втрата житла, вилучення сільськогосподарських угідь) збитки.

Техногенне навантаження та природне середовище залежить від транскордонних, регіональних і локальних потоків забруднюючих речовин.

Водні ресурси басейну Дністра інтенсивно використовуються в економічній діяльності, що значно впливає на стан водної екосистеми річки. Нафтохімічна, целюлозно-паперова галузі та підприємства харчової промисловості є найбільш великими забруднювачами. На берегах Дністра та його приток розташовані такі промислові підприємства, як Дрогобицький та Надвірнянський нафтопереробні заводи, Калуський «Хлорвініл», Жидячівський целюлозно-паперовий комбінат. Крім того, у водозбірному басейні річки функціонують великі цукроварні та м'ясокомбінати. Забруднення органічними речовинами від промислових точкових джерел склали 0,095 тис. т за БСК (з них 0,082 тис. т – Україна та 0,013 тис. т – Молдова) та 1058 тис. т за ХСК (з них 606 тис. т – Україна та 452 тис. т – Молдова) [6]. Загальний об'єм водовідведення у басейні Дністра склав 242,50 млн м³, з них 89,4 млн м³ припадає на Республіку Молдова та 153,1 млн м³ – на Україну. Серед галузей економіки надходження стічних вод розподілене наступним чином: комунальне господарство: Україна – 56%, Молдова – 44%; промисловість: Україна – 84%, Молдова – 16%; сільське господарство: Україна – 71%, Молдова – 29% [6, 7]. Значну частину забруднення органічними сполуками генерують великі міста Молдови та України з населенням більше 100 тис. чоловік, а саме: Кам'янець-Подільський, Львів, Івано-Франківськ, Тернопіль в Україні та Бельці, Кишинів, Сороки, Кам'янка, Рибниця, Дубоссари в Молдові. Всі ці населені пункти мають застарілі очисні споруди, після очистки на яких стоки потрапляють безпосередньо у Дністер. Через це рівень антропогенного впливу на

екосистему річки від витоків до гирла дуже високий. Зі стічними водами цих міст надходить до 60% органічних сполук за показником БСК та 70% – за ХСК (рис. 1) [3].

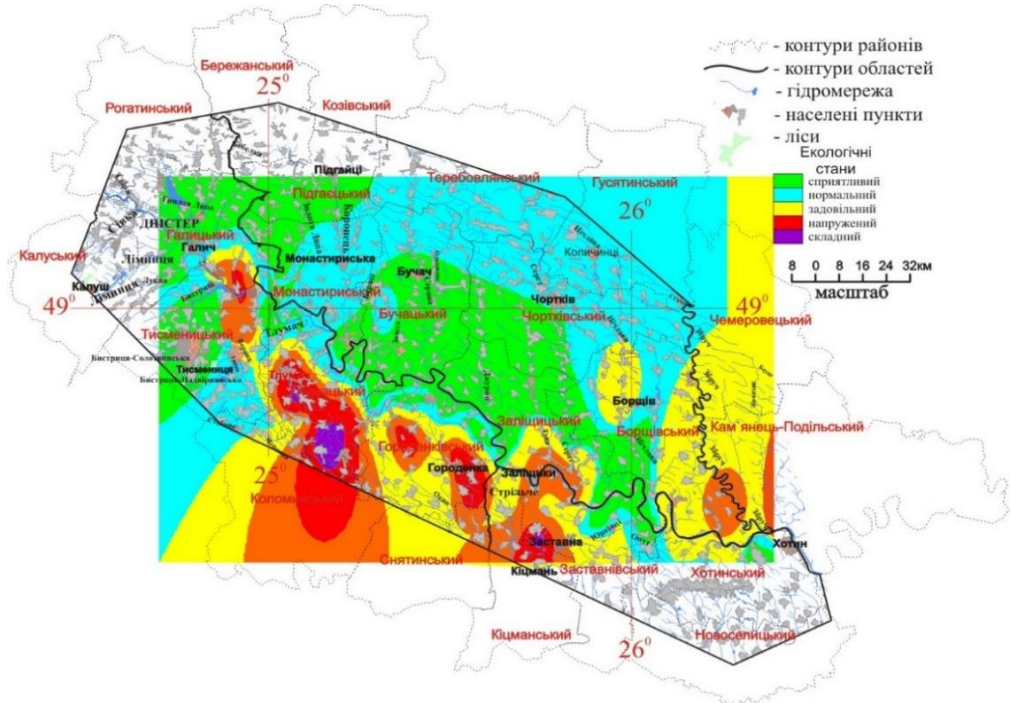


Рис. 1. Карта забруднення на відрізьку річки Дністер

Екологічна небезпека паводкових явищ має місце у ландшафтних місцевостях терасованих днищ річкових долин у вигляді руйнівної берегової ерозії, а у передгір'ях у межах місцевостей заплави і низьких терас – у вигляді паводкового затоплення. Серед геоморфологічних процесів значним ступенем екологічної небезпеки характеризуються зсувні явища, притаманні місцевостям ерозійно-зсувних межиріч і пологосхилого низькогір'я, обвали і осипища – в крутосхилому середньогір'ї [4].

Хімічне забруднення території не має чіткої ландшафтної приуроченості і тяжіє до локальних джерел впливу, навколо яких формуються техногенні геохімічні аномалії. Всього в регіоні Дністровського каньйону, що проходить по межі Тернопільської області, нараховується близько 18 техногенних аномалій.

Контактні методи дають змогу з високою точністю вимірювати глибину залягання підземних вод, але мають місце похибки під час встановлення їх меж. Ці методи потребують значних матеріальних і трудових витрат [5].

Використання інтервальних оцінок при визначенні ступеня ризику для формування ієрархічної структури геомоделей робить можливим прийняття оперативних рішень щодо запобігання наслідкам небезпечних інженерно-геологічних процесів в умовах невизначеності. Усе це потребує встановлення залежностей між параметрами моделей, які характеризують різноманітні можливі стани досліджуваних ділянок місцевості, із використанням експертних оцінок і статистичних даних. Такий підхід сприяє підвищенню точності локалізації підтоплених зон із різними ступенями небезпеки.

Геоінформаційні системи досліджуваної території включають просторову прив'язку гідрологічних елементів і точок спостереження, підготовку цифрової моделі рельєфу, виділення басейнів водозбору, моделювання площ підтоплення (рис. 2).

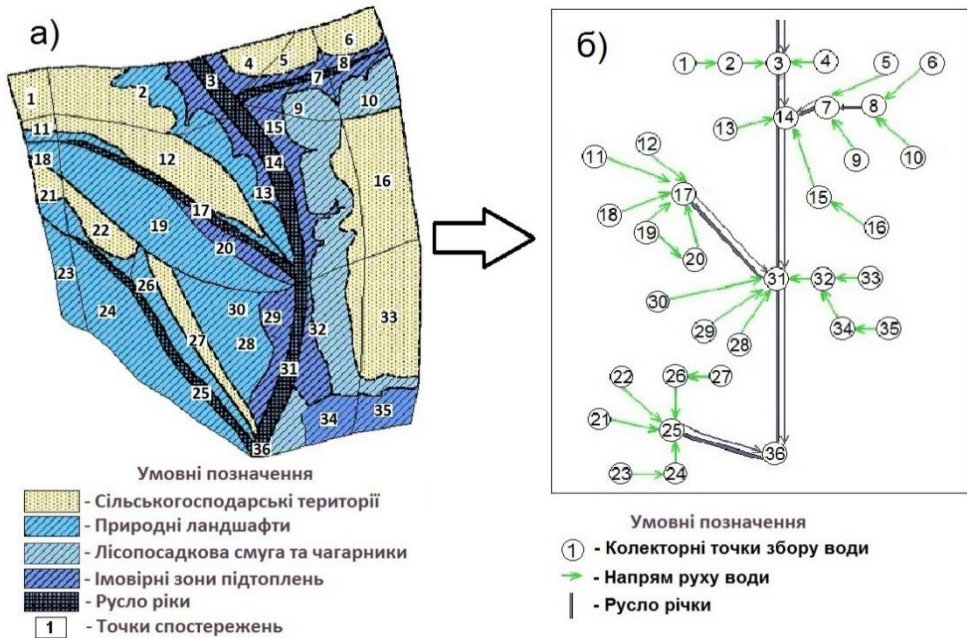


Рис. 2. Картографічно-графова модель взаємодії підтоплення геосистем при дощовій погоді на відрізку річки Дністер: а) картографічне представлення підтоплення, б) графове представлення моделі

Запропоноване картографічне представлення підтоплення та графове представлення моделі досліджуваного регіону базується на використанні аерокосмічного та наземного знімання, включає обробку матеріалів з метою отримання топографічних або спеціальних карт, побудову цифрової моделі рельєфу.

Побудований граф відображає точки дослідження та особливості розгалуженості водозборів території. Кінцевою метою запропонованої методики є оцінка та розгляд заходів протидії повеневим та деформаційним явищам русла.

Для локалізації підтоплених зон і прогнозування динаміки зміни геометричних характеристик встановлено природні й техногенні фактори, що спричиняють підйом рівня ґрунтових вод. Визначено можливі несприятливі процеси в підтоплених зонах залежно від призначення території. Обґрунтовано виділення чотирьох категорій підтоплення залежно від рівня залягання підземних вод, факторів, що їх спричиняють, і можливих наслідків. I та II категорія відповідають територіям із глибиною залягання ґрунтових вод менше 2,5 м, де виникають небезпечні явища, III категорія – потенційно підтоплені території з глибиною 2,5...4,0 м, де існує тенденція до підйому рівня ґрунтових вод. До IV категорії «непідтоплені» належать ділянки з рівнем підземних вод глибше 3 м, де немає передумов до підтоплення.

Висновки

В результаті досліджень зазначено, що існують невирішені питання удосконалення моніторингу і управління природоохоронними системами, зокрема відсутня інфраструктура оперативного моніторингу динаміки антропогенних та ренатуралізаційних процесів на основі новітніх інформаційних технологій. Досліджувані території поділяються на 3 категорії в залежності від необхідних стабілізаційних заходів: 1) території, що знаходяться в нормальному екологічному стані і тому не потребують втручання, а вимагають лише проведення локального екологічного моніторингу для прогнозування можливих екологічних змін; 2) території із задовільним екологічним станом, де необхідно діяти згідно з довгостроковими екологічними програмами; 3) території з напруженим і складним екологічними станами, які потребують термінових заходів, щоб запобігти подальшому руйнуванню довкілля і виникненню надзвичайних ситуацій. На основі розробленої моделі організації інформаційної системи природно-заповідних територій та рекреаційних ресурсів запропоновано систему управління екологічною безпекою природно-заповідних територій в умовах інтенсивного забруднення навколишнього середовища, яка базується на використанні інформаційних технологій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. V. Trysnyuk, T. Trysnyuk, V. Okhariev, V. Shumeiko, A. Nikitin. Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding. *Centrul Universitar Nord Din Bala Mare – UTPRESS ISSN 1582-0548, №1, 2018. С. 61–67.*
2. Trofymchuk, O., Kalyukh, Y., Hlebchuk, H. [2013] Mathematical and GIS-modeling of landslides in Kharkiv region of Ukraine. *Landslide Science and Practice: Spatial Analysis and Modelling.* – Springer, Berlin, Heidelberg. 347–352.
3. Адаменко О.М. Екологічна безпека територій. Монографія / О.М. Адаменко, Я.О. Адаменко, Л.М. Архіпова та ін. – Івано-Франківськ : Супрун, 2014. – 456 с.
4. Триснюк В.М. Система управління екологічною безпекою природних і антропогенно-модифікованих геосистем. Системи обробки інформації. – 2016. – №12. – С. 185–188.
5. Trysnyuk, V.M., Okhariev, V.O., Trysnyuk, T.V., Zorina, O.V., Kurylo, A.V., Golovan, Y.V., Smetanin, K.V., Radlowska, K.O. [2019] Improving the algorithm of satellite images landscape interpretation. 18th International Conference Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects, Extended Abstracts.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2022 і прийнята до друку після рецензування 25.08.2022

REFERENCES

1. Trysnyuk, V., Trysnyuk, T., Okhariev, V., Shumeiko, V., & Nikitin, A. (2018). Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding. *Centrul Universitar Nord Din Bala Mare*, 1, 61-67.
2. Trofymchuk, O., Kalyukh, Y., & Hlebchuk, H. (2013). Mathematical and GIS-modeling of landslides in Kharkiv region of Ukraine. In *Landslide Science and Practice: Spatial Analysis and Modelling* (pp. 347-352). Springer, Berlin, Heidelberg.

3. Adamenko, O.M., Adamenko, Ya.O., Arkhipova, L.M. et al. (2014). Ecological safety of territories. Ivano-Frankivsk: Suprun [in Ukrainian].
4. Trysnyuk, V.M. (2016). Environmental safety management system of natural and anthropogenically modified geosystems. *Information processing systems*, 12, 185-188 [in Ukrainian].
5. Trysnyuk, V.M., Okhariev, V.O., Trysnyuk, T.V., Zorina, O.V., Kurylo, A.V., Golovan, Y.V., Smetanin, K.V., & Radlowska, K.O. (2019). Improving the algorithm of satellite images landscape interpretation. In *18th International Conference Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects*, Extended Abstracts.

The article was received 10.05.2022 and was accepted after revision 25.08.2022

Мандрик Олег Миколайович

доктор технічних наук, професор, перший проректор Івано-Франківського інституту нафти і газу

Адреса робоча: Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

ORCID ID: 0000-0002-2689-7165 **e-mail:** o.mandryk@nung.edu.ua

Охарєв Вячеслав Олександрович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України

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

ORCID ID: 0000-0001-6270-6293 **e-mail:** okhariev.vo@gmail.com

Триснюк Тарас Васильович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України

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

ORCID ID: 0000-0002-3672-8242 **e-mail:** taras24t@gmail.com

Михайлюк Роман Йосипович

начальник Дністровського басейнового управління водних ресурсів, аспірант Івано-Франківського інституту нафти і газу

Адреса робоча: Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Академіка Сахарова, 23

ORCID ID: 0000-0002-1810-2211 **e-mail:** Mromanm2016@gmail.com