

РЕГІОНАЛЬНІ ТА ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ

УДК 502/504

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-2(20)-7-15

Г. В. Кошляк*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ДЛЯ ТЕРИТОРІЙ ВПЛИВУ БУРШТИНСЬКОЇ ТЕС

У статті проаналізовано проблеми забруднення довкілля та виявлено ризики для здоров'я населення й навколишнього середовища, що зумовлені роботою вугільних теплових електричних станцій. Автори виявили фактори, які чинять екотоксикологічний вплив на окремі компоненти довкілля в зонах впливу Бурштинської ТЕС. У результаті аналізу визначено, що основними джерелами забруднення навколишнього середовища територій є викиди та відходи, які утворюються під час спалювання кам'яного вугілля. Виявлено, що причиною збільшення показників смертності населення в зонах техногенного впливу ТЕС є викиди SO_x; NO_x; CO та дрібнодисперсні часточки золи. Наведено розрахункові значення середніх за рік шкідливих викидів ТЕС та можливі наслідки їх впливу на людей, які мешкають в зонах ризику. З'ясовано, що особливо небезпечний та токсичний вплив на довкілля чинять важкі метали, які є складовими компонентами часточок золи, що містяться у викидах та відходах.

Для дослідження ґрунтів на вміст важких металів було обрано ділянки з різнотрав'ям, зораний шар ґрунту та ґрунт під деревами. Проби ґрунту відбиралися на відстані 1,5-2 км від ТЕС. Методами спектрального і атомно-абсорбційного аналізу досліджено вміст валових та рухомих сполук важких металів, закономірності їх розподілу і форми знаходження у ґрунтах й золівідвалах. Встановлено, що навколо джерела забруднення утворюються ділянки з ґрунтами, які містять Co, Cu, Cr, Ni, Cd, Pb, Zn, Mn. За результатами аналізу визначено, що забруднення територій навколо ТЕС відбувається нерівномірно. У дослідних зразках ґрунту, виявлено підвищений вміст важких металів. На ділянках зораних шарів ґрунту та під деревами визначено перевищення валових концентрацій кадмію (Cd) та (Pb), що дозволило зробити висновок про непридатність для вирощування агрокультур для зазначених територій. На ґрунті під деревами та на ділянках з різнотрав'ям вміст Cu, Cr, Ni, Cd не перевищує значень ГДК. Рекомендовано заходи підвищення рівня екологічної безпеки вугільних станцій.

Ключові слова: теплові електростанції, захворюваність, золівідвал, ґрунт, важкі метали

Постановка проблеми. Одним з важливих критеріїв оцінки роботи об'єктів підвищеної екологічної небезпеки є аналіз ризику для здоров'я людини [1–3], і тому значної уваги потребують проблеми пов'язані з забрудненням довкілля високотоксичними важкими металами, які містяться у відходах та викидах від виробництва вугільних ТЕС. Вплив теплових електростанцій на навколишнє середовище багато в чому залежить від виду та якості палива, на якому працює ТЕС. За даними всеукраїнської енергетичної асамблеї, у 2018 році українські ТЕС використали на 1,3 млн т вугілля більше ніж у 2017 році, зокрема газових марок – на 2 млн т. Ці дані свідчать, що використання вугілля як одного з основних видів органічного палива для отримання енергії залишається для країни досить актуальним. [4]. Вугільні теплові електростанції є постійним джерелом забруднення ґрунтів, поверхневих та підґрунтових вод. Техногенний вплив відбувається в результаті спалювання вугілля, оскільки в атмосферу надходить летюча зола, сірчистий і сірчаний ангідриди, оксиди азоту, а також важкі метали [5].

Вивчення вмісту важких металів територій, які розташовані в зонах техногенного навантаження ТЕС є актуальним і необхідним, оскільки постійний контроль і моніторинг за станом навколишнього середовища та охорона його від забруднення дозволить зменшити ризики

смертності населення та втрати життя через хвороби, спричинені безперервним забрудненням довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковій літературі значна кількість публікацій присвячена питанням забруднення ґрунтового покриву важкими металами територій, які розташовані в безпосередній близькості від ТЕС [6, 9]. У дослідженнях Удод В. М. [10], Фатеева А. Л. [11], Азрояна Г. Н. [12], Кармазиненко С. П. [13] розглянуто методичні аспекти забруднення важкими металами, аналіз рівнів забруднення населених пунктів, а також земельних ділянок навколо промислових об'єктів [14,15].

Однією з причин техногенного впливу на довкілля вугільних ТЕС є викиди димових газів. Забруднення довкілля відбувається за певних метеорологічних умов, при яких відбувається зменшення інтенсивності розсіювання та перемішування викидів SO_x ; NO_x ; CO та дрібнодисперсних часточок золи з атмосферним повітрям. У результаті в приземному шарі атмосфери утворюються максимальні приземні концентрації полутантів, які згодом потрапляють на поверхні ґрунту, рослини та у поверхневі води. Оскільки в Україні ще й досі діють старі нормативи та технології виробництва енергії та захисту довкілля, то на зараз складування твердих відходів вугільних ТЕС здійснюється у золовідвалах. Під ці об'єкти відчужуються сотні гектарів земельних ділянок, які являють собою зони, у яких відбуваються процеси дефляції, вітрової ерозії та вертикальної міграції забрудненого фільтрату високотоксичними сполуками (нітрати, нітроти, ПАР, пестициди та важкі метали) з розповсюдженням їх в підземні водні горизонти. У результаті забруднення підґрунтових вод та ґрунтових поверхонь відбувається з утворенням локальних геохімічних аномалій підвищеного вмісту техногенних відходів відносно фонових концентрацій [16]. Особливо небезпечними та токсичними є кадмій та плумбум, які є складовими компонентами часточок золи, що містяться у викидах та відходах виробництва підприємств [17,18]. Важкі метали володіють супертотоксичними, мутогенними та канцерогенними властивостями, здатні накопичуватися в навколишньому середовищі і включатися в природний процес кругообігу речовин. Це у свою чергу є активним негативним чинником, який сприяє розвитку або загостренню великого спектру захворювань серцево-судинної та дихальної систем (астма й інші хронічні хвороби), а також причиною смертності населення через довготривале накопичення в організмі людини [1]. У викидах вугільних ТЕС є також окисли кремнію та алюмінію. Ці абразивні матеріали здатні руйнувати легеневу тканину й викликати таке захворювання, як силікоз. Забруднення атмосфери двоокисом сірки призводить до руйнування хлорофілу рослин, ушкоджень листя і хвої. У викидах ТЕС міститься також чадний газ (CO). При його підвищених концентраціях він, з'єднуючись із гемоглобіном крові, дуже швидко позбавляє організм кисню й призводить до порушення нервової системи. За даними [19], випадки смертності людей через забруднення повітря в Україні сягає близько 30 тис. осіб на рік, а в районах, прилеглих до джерела забруднення, 68% населення хворіє на кардіо-пульмонарні захворювання та рак легенів. Розрахункові значення середніх за рік шкідливих викидів та можливі наслідки їх впливу на людей у зонах ризику наведено в табл. 1.

Одним з найпотужніших забруднювачів навколишнього середовища на Івано-Франківщині є Бурштинська ТЕС, яка є структурним підрозділом ПАТ "ДТЕК Західенерго". ТЕС працює автономно від об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України, паралельно і під контролем УСТЕ (союз централізованого транспорту і розподілу електроенергії) Європи. Проектна потужність станції складає 2400 МВт. ТЕС забезпечує енергопостачання трьох областей: Закарпатської й Івано-Франківської та Львівської (частково), а також експорт електроенергії до Угорщини, Румунії та Словаччини [20]. ТЕС входить до списку 100 підприємств України, що завдають найбільшої шкоди довкіллю та здоров'ю населення Карпатського регіону. Викиди електростанції сягають близько 85% від загальної кількості викидів від стаціонарних джерел в Івано-Франківській області. Понад 20% шкідливих речовин завдяки висотним трубам розсіюються за певних погодних умов під час інверсійних процесів навіть за межі не тільки Карпатського регіону, але й нашої країни (рис. 1).

Відходи виробництва підприємства (зола) транспортуються гідротранспортом і складаються на золошлаковідвали площею 204,6 га (рис. 2). Навколо Бурштинської теплової електростанції формуються локальні зони підвищеного забруднення атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих та підґрунтових вод Галицького району.

Ризик для здоров'я населення

Речовина	Середня кількість викидів, т/(ГВт рік)	Можливі наслідки для здоров'я людини
NO ₂	5512	Ураження дихальних шляхів та легень, збільшення ризику респіраторних інфекцій
SO ₂	66250	Подразнення слизової оболонки очей та дихальних шляхів
CO	390	Тривалий вплив може привести до втрати свідомості, коми та смерті
Пил	8540	Фіброгенний вплив проявляється в подразненні слизової оболонки дихальних шляхів. При тривалому диханні запиленім повітрям виникають пневмоконіози
Pb	0,98	Дефіцит гемоглобіну, розвиток анемії, нейротоксичне ураження
Cu	0,93	Розвиток ішемічної хвороби серця, кишкові отруєння
Zn	3,26	Зупинка в рості, гемоліз, зниження вмісту гемоглобіну, деградація тканин печінки, нирок, мозку
Hg	0,1375	Хронічний гастрит, ураження нирок, розвиток нефротичного синдрому. У корі головного мозку виникають дисеміновані осередки атрофії
As	1.185	Ембріотоксичний та тератогенний ефект, головний біль, зниження кров'яного тиску, функціональне порушення ЦНС, рак легенів, шлунку
Ni	1,06	Розвиток новоутворень (легені, нирки, шкіра, порожнина рота, шлунку), вплив на ДНК та РНК.
Cr	0,9575	Ураження шлункового тракту, підшлункової залози, запаморочення, слабкість, нудота, носові кровотечі, подразнення верхніх дихальних шляхів, ураження печінки та нирок, розширення серця, ураження нервової системи, рак.

Ґрунти є основним середовищем, у яке потрапляють важкі метали із атмосфери, з підґрунтових порід золівідвалів і підземних вод. Джерелом важких металів є тонкодисперсні частинки золи, які надходять у атмосферу разом з викидами ТЕС, а також зола, що зберігається у золівідвалах.

Золошлакові відходи містять в своєму складі важки метали і радіонукліди, які повітряним шляхом або з водою потрапляють у біосферу й становлять суттєву загрозу екологічній безпеці та здоров'ю населення України.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Визначення особливостей розповсюдження важких металів з метою проведення аналізу впливу виробництва електроенергії, виробленої з вугілля, на стан здоров'я громадян.



Рис. 1. Бурштинська теплова електростанція вночі

Мета статті. Метою досліджень є визначення особливостей розповсюдження важких металів та оцінка забруднення ґрунтового покриву територій, які розташовані в безпосередній близькості від Бурштинської ТЕС.



Рис. 2. Золовідвал Бурштинської ТЕС

Виклад основного матеріалу. Відбір та підготовка проб ґрунту для аналізів здійснювалася згідно з ГОСТ 17.4.3.01.–83 та ГОСТ 17.4.4.02.–84 (DSTU 180 14255: 2005; DSTU 4405: 2005). Дослідження зразків проб на вміст важких металів проводився за стандартними методиками згідно з ГОСТом 26483-85, ГОСТ 26490-85. Для проведення хімічного аналізу об'єднана проба містила не менше, ніж з п'ять точкових проб, взятих з одного пробного майданчика. Маса об'єднаної проби була не менше 1 кг. Проби ґрунту для хімічного аналізу висушувалися до повітряно-сухого стану без прямого впливу сонячних променів. Повітряно-сухі проби зберігалися у тканинних мішечках, в картонних коробках. Вимірювання вмісту важких металів (плюмбум, кадмій, манган, цинк, кобальт, нікол, купрум) у ґрунті та золошлакових відходах виконувалося атомно-абсорбційним методом шляхом полум'яної атомізації з використанням спектрофотометра ААС "115"М1 із порожнистою лампою для відповідних металів. В основу методу покладено закон світлопоглинання, який пов'язує адсорбційність (оптичну густину) атомної пари з концентрацією елемента, який підлягає дослідженню. Принцип атомізації полягав у переведенні проби у газоподібний атомний стан під час введення її у полум'я. Як джерело випромінювання застосовувалась лампа з порожнистим катодом з аналізованого металу. Температура повітряно-ацетиленового полум'я, при якому досягалась атомізація проби відповідала 2700°C. У цьому температурному інтервалі більше ніж 90% атомів перебуває у незбудженому стані. Вміст елементів визначали за відповідним калібрувальними графіками. Детальний опис методики атомно-адсорбційного аналізу висвітлений в роботах Алемасова, Данилова та ін.). Аналіз статистичних даних звітів екологічного паспорту Івано-Франківської області з використанням програм ЕОЛ та QGIS дозволив розрахувати та визначити показники забруднення територій техногенного впливу ТЕС, який відбувається в результаті процесів дефляції часточок золи з золовідвалів [21].

Результати досліджень атомно-абсорбційним методом вмісту важких металів у золошлакових відходах подано в табл. 2.

Таблиця 2

Забруднення важкими металами золошлакових відходів

Хімічний елемент	Вміст, мг/кг	
	діючого золошлаковідвалу	закритого золошлаковідвалу
Цинк	35,0	21,3
Купрум	20,1	17,8
Кадмій	1,0	1,0
Плюмбум	23,0	14,9
Кобальт	6,5	5,0
Нікол	27,3	22,0
Манган	27,3	27,8

Важкі метали утворюють хімічні комплекси, які залежно від властивостей середовища ґрунту здатні в ньому накопичуватися і включатися в окремі ланки трофічних ланцюгів. Згідно з даними табл. 2 в золі містяться значні концентрації цинку, кадмію, кобальту, плюмбуму та купруму, що характеризує золошлакові відходи як небезпечні при потраплянні в організм людини

і природне середовище. Найбільш небезпечними для здоров'я людини є рухомі форми важких металів, які володіють фітотоксичністю. Дослідження вмісту валових і рухомих форм важких металів у ґрунті територій впливу Бурштинської ТЕС подані на рис. 3. Дані рис. 3 свідчать про перевищення валових концентрацій кадмію (Cd) в зораних шарах ґрунту та під деревною рослинністю відповідно 1,4 і 1,14 ГДК. На зораних шарах ґрунту вміст плумбуму (Pb), кадмію (Cd), кобальту (Co) і мангану (Mn) перевищує значення кларків і фону [22, 24]. На екологічних картах [25] можна спостерігати забруднені території на відстані до 2 км.

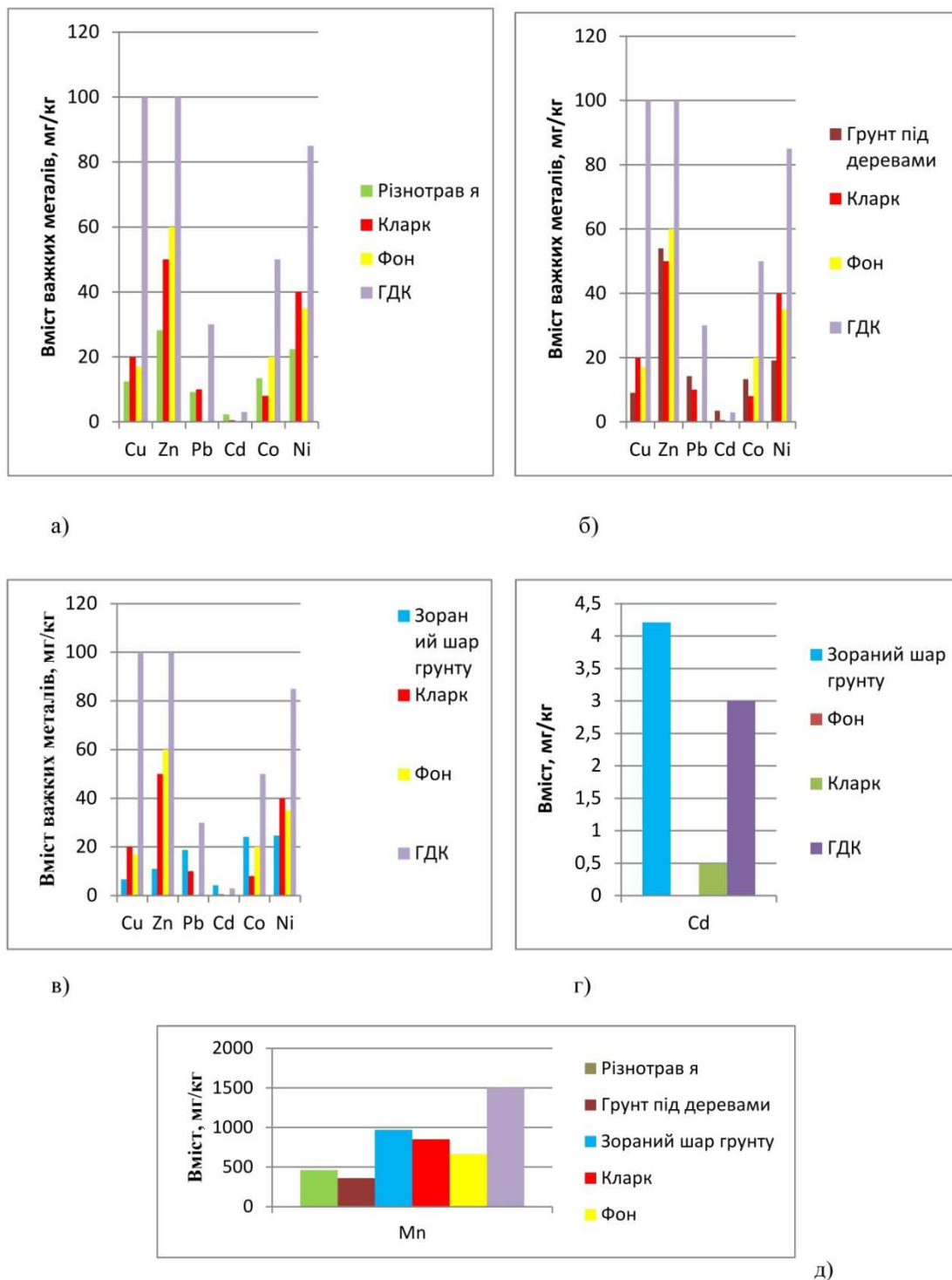


Рис. 3. Порівняльний аналіз забруднень ґрунтів важкими металами:
а) різотрав'я; б) ґрунт під деревами; в) зораний шар ґрунту; г) забруднення ґрунтів Mn

Дослідження вмісту рухливих форм важких металів у ґрунтах навколо Бурштинської ТЕС (рис. 4) дозволили зробити висновок про перевищення концентрацій плюмбуму (Pb) відносно ГДК у чотири рази.

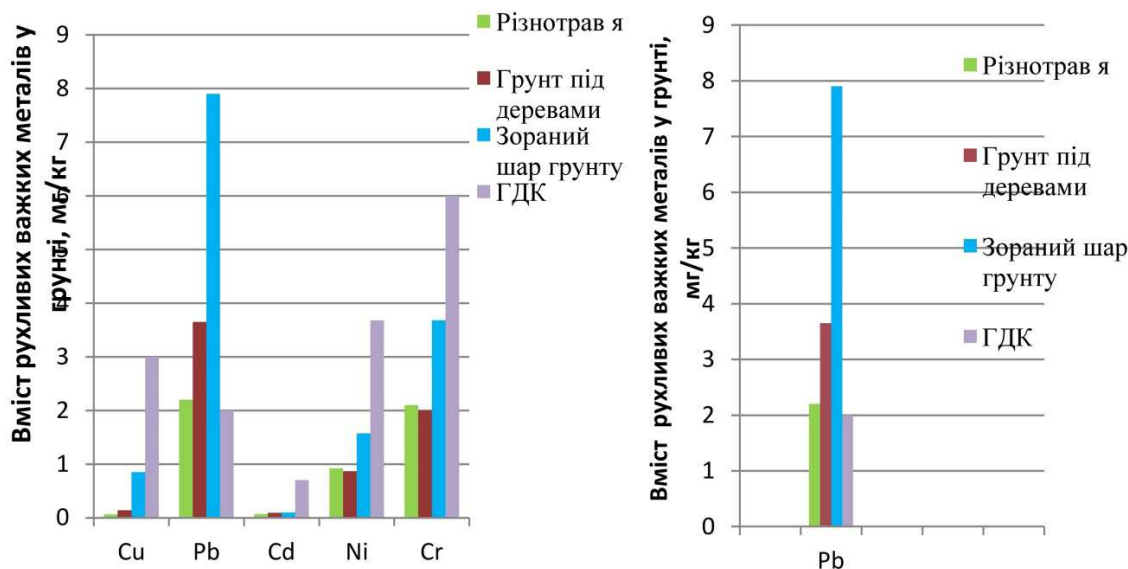


Рис. 4. Вміст рухливих форм важких металів у ґрунтах

Як відомо, плюмбум є отруйною речовиною. Він роками може накопичуватися в організмі людини та здатен чинити незворотні процеси, які призводять до передчасної смерті. В аграрній зоні спостерігається перевищення концентрацій Cd (канцероген, що є причиною ниркової недостатності, раку та безпліддя) відносно ГДК в 1,1 рази.

Висновки та перспективи. Основною проблемою щодо охорони й раціонального використання водних і земельних ресурсів залишається забруднення рослинного та тваринного світу через роботу вугільних теплоелектростанцій. Розвиток науково-технічного прогресу та нарощування потужностей об'єктів вугільної теплоенергетики України прискорили процеси збільшення техногенного навантаження на довкілля, що призвело до суспільних та економічних проблем: антропогенного евтрофування та забруднення ґрунтів, підвищення смертності населення через незадовільний стан навколишнього середовища.

Найбільш розповсюдженими важкими металами, що мають підвищені концентрації та через які відбувається стійке забруднення ґрунту в зонах впливу Бурштинської ТЕС, є Co, Cu, Cr, Ni, Cd, Pb, Zn, Mn. Результати досліджень дозволили встановити, що забруднення ґрунту відбувається нерівномірно. Навколо джерела забруднення утворюються ділянки з ґрунтами підвищеної токсичності. Перевищення валових концентрацій кадмію (Cd) характерне для зораних шарів ґрунту 1,4 ГДК та під деревною рослинністю 1,14 ГДК. На зораних шарах ґрунту вміст плюмбуму (Pb), кадмію (Cd), кобальту (Co) і мангану (Mn) перевищує значення кларків і фону, тому можна зробити припущення про високу ймовірність високотоксичності ґрунтових умов для вирощування агрокультур. При плюмбумі (Pb) відносно ГДК на ділянках зораних шарів ґрунту. На ґрунті під деревами та на ділянках з різнотрав'ям вміст Cu, Cr, Ni, Cd не перевищує значень ГДК.

Отже, виробництво електроенергії Бурштинською ТЕС завдає суттєвої шкоди довкіллю, що призводить до збільшення захворюваності та передчасної смертності населення. Через виробництво електроенергії вугільними станціями держава зазнає додаткових економічних збитків від витрат на охорону здоров'я, підвищення показників смертності населення та незадовільний стан навколишнього середовища. Продукт виробництва ТЕС – електроенергія – не може бути вартим життя і здоров'я людей, що працюють і живуть на забруднених територіях.

Тому зараз дуже гостро стоїть питання щодо створення та проведення програм комплексних заходів, гармонізованих з директивами ЄС, з постійного моніторингу довкілля; проведення екологічного аудиту ТЕС; розроблення нормативів вмісту важких металів у ґрунтах; утилізація відходів виробництва та розроблення національного плану темпів щорічного зниження викидів.

Література

- 1 Зелена книга. Зменшення шкідливих викидів у тепловій електроенергетиці України через виконання вимог Європейського енергетичного співтовариства. – Київ: Міжнародний центр перспективних досліджень, 2011. – 43с.
- 2 Mandryk O. Contamination of soils with heavy metals in the industrialized region of Western Ukraine: Western Podole Upland // O. Mandryk, K. Radlovska. – Geomatics and environmental engineering. – Krakow: AGH University of science and technology. - 2013. – Quarterly.– Vol. 7.– (No.1).– P. 75-82.
- 3 Міщенко Л. В. Геоекологічний аудит техногенного впливу на довкілля та здоров'я населення (на прикладі регіону Покуття) : автореф. дисертації на здоб. наук. ступ. канд. географ. наук.: спец. 11.00.01 «Конструктивна географія» / Л. В. Міщенко. – Чернівці, 2003. – 20 с.
- 4 Оцінювання МЕА перспектив розвитку енергетики за видами енергоресурсів та динаміка інвестування в їх розвиток, Центр Разумкова <http://www.uceps.org>
- 5 Презентація Європейської бізнес-асоціації – Сектор виробництва теплової енергії України в контексті впровадження Директиви про великі спалювальні установки 2001/80/EC - <http://www.energy-community.org/pls/portal/docs/1216180.PDF>.
- 6 Адаменко О. М. Екологічний аудит територій / О. М. Адаменко, Л. В. Міщенко. – Івано-Франківськ: Факел, 2000. – 341 с.
- 7 Hooda P. S. A special issue on heavy metals in soils: editorial foreword //Adv. Environ. Res. – 2003. – V. 8. –P. 1–3https://www.energy-community.org/.../Decision_2013_05_...
- 8 Жданов В. В. Оцінка впливу викидів Луганської ТЕС на забруднення ґрунту важкими металами / В.В. Жданов // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України: треті Марзєєвські читання: матеріали наук.-практ. конф. Київ, 24–25 травня 2007 р. – К., 2007. – С. 57–58.
- 9 Гловин Н. М. Оцінка впливу рухомих форм важких металів Pb, Cu, Ni, Cd, Zn на якість підґрунтових вод за допомогою фізико-хімічних методів аналізу / Н. М. Гловин // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. – 2013. – №20. – С.33-36.
- 10 Удод В. М. Василенко Л. О., Юй Ц. Х. Екологічна оцінка забруднення довкілля важкими металами // Екологія і ресурси. – 2005. – Т. 12. – С. 95-99.
- 11 Фатєєв А. Л. [Фатєєв А.Л., Пашенко Я.В. Фоновий вміст мікроелементів у фунтах України. – Харків: ННЦ, 2003. – 118 с.]
- 12 Азроян Г. Н. Дослідження процесів вертикальної міграції іонів важких металів у золоташлаковідвалах Бурштинської ТЕС та їх осадження на карбонатах / М. М. Орфанова, С. С. Думенко, Ю. А. Крикливий // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2011. – № 2 (4). – С. 30–36.
- 13 Важкі метали у компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь (еколого-геохімічні аспекти) / С.П. Кармазінченко, І.В. Кураєва, А.І. Самчук, Ю.Ю. Войтюк, В.Й. Манічев. – К.: Інтерсервіс, 2014. – 168 с.: [32] с. кол. іл.: іл]
- 14 Адаменко Я. О. Структура будови баз даних екологічної інформації. – У кн.: Нетрадиційні енергоресурси та екологія України. – К.: Манускрипт, 1996. – С. 111-123
- 15 Міщенко Л. В. Геоекологічний аудит техногенного впливу на довкілля та здоров'я населення (на прикладі регіону Покуття) / Автореф. дис.... канд. географ. наук. – Чернівці, 2003. – 21 с.
- 16 Кутовий В. О. Золівідвали електростанцій як джерело забруднення довкілля [Текст] / В.О. Кутовий, М.В. Коновальчик, Н.П. Канюк // Вісті Автомобільнодорожнього інституту, 2006. – № 1(2). – С. 90-94.
- 17 Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
- 18 Білецька Е.М. Гігієнічна оцінка сумарного добового надходження важких металів до організму в умовах промислових міст // Довкілля та здоров'я. –1999. – № 2(9). – С.2-6.
- 19 Strukova E., Golub A., Markandya, A. Air Pollution Costs in Ukraine / E. Strukova, A. Golub, A. Markandya// Access: <http://ideas.repec.org/p/fem/femwpa/2006.120.html>.
- 20 http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=93992].
- 21 Кошлак Г. В. Зменшення техногенного впливу вугільних ТЕС на довкілля (на прикладі Бурштинської ТЕС) / Г.В. Кошлак, А.М. Павленко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2017. – №2. – С. 108-118.

- 22 Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных элементов /А. П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 234 с.
- 23 Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України // [ред. А.І. Фатєєв, Я.В. Пащенко]. – Харків, 2003. – 117 с.
- 24 Пендерецький О.В. Визначення забруднення ґрунтового покриву від Бурштинської ТЕС для оцінки можливості вирощування екологічно чистої сільськогосподарської продукції. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2004. – № 6. – С. 62–69.
- 25 Крижанівський Є.І. Екологічні проблеми енергетики / Є.І. Крижанівський, Г. В. Кошлак // Нафтогазова енергетика. – 2016.- №2 (28). – С. 80-90.

H. Koshlak

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

ENVIRONMENTAL HAZARD OF THE TECHNOGENIC SOIL POLLUTION WITH HEAVY METALS FOR THE IMPACT AREAS OF BURSHTYN TPP

The article deals with the issues of environmental pollution and identifies the risks to public health and the environment due to the operation of coal thermal stations. The authors have analyzed the factors of the ecotoxicological effect on the individual components of the environment in the impact areas of Burshtyn TPP. The analysis results show that the main sources of environmental pollution in the territories are emissions and wastes generated during hardcoal combustion. It has been found out that the causes of mortality rates increase in the technogenic impact areas of TPP are the emissions of SO_x, NO_x, CO and ash fine particles. The calculated values of the average annual harmful emissions of TPP and the possible consequences of their impact on the people living in risk areas are represented. It has been found out that heavy metals, which are the components of ash particles contained in emissions and wastes, have a particularly dangerous and toxic environmental impact.

A study of the soil for the content of heavy metals was carried out in the areas with mixed herbs, a plowed soil and soil under the trees. Soil samples were taken at a distance of 1.5–2 km from the TPP. Using the spectral and atomic absorption analysis, the content of bulk and mobile compounds of heavy metals, the regularities of their distribution, and their occurrence forms in soils and ash dumps were studied. It was established that around the pollution source the sections of soil were formed that contained Co, Cu, Cr, Ni, Cd, Pb, Zn, Mn. The analysis results showed an uneven contamination of the areas around the TPP. An increased content of heavy metals was found in the studied soil samples. In the areas of plowed soil layers and under the trees, the excess of bulk concentrations of cadmium (Cd) and (Pb) was determined, so we concluded that these areas were unsuitable for growing agricultural crops. In the soils under trees and in the areas with mixed herbs, the content of Cu, Cr, Ni, Cd did not exceed maximum permissible concentrations. The measures to improve the environmental safety of coal plants were recommended.

Key words: thermal power plants, public health, ash dump, soil, heavy metals.

References

- 1 Zelena knyha. Zmenshennia shkidlyvykh vykydiv u teploviielektroenerhetytsi Ukrainy cherez vykonannya vymoh Yevropeiskoho enerhetychnoho spivtovarystva. – Kyiv: Mizhnarodnyi tsentr perspektyvnykh doslidzhen, 2011. – 43s.
- 2 Mandryk O. Contamination of soils with heavy metals in the industrialized region of Western Ukraine: Western Podole Upland // O. Mandryk, K. Radlovska. – Geomatics and environmental engineering. – Krakow: AGH University of science and technology. - 2013. – Quarterly.– Vol. 7.– (No.1).– P. 75-82.
- 3 Mishchenko L. V. Heoekolohichniy audyt tekhnohennoho vplyvu na dovkillia ta zdorov'ia naselennia (na prykladi rehionu Pokuttia) : avtoref. dysertatsii na zdob. nauk. stup. kand. heohraf. nauk.: spets. 11.00.01 «Kostruktyvna heohrafiia» / L. V. Mishchenko. – Chernivtsi, 2003. – 20 s.
- 4 Otsiniuvannia MEA perspektyv rozvytku enerhetyky za vydamy enerhoresursiv ta dynamika investuvannia v yikh rozvytok, Tsentr Razumkova <http://www.uceps.org>

- 5 Prezentatsiia Yevropeiskoi biznes-asotsiatsii – Sektor vyrobnytstva teplovoi enerhii Ukrainy v konteksti vprovadzhennia Dyrektyvy pro velyki spaliuvalni ustanovky 2001/80/EC - <http://www.energy-community.org/pls/portal/docs/1216180.PDF>.
- 6 Adamenko O. M. Ekolohichniy audyt terytorii / O. M. Adamenko, L. V. Mishchenko. – Ivano-Frankivsk: Fakel, 2000. – 341 s.
- 7 Hooda P.S. A special issue on heavy metals in soils: editorial foreword //Adv. Environ. Res. – 2003. – V. 8. –P. 1–3https://www.energy-community.org/.../Decision_2013_05_...
- 8 Zhdanov V.V. Otsinka vplyvu vykydiv Luhanskoï TES na zabrudnennia gruntu vazhkymy metalamy / V.V. Zhdanov // Aktualni pytannia hihieny ta ekolohichnoi bezpeky Ukrainy: tretii Marzieievski chytannia: materialy nauk.-prakt. konf. Kyiv, 24–25 travnia 2007 r. –K., 2007. – S. 57–58.
- 9 Hlovyn N. M. Otsinka vplyvu rukhomykh form vazhkykh metaliv Rb, Su, Ni, Sd, Zn na yakist pidhruntovykh vod za dopomohoiu fizyko-khimichnykh metodiv analizu / N. M. Hlovyn // Nauk. zap. Ternop. nats. ped. un-tu. – 2013. – №20. –S.33-36.
- 10 Udod V.M. Vasylenko L.O., Yui Ts.Kh. Ekolohichna otsinka zabrudnennia dovkillia vazhkymy metalamy // Ekolohiia i resursy. - 2005.- T. 12. - S. 95-99.
- 11 Fatieiev A.L. [Fatieiev A.L., Pashchenko Ya.V. Fonovyi vmist mikroelementiv u funtakh Ukrainy. - Kharkiv: NNTs, 2003. - 118 s.]
- 12 Azroian H. N. Doslidzhennia protsesiv vertykalnoi mihratsii ioniv vazhkykh metaliv u zolo- ta shlakovidvalakh Burshtynskoi TES ta yikh osadzhennia na karbonatakh / M. M. Orfanova, S. S. Dumenko, Yu. A. Kryklyvyi // Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. – 2011. – № 2 (4). – S. 30–36.
- 13 Vazhki metaly u komponentakh navkolyshnoho seredovyshcha m. Mariupol (ekoloho-heokhimichni aspekty) / S.P. Karmazynenko, I.V. Kuraieva, A.I. Samchuk, Yu.Yu. Voitiuk, V.Y. Manichev. — K.: Interservis, 2014. — 168 s.: [32] s. kol. il.: il]
- 14 Adamenko Ya.O. Struktura budovy baz danykh ekolohichnoi informatsii. - U kn.: Netradytiini enerhoresursy ta ekolohiia Ukrainy. - K.: Manuscript, 1996. - S. 111-123
- 15 Mishchenko L.V. Heoekolohichniy audyt tekhnohennoho vplyvu na dovkillia ta zdorovia naselennia (na pry-kladi rehionu Pokuttia) / Avtoref. dys. kand. heohraf, nauk. - Chernivtsi, 2003. – 21 s.
- 16 Kutovyi, V.O. Zolovidvaly elektrostantsii yak dzherelo zabrudnennia dovkillia [Tekst] / V.O. Kutovyi, M.V. Konovalchuk, N.P. Kaniuk // Visti Avtomobilnodorozhnoho instytutu, 2006. – № 1(2). – S. 90-94.
- 17 Alekseev Yu.V. Tiazhelye metally v pochvakh y rastenyakh. – L: Ahropromyzdat, 1987. – 142 s.
- 18 Biletska E.M. Hihienichna otsinka sumarnoho dobovoho nadkhodzhennia vazhkykh metaliv do orhanizmu v umovakh promyslovykh mist // Dovkillia ta zdorovia. 1999. – № 2(9). - S.2-6.
- 19 Strukova E., Golub A., Markandya, A. Air Pollution Costs in Ukraine / E. Strukova, A. Golub, A. Markandya// Access: <http://ideas.repec.org/p/fem/femwpa/2006.120.html>.
- 20 http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=93992].
- 21 Koshlak H.V. Zmenshennia tekhnohennoho vplyvu vuhilnykh TES na dovkillia (na prykladi Burshtynskoi TES) / H.V. Koshlak, A.M. Pavlenko // Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. –2017. – №2. – S. 108-118.].
- 22 Vynohradov A.P. Heokhymia redkykh y rasseiannykh elementov /A.P. Vynohradov. – M.: Yzd-vo AN SSSR, 1957. – 234s.
- 23 Fonovyi vmist mikroelementiv u gruntakh Ukrainy // [red. A.I. Fatieiev, Ya.V. Pashchenko]. – Kharkiv, 2003. – 117 s.
- 24 Penderetskyi O.V. Vyznachennia zabrudnennia gruntovoho pokryvu vid Burshtynskoi TES dlia otsinky mozhlyvosti vyroshchuvannia ekolohichno chystoi silskohospodarskoi produktsii. Ekolohiia dovkillia ta bezpeka zhyttiediialnosti. – № 6, 2004. – S. 62–69.
- 25 Kryzhanivskyi Ye.I. Ekolohichni problemy enerhetyky / Ye.I. Kryzhanivskyi , H.V. Koshlak // Naftohazova enerhetyka. – 2016.- №2 (28). - S. 80 -90.

Надійшла до редакції 30 вересня 2019 р.

ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 504.06:349.6

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-2(20)-16-23

А. І. Решетченко, А. І. Борсук,

Ю. І. Вергелес

*Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова*

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ НОРМАТИВІВ КРАЇН ЄС ПОРІВНЯНО ІЗ ВИМОГАМИ УКРАЇНСЬКОГО ЗАКОНОДАВСТВА В СФЕРІ ШУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ В УРБООКСИСТЕМІ

Внаслідок стрімкого зростання населення великих міст збільшується антропогенний тиск на довкілля. Одним із видів техногенного забруднення міського середовища виступає шум, адже кількість джерел лінійного та стаціонарного шуму постійно зростає, особливо на урбанізованих територіях. У Європі шумові забруднення прирівнюють до інших головних екологічних проблем: викидів шкідливих речовин, вирубки лісів або переробки сміття. На боротьбу із шумом витрачається помітна частка ВВП. Розв'язання таких екологічних проблем вимагає від держави дієвого правового врегулювання, економічних та технологічних ресурсів. Задля цього необхідно підвищувати ефективність державного управління у сфері охорони довкілля, спираючись на засади сталого розвитку міст.

Для України постає актуальне завдання щодо удосконалення державного управління у сфері охорони навколишнього середовища. Найпростіший спосіб досягти успіху у сфері охорони довкілля – запозичувати досвід держав-партнерів Європейського Союзу.

Стаття присвячена порівняльному аналізу чинної законодавчої бази України та європейської Директиви щодо шуму. На основі проведеного аналізу законодавства України відповідно до міжнародних стандартів і Директив, було виявлено, що деякі норми, наприклад вимірювання рівнів шумового забруднення на територіях житлових забудов, затверджені за радянських часів і не переглядалися ще із минулого століття. Нагальна проблема шумового забруднення у містах України потребує більш жорстких вимог до додержання нормативів щодо рівнів шумового забруднення.

Виходячи із аналізу Директиви ЄС щодо шуму, визначено, що впровадження картографування рівнів шумового забруднення на територіях міст є важливим кроком для України в плані розвитку та покращення екологічного стану урбанізованих територій. Карти шуму дозволяють ефективніше впроваджувати методи боротьби із шумом. Важливим питанням є інформування населення щодо стану акустичного простору житлової забудови, що також рекомендується впроваджувати згідно з Директивою 2002/49/ЄС.

Ключові слова: законодавство України, Директива ЄС, шум, аналіз, удосконалення

Постановка проблеми. Україна орієнтується на соціально-економічну модель розвитку країн-членів ЄС, що зумовлює актуальність імплементації міжнародних стандартів та активну інтеграцію України в європейський правовий простір шляхом системних реформ. Це поклало початок процесу наближення законодавства України до законодавства Європейського Союзу. Процес апроксимації законодавства України до вимог права ЄС проводиться на основі Закону України «Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу» [1] та Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [2]. Окремі аспекти такої співпраці були предметом низки наукових досліджень й висвітлювалися, зокрема, у працях таких вчених, як А. О. Андрусевич, Н. І. Андрусевич, Дж. Е. Бонайн, Т. О. Будякова, С. М. Кравченко, З. Я. Козак, В. І. Лозо, Н. Р. Малишева, М. О. Медведєва, М. М. Микієвич, Ю. С. Шемчушенко та ін.

Базуючись на досвіді таких держав, як Німеччина, Угорщина, Албанія, Литва в питанні проведення національної імплементаційної практики, зокрема у секторі екології та охорони довкілля, процес апроксимації в Україні відбувається у три етапи: транспозиція, імплементація та впровадження.

Зараз існує чотири директиви ЄС [3-6] щодо захисту від шумового забруднення. Але жодна із них досі не пройшла процес імплементації в Україні. Українське законодавство головним чином спирається на радянські ГОСТ-и, що регламентують термінологію, методики вимірювання та допустимі норми шумового навантаження. Шумове забруднення має унікальні властивості як забруднювальний фактор. Воно не накопичується, його рівень може значно коливатися за короткі проміжки часу, а також воно не здатне до міграції. Але це не заважає йому суттєво впливати на живі організми.

За умов постійного підвищення рівнів забруднення акустичного середовища міст України та відсутності моніторингу рівнів шуму, зростає визнання факту, що діяльність Європейського Співтовариства у сфері охорони довкілля (загалом у напрямку захисту від шуму) є показовою, оскільки вона спрямована на практичну реалізацію положень вищезазначених Директив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Євроінтеграція є одним із пріоритетних напрямів зовнішньої політики України. З метою адаптації природоохоронного законодавства України до європейських вимог Наказом Міністерства екології та природних ресурсів України було затверджено Базовий план адаптації екологічного законодавства України до законодавства Європейського Союзу [7], у переліку якого відсутня Директива ЄС 2002/49/ЄС [3] із зазначеними рекомендованими заходами щодо змін в Українському законодавстві. Проте в ст. 361 Угоди про Асоціацію [2] зазначено, що для реалізації цілей сталого розвитку та вирішення проблем, пов'язаних із охороною навколишнього середовища, співробітництво на міжнародному рівні повинно охоплювати, поміж інших, і сферу шумового забруднення. Згідно із ст. 363 Угоди про Асоціацію поступове наближення законодавства України до права та політики ЄС у сфері довкілля здійснюється відповідно до Додатка XXX до цієї Угоди.

На сьогоднішній день ВООЗ визнає шумове забруднення одним із пріоритетних негативних екологічних факторів та найбільш поширеною причиною скарг населення багатьох країн Європейського регіону.

Особливої уваги ця проблема потребує у великих містах, адже забезпечення акустичного благополуччя на цих територіях є дуже складним питанням, вирішення якого залежить від великої кількості чинників та викликає дедалі більшу стурбованість серед громадськості. Зокрема, дослідження акустичного середовища наведені у [8, 9] підтверджують той факт, що сучасне місто існує за умов постійно підвищених рівнів шумового фону.

Це пояснюється тим, що тисячі людей у всьому світі передчасно помирають внаслідок серцевих розладів, дисфункції геморагічного чи ішемічного типу, гострого порушення кровообігу окремих органів, викликаних довготривалою дією підвищеного рівня шуму. Також короткочасний та довготривалий шум є причиною часткової або повної глухоти, порушує обмін речовин, зменшує тривалість і глибину сну, викликає психічні розлади. Акустичний дискомфорт сприяє стимуляції різних захворювань, веде до погіршення якості життя і економічних втрат, знижує продуктивність праці на підприємствах. Накопичено переконливі дані про вплив шуму на імунну, серцево-судинну, ендокринну та нервову системи, а також на метаболічну активність організму [10-13].

Одним з основних джерел шуму в сучасних містах є автотранспорт, який формує складний шумовий режим. Дуже часто це пояснюється плануванням багатьох міст, особливо їх центральних частин, яке відбувалося 100-200 років тому. Пропускна здатність доріг у таких випадках зазвичай дуже низька та не відповідає необхідним показникам сьогодення. Через це на дорогах виникає велике скупчення машин і, як наслідок, підвищення рівня акустичного навантаження. Міський шум визначається у [14] найбільш поширеним і агресивним фактором навколишнього середовища (серед багатьох інших), що впливає на самопочуття людей і стан здоров'я населення. Тому вивчення надзвичайно складних зв'язків негативного впливу шуму на людей з величиною показників діючих фізичних факторів шуму у міському середовищі з метою кращого уявлення загроз або ризиків має важливе значення.

Завдяки великій кількості закордонних досліджень [15-17], отримані та впроваджені у практику моделі впливу надмірного шумового режиму на людину у міському середовищі, що дозволяють передчасно виявляти небезпеку для запобігання погіршення фізичного та психічного

здоров'я, зниження рівня якості життя та благополуччя населення, а також розробляти пропозиції та рекомендації щодо зниження акустичного навантаження на конкретних ділянках міських територій. Усі ці дослідження стосувалися рівня шуму денного дорожнього руху та поширення інфаркту міокарда як наслідків впливу шумового забруднення.

Постановка завдання. Аналіз публікацій [18-20] щодо європейської інтеграції України обумовлює актуальність наближення національного законодавства до вимог Європейського Союзу.

Метою цієї статті є порівняльний аналіз законодавства України та Європейського Співтовариства для оцінки можливості використання результатів таких досліджень у вітчизняній практиці та ступеня можливої апроксимації законодавства у секторі охорони довкілля (а саме: проблема надмірного шумового навантаження) та подальшого надання рекомендацій щодо узгодження чинних правових норм України та врегулювання відповідних правовідносин. Відповідно до поставленої мети, необхідно було проаналізувати чинне українське законодавство, та виявити недоліки порівняно з міжнародними стандартами та Директивами ЄС.

Виклад основного матеріалу. Чинними Державними будівельними нормами України [21] встановлені такі вимоги щодо оцінки шумового режиму, вибору нормованих параметрів і допустимих рівнів шуму.

Кількісну оцінку шумового режиму необхідно здійснювати на підставі даних інструментальних вимірювань для об'єктів, що експлуатуються, і за результатами акустичного розрахунку для об'єктів, що проектується. Нормованими параметрами постійного шуму є рівні звукового тиску L , дБ, в октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Оцінку постійного широкосмугового шуму допускається надавати у рівнях звуку L_A , дБА.

Нормованими параметрами непостійного шуму є еквівалентний рівень звуку $L_{A_{екв}}$, дБА і максимальний рівень звуку $L_{A_{макс}}$, дБА, а також еквівалентні рівні звукового тиску $L_{екв}$, дБ і максимальні рівні звукового тиску $L_{макс}$, дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Шум вважається в межах норми, якщо його рівні звукового тиску (еквівалентні рівні звукового тиску) в октавних смугах частот L ($L_{екв}$), рівень звуку L_A , еквівалентний $L_{A_{екв}}$ і максимальний $L_{A_{макс}}$ рівні звуку не перевищують встановлених допустимих величин для конкретного об'єкта.

Загальноєвропейські методи оцінки та управління процесами стосовно шуму, що впливає на людей в межах забудованих територій, парків та інших територій для відпочинку в агломераціях, біля шкіл, лікарень та інших територій, які є чутливими до шуму, розглянуті у Директиві 2002/49/ЄС [3]. Зокрема, цим документом передбачено:

- визначення шумової експозиції населених пунктів з використанням карт шуму, створених відповідно до загальноприйнятих методик країн-членів ЄС;

- прийняття планів дій у країнах спільноти для попередження або зниження рівня шуму залежно від акустичної ситуації на конкретно визначеній території, спираючись на результати, отримані від створення карт шуму. Цей план дій носить рекомендаційний характер та залишає правовий простір для врегулювання питання з використанням законодавчої бази конкретно визначеної держави.

- забезпечення вільного громадського доступу до інформації щодо рівня шуму у навколишньому середовищі за умови наявності такої;

Характеристики шуму, що за рекомендаціями директиви ЄС мають вимірюватися або реєструватися для аналізу та оцінки стану акустичного середовища на територіях населених пунктів включають:

- еквівалентні рівні звукового тиску $L_{A_{екв}}$, дБА на часових інтервалах відліку (опорних часових інтервалах) тривалістю 15 - 30 хвилин (вдень і ввечері) і 15 хвилин (вночі);

- максимальні рівні звукового тиску $L_{A_{макс}}$, дБА на часових інтервалах відліку;

- випадки перевищень граничних рівнів шуму, що має визначити у себе країна спільноти у термінах величин L_{den} і L_{night} або, де доцільно, L_{day} та $L_{evening}$, як привід для розгляду або застосування пом'якшувальних заходів.

Розташування точок вимірювань в межах міських територій житлової забудови має обиратися з урахуванням:

- можливостей фіксації характеристик шуму у найбільш шумових позиціях на межах територій та біля фасадів житлових будівель;
- репрезентативності цих вимірювань щодо відображення акустичної ситуації на міських територіях житлової забудови загалом.

Розподіл часових інтервалів відліку в межах року має обиратися з урахуванням:

- можливостей фіксації характеристик шуму у найбільш шумових ситуаціях на межах територій та біля фасадів житлових будівель;
- забезпечення репрезентативності цих вимірювань щодо відображення загальної акустичної обстановки протягом року за допомогою обраних індикаторів шумового забруднення територій забудови.

Згідно з Європейською директивою [3] основним інструментом для оцінки впливу шуму на людину та навколишнє середовище є картографічний метод шумового забруднення. Для отримання шумової карти можуть використовуватися різні методи: комп'ютеризовані та натурні вимірювання. Комп'ютеризований метод дозволяє відображати поширення звукового поля. Натурний метод у свою чергу розрахований на проведення вимірювань рівнів звукового тиску за допомогою спеціального обладнання (шумомірів) на обраних ділянках територій міста.

Слід зазначити досить м'які вимоги директиви [3] у визначенні вмісту і засобів надання і візуалізації інформації щодо властивостей шуму у межах міських територій у вигляді картографічних матеріалів (карти шуму) та/або таблиць зі зведеними результатами досліджень шуму у конкретно визначених населених пунктах (великі міста, важливі дорожні вузли, важливі соціальні та адміністративні об'єкти, житлова забудова тощо). Мета картографування полягає у наданні стратегічних оцінок акустичної ситуації в цілому для Європейського регіону, що є основою майбутнього розвитку європейської політики щодо шуму (Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure). Ця інформація має бути у вільному доступі, адже необхідна для усвідомлення населенням проблеми впливу надмірного шуму на здоров'я (разом із додатковими матеріалами) та для прийняття рішень у створенні локальних планів дій.

Такі вимоги залишають достатній простір для визначення кожною країною ЄС обсягу, вигляду і засобів надання громаді відповідних картографічних матеріалів, зважаючи на власні обмеження і можливості.

Міжнародні стандарти ISO 1996-1 [22] та ISO 1996-2 [23] використовуються як орієнтир для картографування шуму у Директиві [3], та містять рекомендації щодо проведення натурних вимірювань рівнів шумового забруднення, що проводяться відповідно [22]. В українському законодавстві відсутні будь-які норми, рекомендації, щодо проведення візуалізації та картографування рівнів шумового забруднення. Але ще у 70 роках минулого століття були розроблені методики створення перерізів із нанесенням контурів рівнів шуму [24-25].

Дійсний досі в Україні ГОСТ 20444-85 [26] відповідає стандарту ISO 1996-1 [22] зокрема у проведенні вимірів рівнів шуму від автотранспортних потоків. Цей стандарт не встановлює норми шуму в навколишньому середовищі, але визначає основні величини, що використовуються для опису шуму в населених пунктах та встановлює основні методи оцінки шуму.

Державні будівельні норми [21], прийняті в Україні, при визначенні допустимого рівня звуку на території житлової забудови враховують специфіку приміщень (житлові будинки, лікарні, гуртожитки тощо) і час доби, коли проявляється вплив звуків. Для житлових будинків середній допустимий рівень інтенсивності звуків ($L_{\text{екв}}$) в денний час складає 55 дБ, у нічний – 45 дБ, максимальний рівень ($L_{\text{макс}}$) відповідно 70 і 60 дБ. Для територій, прилеглих до санаторіїв і лікарень, значення допустимого шумового впливу на 10 дБ нижче, а для готелів і гуртожитків на 5 дБ вище. Регламентації підлягають також умови забудови в зоні впливу аеропортів.

Важливо відзначити роль ВООЗ у вирішенні питання надмірного шумового навантаження на населення у Європейському регіоні. ВООЗ є спеціалізованою установою Організації Об'єднаних Націй з питань вирішення міжнародних проблем охорони здоров'я населення планети, яка не може втручатися у законодавчий процес держав у секторі охорони довкілля, у тому числі з питання шумового забруднення. Але необхідно підкреслити, що багато правових актів ґрунтуються на рекомендаціях публікацій та керівництвах ВООЗ, де розглядається небезпека короточасного та тривалого впливу шуму на здоров'я та благополуччя населення. Такими є Європейське керівництво з контролю нічного шуму (2014 р.) [27] та Керівництво з питань шуму в навколишньому середовищі для Європейського регіону (2018 р.) [28]. На жаль, в Україні схожі

публікації рекомендаційного характеру є фрагментарними та часто стосуються вузької медичної спеціалізації, що в свою чергу викликає труднощі у використанні цих результатів у секторі охорони довкілля та екології, а інколи взагалі робить це неможливим. Тому доцільним є використання результатів не лише вітчизняних, а й закордонних (у тому числі міжнародних) досліджень для більш якісної оцінки акустичної ситуації в міському середовищі та формування таких законодавчих актів з питання шумового забруднення, які могли б повною мірою забезпечити благополуччя та захист здоров'я населення, а також полегшити процес апроксимації до законодавства ЄС та формування подальшого співробітництва у цьому напрямку.

Висновки. У результаті проведеного аналізу нормативних та законодавчих актів, Директив ЄС та міжнародних стандартів ISO, встановлено, що законодавство України потребує реалізації положень, що зазначені в Директиві 2002/49/ЄС [3], з метою створення шумових карт великих міст, які дозволили б прогнозувати транспортний шум, і як результат більш ефективно розробляти та впроваджувати заходи щодо зменшення шумового пресингу. Впровадження картографування рівнів шуму має великі перспективи у використанні в будівельній промисловості під час розробки проектів планування та забудови нових житлових кварталів міст; під час зонування територій за умовами шумового режиму для різних типів забудови, майданчиків для відпочинку та ін. У ст. 21 ЗУ про внесення змін до Закону України «Про охорону атмосферного повітря» [29] зазначено, що планування та забудова населених пунктів має здійснюватися відповідно до чинних будівельних норм та карт шуму. Також відзначимо, що в Україні відсутні вимоги щодо граничних величин для індикаторів моніторингу середньорічних рівнів шумового забруднення (L_{den} , L_{night} або L_{day}) та оцінювання їх величин.

Для досягнення поставленого завдання щодо картографування шумового забруднення необхідно запровадити постійний моніторинг рівнів шуму від пересувних джерел, адже зараз українським законодавством не передбачено чіткого алгоритму регламентації моніторингових досліджень шумових характеристик, що ускладнює процес обробки та аналізу інформації, необхідної для складення якісної стратегічної карти шуму для міського середовища.

На нашу думку, етап імплементації має визначити процедуру положення Директиви 2002/49/ЄС [3] в національне законодавство. Для цього повинні бути встановлені відповідальні органи та терміни виконання адаптації законодавства, наступним етапом якої має бути збільшення законодавчих актів в області шуму, що мають бути приведені у відповідність до норм європейського законодавства.

Література

- 1 Про загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу: Закон України від 18.03.2014 № 1629-IV (у ред. Від 04.11.2018 р. №2581-VII)./ Офіційний вісник України. 2004. № 15. Ст. 30.
- 2 Про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони: Угода від 27.06.2014 р./ Офіційний вісник України. 2014. С. 176.
- 3 Директива 2002/49/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 25 червня 2002 року стосовно оцінки та управління процесами, пов'язаними з шумом OBL 189, 18.07.2002. С. 12
- 4 Директива 2002/30/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 26 березня 2002 року щодо встановлення правил та процедур у зв'язку з введенням в дію шумових обмежень в аеропортах Співтовариства OBL 085, 28.03.2002. С. 40
- 5 Директива 2000/14/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 8 травня 2000 року про наближення законодавства держав-членів щодо шумових викидів у довкілля обладнанням, що застосовується ззовні приміщення OJ L 162, 03.07.2000. С. 1
- 6 Директива Комісії 1999/101/ЄС від 15 грудня 1999 року щодо прийняття змін до Директиви Ради 70/157/ЄС стосовно допустимого рівня та вихлопної системи засобів пересування OBL 334, 28.12.99. С. 41
- 7 Щодо затвердження Базового плану Адаптації екологічного законодавства України до законодавства Європейського Союзу (Базовий план апроксимації) [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 17 грудня 2012 р. № 659. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN81968?an=4>
- 8 Решетченко А.І. Дослідження впливу автотранспортних потоків на акустичне середовище урболандшафтів // Комунальне господарство міст. Сер. Технічні науки та архітектура: зб.наук.пр. Харків, 2018. №146. С. 180-183.

- 9 Решетченко А.І., Борсук А.І. Акустичні дослідження центральної частини міста Харків. // Галузеві проблеми екологічної безпеки: матеріали V міжнар. наук.-практ. конф. студ, маг., та асп. (Харків 25.10.2019 р.). Харків, 2019. С. 46-48.
- 10 Prasher D. Is there evidence that environmental noise is immuno- toxic? // Noise Health. 2009. № 11 (44). P. 151–155.
- 11 Babisch W. Cardiovascular effects of noise// Noise Health. 2011. №13. 201–204.
- 12 Job R.F.S. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise// Environment International. 1996. № 22 (1). P. 93–104.
- 13 Clark C., Stansfeld S.A. The effect of transportation noise on health and cognitive development: a review of recent evidence. // International journal of comparative psychology. 2007. № 20 (2). P. 145–158.
- 14 Коммунальная гигиена : уч.пос. / Е.И. Гончарук, В.Г. Бардов, С.И. Гаркавий, А.П. Яворовский [и др.] Киев: Здоровье, 2006. 792 с.
- 15 Babisch W., Ising H., Gallacher J.E., Sweetnam P.M., Elwood P.C. Traffic noise and cardiovascular risk: The Caerphilly and Speedwell studies, third phase – 10 years follow-up//Arch Environ Health. 1999. № 54. P. 210–216.
- 16 Babisch W., Ising H., Gallacher J.E. Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischaemic heart disease // Occupational and Environmental Medicine. 2003. № 60. P. 739–45.
- 17 Babisch W., Beule B., Schust M., Kersten N., Ising H. Traffic noise and risk of myocardial infarction // Epidemiology. 2005. №16. P. 33–40.
- 18 Горбань Ю.С. Державне управління у сфері довкілля в умовах Європейської інтеграції України: дис. кан. наук з держ. управл.: 20.00.01: захист 30.06.2017/наук. Кер. Мандрагеля В.А. Київ: НАДУПУ, 2017. 212 с.
- 19 Luzzi S., Natale R., Carfagin M., Borchì F., Bartalucci C. Environmental Noise Directive implementation: state of art, public participation and noise awareness // Noise Theory and Practice. 2016. 2.3 (5). P. 2-15.
- 20 Краснова Ю. Проблеми адаптації національного екологічного законодавства до законодавства Європейського Союзу у сфері забезпечення екологічної безпеки в галузі авіації // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2010. № 82. С. 57-60.
- 21 ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій будинків і споруд від шуму. Київ. 2014. 54 с.
- 22 ISO 1996-1:2016. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures. URL: <https://www.iso.org/standard/59765.html>
- 23 ISO 1996-2:2017. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of sound pressure levels. URL: <https://www.iso.org/standard/59766.html>
- 24 Майер В.В. Градостроительные меры борьбы с шумом. Москва: Стройиздат, 1975. 215 с.
- 25 Самойлюк Е.П. Борьба с шумом в градостроительстве. Київ: Будівельник, 1975. 128 с.
- 26 ГОСТ 20444-85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики Москва, 1985. 23 с.
- 27 Европейское руководство по контролю ночного шума. Всемирная организация здравоохранения. 2014, 230 с. URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/246322/E92845r.pdf?ua=1
- 28 Environmental noise guidelines for the European region. World Health organization. 2018, 181 P. URL: <http://www.euro.who.int/ru/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>
- 29 Про внесення змін до Закону України "Про охорону атмосферного повітря": Закон України від 21.06.2001 р. № 48 // Відомості Верховної Ради України, 2001. С. 252.

**A. Reshetchenko, A. Borsuk,
Yu. Verheles**

*O. M. Beketov National University of
Urban Economy in Kharkiv*

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EXISTING EU REGULATIONS AND REQUIREMENTS OF THE UKRAINIAN LEGISLATION IN THE FIELD OF NOISE LOAD IN THE URBAN ECOSYSTEM

Due to the rapid population growth in large cities, the human pressure on the environment is increasing. Noise is one of the types of technogenic pollution of the urban environment, as the number of sources of line and stationary noise is constantly increasing, especially in urban areas. In Europe noise pollution is considered equivalent to other major environmental problems: hazardous substances emissions, deforestation or waste processing. A significant part of GDP is spent on noise elimination.

Solving these environmental problems demands from the state an effective legal regulation, economic and technological resources. This calls for the improved governance in the field of environmental protection based on the principles of sustainable urban development.

Enhancing governance in the field of environmental protection is a crucial task for Ukraine. The easiest way to succeed in the environmental protection is to adopt the experience of the EU partner states.

The article deals with a comparative analysis of Ukraine's current legal framework and the European Noise Directive. The comparative analysis of the Ukrainian legislation and the international standards and directives has shown that some norms, such as measurement of noise pollution levels in residential areas, have not been revised since the last century when they were approved in Soviet times. An urgent issue of noise pollution in Ukrainian cities requires stricter requirements for the regulatory compliance of noise pollution levels.

The EU Noise Directive analysis has shown that the introduction of noise pollution mapping in cities is a very important step for Ukraine in terms of developing and improving the environmental condition of urban areas. Noise maps help to more effectively implement noise control methods. An important issue is promoting public awareness of the condition of acoustic space in residential buildings, which is also recommended by Directive 2002/49/EC.

Key words: Ukrainian legislation, EU Directive, noise, analysis, improvements.

References

- 1 Pro zahalnodержavnu prohramu adaptatsii zakonodavstva Ukrainy do zakonodavstva Yevropeiskoho Soiuzu: Zakon Ukrainy vid 18.03.2014 № 1629-IV (u red. Vid 04.11.2018 r. №2581-VII)./ Ofitsiyni visnyk Ukrainy. 2004. № 15. St. 30.
- 2 Pro asotsiatsiiu mizh Ukrainoiu, z odniiei storony, ta Yevropeiskym soiuzom, Yevropeiskym spivtovarystvom z atomnoi enerhii i yikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony: Uhoda vid 27.06.2014 r./ Ofitsiyni visnyk Ukrainy. 2014. S. 176.
- 3 Dyrektyva 2002/49/IEs Yevropeiskoho Parlamentu ta Rady vid 25 chervnia 2002 roku stosovno otsinky ta upravlinnia protsesamy, poviazanyymy z shumom OVL 189, 18.07.2002. S. 12
- 4 Dyrektyva 2002/30/IEs Yevropeiskoho Parlamentu ta Rady vid 26 bereznia 2002 roku shchodo vstanovlennia pravyl ta protsedur u zviazku z vvedenniam v diiu shumovykh obmezhen v aeroportakh Spivtovarystva OV L 085, 28.03.2002. S. 40
- 5 Dyrektyva 2000/14/IEs Yevropeiskoho Parlamentu ta Rady vid 8 travnia 2000 roku pro nablyzhennia zakonodavstva derzhav-chleniv shchodo shumovykh vykydiv u dovkillia obladnanniam, shcho zastosovuietsia z zovni prymishchennia OJ L 162, 03.07.2000. S. 1
- 6 Dyrektyva Komisii 1999/101/IEs vid 15 hrudnia 1999 roku shchodo pryiniattia zmin do Dyrektyvy Rady 70/157/IEs stosovno dopustymoho rivnia ta vykhlopnoi systemy zasobiv peresuvannia OV L 334, 28.12.99. S. 41
- 7 Shchodo zatverdzhennia Bazovoho planu Adaptatsii ekolohichnoho zakonodavstva Ukrainy do zakonodavstva Yevropeiskoho Soiuzu (Bazovyi plan aproksymatsii) [Elektronnyi resurs]: Nakaz Ministrstva ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy vid 17 hrudnia 2012 r. № 659. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN81968?an=4>

- 8 Reshetchenko A.I. Doslidzhennia vplyvu avtotransportnykh potokiv na akustychne seredovyshche urbolandshaftiv // Komunalne hospodarstvo mist. Ser. Tekhnichni nauky ta arkhitektura: zb.nauk.pr. Kharkiv, 2018. №146. S. 180-183.
- 9 Reshetchenko A.I., Borsuk A.I. Akustychni doslidzhennia tsentralnoi chastyny mista Kharkiv. // Haluzevi problemy ekolohichnoi bezpeky: materialy V mizhnar. nauk.-prakt. konf. stud, mah., ta asp. (Kharkiv 25.10.2019 r.). Kharkiv, 2019. S. 46-48.
- 10 Prasher D. Is there evidence that environmental noise is immuno- toxic? // Noise Health. 2009. № 11 (44). P. 151–155.
- 11 Babisch W. Cardiovascular effects of noise// Noise Health. 2011. №13. 201–204.
- 12 Job R.F.S. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise// Environment International. 1996. № 22 (1). P. 93–104.
- 13 Clark C., Stansfeld S.A. The effect of transportation noise on health and cognitive development: a review of recent evidence. // International journal of comparative psychology. 2007. № 20 (2). P. 145–158.
- 14 Kommunalnaia hyhyena : uch.pos. / E.Y. Honcharuk, V.H. Bardov, S.Y. Harkavyi, A.P. Yavorovskiy [y dr.] Kyev: Zdorove, 2006. 792 s.
- 15 Babisch W., Ising H., Gallacher J.E., Sweetnam P.M., Elwood P.C. Traffic noise and cardiovascular risk: The Caerphilly and Speedwell studies, third phase – 10 years follow-up // Arch Environ Health. 1999. № 54. P. 210–216.
- 16 Babisch W., Ising H., Gallacher J.E. Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischaemic heart disease // Occupational and Environmental Medicine. 2003. № 60. P. 739–45.
- 17 Babisch W., Beule B., Schust M., Kersten N., Ising H. Traffic noise and risk of myocardial infarction // Epidemiology. 2005. №16. P. 33–40.
- 18 Horban Yu.S. Derzhavne upravlinnia u sferi dovykillia v umovakh Yevropeiskoi intehtatsii Ukrainy: dys. kan. nauk z derzh. upravl.: 20.00.01: zakhyst 30.06.2017/nauk. Ker. Mandrahelia V.A. Kyiv: NADUPU, 2017. 212 s.
- 19 Luzzi S., Natale R., Carfagin M., Borchio F., Bartalucci C. Environmental Noise Directive implementation: state of art, public participation and noise awareness // Noise Theory and Practice. 2016. 2.3 (5). P. 2-15.
- 20 Krasnova Yu. Problemy adaptatsii natsionalnoho ekolohichnoho zakonodavstva do zakonodavstva Yevropeiskoho Soiuzu u sferi zabezpechennia ekolohichnoi bezpeky v haluzi aviatsii // Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. 2010. № 82. S. 57-60.
- 21 DBN V.1.1-31:2013. Zakhyst terytorii budynkiv i sporud vid shumy. Kyiv. 2014. 54 s.
- 22 ISO 1996-1:2016. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures. URL: <https://www.iso.org/standard/59765.html>
- 23 ISO 1996-2:2017. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of sound pressure levels. URL: <https://www.iso.org/standard/59766.html>
- 24 Maier V.V. Hradostroytelnye mery borbu s shumom. Moskva: Stroyizdat, 1975. 215 s.
- 25 Samoiluk E.P. Borba s shumom v hradostroytelstve. Kyiv: Budivelnik, 1975. 128 s.
- 26 HOST 20444-85. Shum. Transportnye potoky. Metody yzmereniya shumovoi kharakterystyky Moskva, 1985. 23 s.
- 27 Evropeiskoe rukovodstvo po kontroliu nochnoho shumy. Vsemyrnaia orhanyzatsiya zdavookhraneniya. 2014, 230 s. URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/246322/E92845r.pdf?ua=1
- 28 Environmental noise guidelines for the European region. World Health organization. 2018, 181 P. URL: <http://www.euro.who.int/ru/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018/>
- 29 Pro vnesennya zmi`n do Zakonu Ukrayini "Pro okhoronu atmosfernogo povitrya": Zakon Ukrayini vi`d 21.06.2001 r. # 48 // Vi`domosti` Verkhovnoyi Radi Ukrayini, 2001. S. 252.

Надійшла до редакції 18 листопада 2019 р.

Л. М. Архипова, М. М. Приходько
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ – АНАЛІЗ МІЖНАРОДНОГО ТА ВІТЧИЗНЯНОГО ДОСВІДУ КОНЦЕПЦІЇ

В Україні тема екосистемних послуг є новою, визначення екосистемних послуг значною мірою залишається дискусійним. Тому метою дослідження стало проведення всебічного аналізу міжнародного і вітчизняного досвіду дефініції «екосистемні послуги» з метою подальшого врегулювання нормативно-правового середовища, обґрунтування комплексних методик та системних практик економічної оцінки екосистемних послуг.

Відповідно до існуючої класифікації екосистемних послуг, яка запропонована у програмі ООН «Оцінка екосистем на порозі тисячоліття» (2005), послуги, що «надаються екосистемами, можуть належати до однієї з чотирьох широких категорій, які певною мірою співпадають з функціями природного капіталу та включають: забезпечуючі, регулюючі і культурні послуги, які безпосередньо впливають на людей, і підтримуючі послуги, необхідні для збереження інших послуг». У статті розглянуто визначення, які використовують у науковій літературі для характеристики окремих аспектів екосистемних послуг, зокрема процесів в екосистемах, функцій екосистем, послуг екосистем, вигод та інвестицій в екосистемні послуги. Наведено схему концептуальних зв'язків між ключовими термінами.

За результатом аналізу літературних джерел обґрунтовано прийнятні принципи оцінки екосистемних послуг та класифікацію послуг екосистем. Екосистемні послуги включають: забезпечувальні послуги, тобто блага, які дають екосистеми (продукти харчування, прісна вода, деревина, генетичні ресурси, біохімічні сполуки та ін.); регулювальні послуги, тобто вигоди, які отримують внаслідок регулювання екосистемних процесів (наприклад, регулювання клімату, регулювання водного режиму, очищення води та ін.); культурні послуги, тобто нематеріальні вигоди, які люди отримують від екосистем (духовні та релігійні, естетичні, освітні послуги, рекреація та екотуризм, культурна спадщина та ін.); а також підтримувальні послуги, необхідні для збереження і функціонування всіх інших екосистемних послуг (наприклад, ґрунтоутворення, кругообіг поживних речовин, фотосинтез, кругообіг води).

Результати досліджень можуть бути використані для наукового обґрунтування оцінок екосистемних послуг в Україні з метою подальшої імплементації Європейського екологічного законодавства

Ключові слова: ключові терміни, екосистемні послуги, класифікація, оцінка

Постановка проблеми. Екосистемні послуги як один з інноваційних напрямів фінансування являють собою найбільш нон-унітарну структуру, яка поєднує як бізнес інтереси, так і суспільні інтереси, засновані на критичній необхідності коеволюційного розвитку екологічної та економічної складових. За останні 50 років близько 60% світових екосистемних послуг, включаючи 70% регулювальних і культурних послуг, послаблені в результаті антропогенного впливу на навколишнє середовище. Зараз відбувається їх подальша деградація в результаті зростання народонаселення Землі, економічної експансії, зміни в землекористуванні і кліматичних змін [1]. Набуття категорією «екосистемні послуги» нормативного та економічного сенсу є одним з базових елементів на шляху систематизації та моніторингу використання природних ресурсів в режимі раціонального їх використання з паралельним створенням перспектив для антидеструктивного антропогенного впливу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Погіршення якості екосистем і втрату їхніх послуг сьогодні розглядають як одну з найбільших загроз для існування і сталого розвитку суспільства. У звіті ООН *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) обґрунтовано, що за останні сорок років внаслідок антропогенного втручання деградувало близько 60 відсотків від потоку послуг, які надають людині екосистеми – основа існування і розвитку цивілізації. Понад 2 мільярди гектарів деградованих та знеліснених земель планети втратили спроможність приносити людям та іншим видам користь, а їх відновлення сьогодні є одним з глобальних пріоритетів (IUCN, 2015; UN, 2014). Відвернення деградації ландшафтів пов'язане з численними послугами

екосистем – покращенням запасів води, зв'язуванням вуглецю, культурним цінностями та ін. (Marin-Spiotta et al., 2007; Chazdon, 2008; Dodds et al., 2008).

Постановка завдання. Глобальна ініціатива звітності щодо сталості розвитку (Global Reporting Initiative – GRI) розпочала розробку нового покоління «Керівних принципів: G4». Опитування, спрямовані на зацікавлені в GRI сторони з метою поліпшення існуючої звітності про сталий розвиток, показали, що до тем, які повинні розглядатися під час розробки оновлених Керівних принципів, респондентами було віднесено екосистемні послуги. Це гарантує, що ця тема буде частиною дискусій про майбутнє звітності стосовно впливів діяльності компаній на послуги екосистем. В Україні тема екосистемних послуг є новою, визначення екосистемних послуг значною мірою залишається дискусійним. Тому метою дослідження стало провести всебічний аналіз міжнародного і вітчизняного досвіду дефініції «екосистемні послуги» з метою подальшого врегулювання нормативно-правового середовища, обґрунтування комплексних методик та системних практик економічної оцінки екосистемних послуг.

Виклад основного матеріалу. Добробут людини і стійкість екосистем повністю взаємозалежні. Ця концепція знайшла визнання в національних екологічних політиках і законодавстві багатьох країн, але не в Україні. На міжнародному рівні та в багатьох країнах активізується діяльність щодо широкого кола питань, пов'язаних з послугами екосистем, включаючи їхню оцінку, визначення потенційних продавців і покупців та механізмів компенсації, формування ринків цих послуг. У широкий обіг у науці та природоохоронній діяльності увійшли такі терміни як «платежі за послуги екосистем», «екологічний донор», «компенсаційний механізм», «ринки послуг екосистем», «вуглецеві кредити». Опубліковані фундаментальні міжнародні дослідження, присвячені економіці екосистемних послуг (серед них «Оцінка екосистемних послуг на порозі тисячоліття» 2003, 2005; на рівні ЄС впроваджено проект «Економіка екосистем і біорізноманіття» (TEEB, 2008); значними є напрацювання у цій сфері WWF, Світового Банку, МСОП та ін.).

Трактування ключових термінів концепції послуг екосистем Термін "послуги екосистем" був вперше запропонований у 1981 р. Полом та Енні Ерліхами (Ehrlich P and Ehrlich A, 1981), проте походження концепції сягає кінця 1960-х – початку 1970-х років, коли було звернено увагу на соціальну значимість функцій природи (Helliwell, 1969; King, 1966). Близькі поняття (екологічні, довкільні, природні послуги) вперше вжив Е.Ф. Шумачер у праці «Small is Beautiful: Economics as if People Mattered» (1973). Вже у 1980-х роках особливу увагу було акцентовано на соціальній та економічній залежності людини від природних ресурсів та вагомості залучення суспільного інтересу як неодмінного чинника збереження біорізноманіття (de Groot, 1987). Важливими віхами у формуванні систем обліку та оцінки екосистемних послуг була праця Германа Дейлі "Послуги Природи: соціальна залежність від природних екосистем" (Daily 1997) та стаття Роберта Костанзи та співавторів у журналі "Nature" (Costanza et al 1997), у якій зроблено спробу розрахувати загальну вартість світового природного капіталу, як сумарної вартості послуг усіх екосистем планети Земля. Фінансові показники, оприлюднені у цій публікації, вплинули на розвиток як науки, так і політики держав в усьому світі. Оцінка вартості послуг дала мінімальну оцінку в сумі \$16-54 трлн щороку (у середньому \$33 трлн), тоді як ВВП світової економіки становив на той час \$18 трлн. Автори наголошували, що це занижена оцінка і вона буде зростати з огляду на поглиблення розуміння природи цих послуг і їхньої динаміки, що підтвердили результати повторної їх оцінки (de Groot et al 2012). У середині 2000-х концепція набула значення в міждисциплінарному науковому контексті і в процесі прийняття рішень на глобальному рівні.

Відповідно до існуючої класифікації екосистемних послуг, яка запропонована у програмі ООН «Оцінка екосистем на порозі тисячоліття» (2005), послуги, що «надаються екосистемами, можуть належати до однієї з чотирьох широких категорій, які певною мірою співпадають з функціями природного капіталу та включають: забезпечуючі, регулюючі і культурні послуги, які безпосередньо впливають на людей, і підтримуючі послуги, необхідні для збереження інших послуг» [2]. Однією з останніх конструктивних робіт з ідентифікації та класифікації екосистемних послуг стало дослідження Т. Брауна, Дж. Бергстрема і Дж. Луміса, які виокремили екосистемні блага та екосистемні послуги [3].

Розглянемо визначення, які використовують у літературі для характеристики окремих аспектів екосистемних послуг.

Процеси в екосистемах. Згідно із Словником термінів біології, виданим "Elsevier", «процес» визначається як «низка подій, реакцій або операцій, які призводять до досягнення певного

результату" (Tirri et al 1998). Звідси випливає, що процеси в екосистемі це складні взаємодії між біотичними й абіотичними елементами екосистеми, що охоплюють у широкому сенсі циклічність матерії і потік енергії (Lyons et al 2005). Хоч це визначення набуло широкого визнання, вчені все-таки інтерпретують і класифікують процеси неоднаково. Так Белмфорд і співавтори (Balmford et al 2008) розрізняють "основні екосистемні процеси" (напр. продукування поживних речовин, їхнє розкладання і кругообіг води), "корисні екосистемні процеси" (напр. продукування біомаси, запилення, біологічний контроль, середовище проживання і асиміляція відходів), і "вигоди" (напр. їжа, прісна вода).

Функції екосистем. Де Гроот (1992) (de Groot 1992) визначає функції екосистеми, як "потенціал природних процесів і компонентів стосовно виробництва товарів і послуг, які задовольняють прямі або непрямі потреби людини". Отже, функції – це сукупність біофізичних структур і процесів, які забезпечують послуги (de Groot 2010). Вони можуть стосуватися умов проживання, біологічних або системних властивостей чи процесів (Costanza et al 1997). Більшість авторів погоджуються, що товари і послуги створюються екологічними функціями (або процесами) (Costanza et al 1997, Daily 1997). Переважно термін «екосистемна функція» розглядається скоріше як "можливості", але часто використовується в більш загальному ставленні до процесів, які проходять в межах екосистеми (такі як кругообіг поживних речовин) (Jah 2005). Часто ці два терміни "екосистемні функції" і "екосистемні процеси" використовуються як синоніми навіть у межах одного дослідження (напр. див. Costanza et al 1997).

Послуги екосистем. Послуги екосистем (або екосистемні послуги) можуть бути визначені як "набір функцій екосистем, які є корисними для людини" (Kremen 2005). Вони є наслідком допоміжних процесів, які діють в різних часових і просторових масштабах (Farber 2006). Ці загальні визначення набули широкого використання, проте класифікації послуг та застосування цієї системи для прийняття рішень є свідченням низки невизначеностей. Зокрема, існують різні семантичні значення терміна «екосистемні послуги», залежно від конкретної мети (Fisher, 2009).

За словами Р. Костанза і Фольке, екосистемні послуги "репрезентують отримання людських переваг від екосистемних функцій, прямо чи опосередковано" (Costanza et al 1997). За визначенням Г. Дейлі (1997), екосистемні послуги (на означення яких він використовує термін "послуги природи") це – "умови і процеси", а також "життєзабезпечувальні функції". У визначенні документа ООН Millenium Ecosystem Assessment (MEA 2003), яке широко використовувалось у міжнародних наукових дослідженнях, підкреслюється тісний зв'язок екосистемних послуг та вигод, які створюються прямо чи опосередковано екологічними системами для людини. На основі підходу МЕА у рамках міжнародного проекту «Економіка екосистем та біорізноманіття» (ЕЕБ) екосистемні послуги визначають як прямий і непрямий внесок екосистем у добробут людини (ТЕЕВ 2010).

Бойд і Банзаф (Boyd and Banzhaf 2007) застосовують альтернативний підхід. За їхнім визначенням, екосистемні послуги – це екологічні компоненти (у тому числі екологічна структура), які безпосередньо споживаються або використовуються для створення людського благополуччя. Таким чином, непрямі процеси і функції не вважаються екосистемними послугами, а проміжними екологічними компонентами.

На відміну від визначення вищезгаданого, Фішер і співавтори (2009) припускають, що екосистемні послуги це "певне використання екосистем (активне чи пасивне) для створення благополуччя людини" (Fisher 2009). Тому послуги охоплюють організацію, структуру екосистем, а також процеси та/або функції, якщо вони прямо або опосередковано споживаються людиною.

На погляд Є.В. Мішеніна, Н.В. Олійника, екосистемні послуги доцільно визначати як економічні вигоди, які отримують економічні суб'єкти від використання існуючих функцій екосистем, а також таких, що утворюються в результаті генерування, відновлення, підтримки, регулювання екосистемних процесів, які формуються в результаті цілеспрямованої діяльності тих або інших суб'єктів господарювання різних форм власності та рівнів ієрархічного управління (Мішенін, Олійник 2010). Поряд з цим, згадані автори зазначають, що більшість визначень екосистемних послуг потребують проведення економічної (вартісної) ідентифікації екосистемних послуг.

Послуги ландшафту порівняно з послугами екосистем. Інший підхід полягає у визначенні функцій і послуг в масштабі ландшафту для того, щоб інтегрувати цю концепцію у вирішенні питань землекористування. Терміни "функції ландшафту, а також "послуги ландшафту" стають більш вживаними в науковій літературі (Bastian and Schreiber 1999, de Groot 2010, Willemsen et al 2010). Термін "ландшафтні послуги" є менш поширеним.

Окрім цього, у деяких статтях використовуються терміни "екологічні" або "зелені" послуги (Termorshuizen і Opdam 2009). Отже, як видно з вищенаведеного аналізу, терміни "функції ландшафту" і "послуги ландшафту" використовуються як синоніми функцій і послуг екосистем, проте автори мають різні тлумачення, а серед дослідників цієї тематики все ще триває дискусія щодо змісту термінів.

Вигоди. Вигоди – це те, що впливає на добробут людей (Fisher et al 2009). Добробут визначають, як безкінечний процес, спрямований у напрямок протилежний до бідності, яка, зі свого боку, визначена як "позбавлення добробуту" (MEA 2005). Ресурси добробуту охоплюють такі чинники, як естетика, задоволення, різні форми відпочинку, підтримка здоров'я людини, уникнення фізичних пошкоджень і їжа (Boyd and Banzhaf 2007). Дотримуючись цього визначення, вигоди можна розглядати як зв'язок між благополуччям людини та екосистемою, який з теоретичного погляду можна економічно оцінити. Вигоди, які люди отримують від екосистем, є похідними від послуг (Fisher et al 2009). Водночас зазначимо, що, як згадувалося вище, у звіті MEA (2003), а також деяких працях (Costanza et al 1997), послуги та вигоди розглядають як синоніми.

В окремих публікаціях українських авторів (Арестов, 2005) пропонують також виділити *інвестиції в екосистемні послуги*: "підтримувальні", спрямовані на збереження природного стану природних об'єктів; "відновлювальні", пов'язані з реставрацією, відновленням, реабілітацією деструктивних екосистем; інвестиції в екосистемні послуги, у вузькому розумінні, пов'язані з обмеженням використання природних ресурсів місцевим населенням та іншими особами, організаціями. Окремо розглядають "поліпшувальні" екологічні інвестиції, пов'язані з технологічним розвитком, та "компенсувальні" (створення технічних умов, конструкцій і механізмів з метою відшкодування екологічних втрат, створення технічних об'єктів, що замінюють їхні функції).

Дедалі частіше застосовують у природоохоронній діяльності такий інструмент, як створення ринків послуг екосистем.

Концептуальні зв'язки між ключовими термінами. Хейнс-Янг і Потшін (Haines-Young and Potschin 2010) запропонували схематичну основу для оцінки зв'язку екосистеми з благополуччям людини (рис. 1), яка була використана напр. у проекті "Економіка екосистем та біорізноманіття: еколого-економічні основи" (ТЕЕВ 2010).

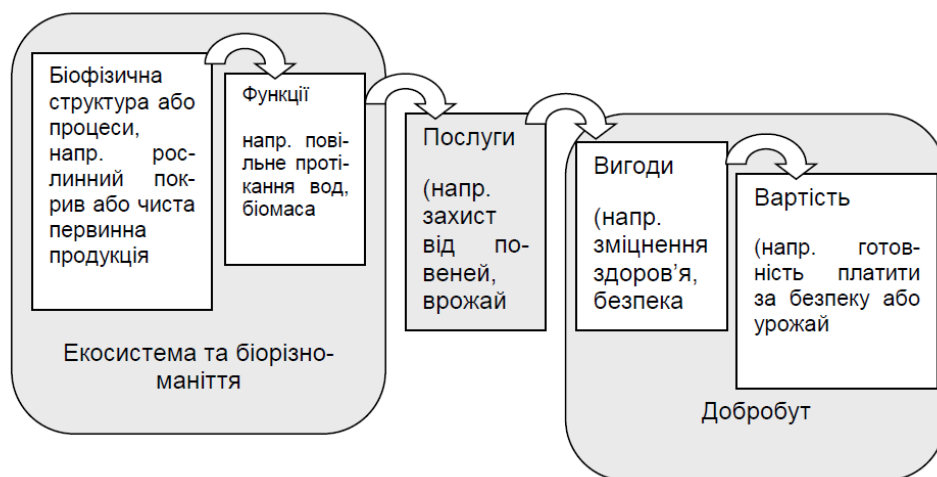


Рис. 1. Концептуальні взаємозв'язки між екосистемами, збереженням біорізноманіття і добробутом людини (Haines-Young, Potschin, 2017) [4]

Принципи оцінки екосистемних послуг. На сьогодні в рамках проекту «Економіка екосистем і біорізноманіття» (ТЕЕВ) Ріо-де-Жанейрської конвенції сформований ряд ключових принципів найкращої практики вартісної оцінки екосистемних послуг [5]:

- оцінка екосистемних послуг повинна враховувати показники граничних змін стану екосистемних послуг. Цей принцип передбачає використання альтернативних сценаріїв реальних чи прогнозованих змін режиму охорони і використання екосистемних послуг, кожному з яких відповідає власна вартісна оцінка. Оцінка «статичного» об'єкта, з яким за фактом і за планом не відбувається жодних змін і щодо якого не планується жодних змін, є малоінформативною;

- оцінка повинна враховувати специфіку екосистем, а також первинний стан екосистемних послуг. Цей принцип підкреслює відсутність універсальності в підходах до оцінки екосистемних послуг, кожна з яких є унікальною;

- економічну оцінку екосистемних послуг потрібно здійснювати відповідно до найкращих практик «перенесення вигод», у той час, як основні зусилля необхідно зосереджувати на проблемі агрегування оцінок граничних змін екосистемних послуг. Необхідно розробити методичні підходи, що дозволять з мінімальними змінами адаптувати результати виконаних раніше оцінок щодо об'єктів, які за своїми властивостями принципово є подібними до аналізованих [6]. Для цього якісно виконані оцінки визначених об'єктів мають бути систематизовані й узагальнені та стати підґрунтям для формування референтної бази;

- оцінки повинні проводитися відповідно до сприйняття бенефіціарів. Враховуючи той факт, що багато сучасних методик оцінки ґрунтуються на суб'єктивному сприйнятті цінності екосистемних послуг, їх результати повинні відображати сприйняття людей, які є споживачами оцінюваних благ;

- методичні підходи до оцінки екосистемних послуг, які сформовані з урахуванням інтересів та потреб місцевих спільнот, можуть бути використані для кращого сприйняття оцінок суспільством. Так, методики оцінки, які передбачають проведення опитування думки суспільства, покращують розуміння проблеми місцевим населенням та сприяють зростанню довіри до результатів оцінки екосистемних послуг;

- під час проведення оцінки екосистемних послуг необхідно враховувати фактори незворотності та асиміляційних ефектів. Будь-який вплив на екосистемні послуги викликає в них різні за масштабом та наслідками зміни. Так, до певного граничного рівня екосистемні послуги здатні до асиміляції зовнішніх впливів і до самовідновлення стану, близького до початкового [7]. Після досягнення граничних значень навантажень на екосистемні послуги настають незворотні зміни в екосистемах та відбувається їх деградація;

- обґрунтування біофізичних зв'язків допомагає в проведенні оцінки та сприяє зростанню довіри до її результатів. Чим більш точно при проведенні оцінки врахована внутрішня логіка функціонування екосистем, тим вища цінність оціночних робіт та їх результатів. Як правило, об'єктно орієнтовану вартісну оцінку екосистемних послуг виконують міждисциплінарні дослідницькі групи, які включають як економістів, так і спеціалістів з охорони навколишнього середовища;

- вартісній оцінці екосистемних послуг властива невизначеність, тому для зручності осіб, які приймають рішення, вона має включати аналіз чутливості. Результати оцінки часто залежать від багатьох факторів, зміна кожного з яких може призвести до зміни кінцевих значень [8]. Тому завжди кращим є той варіант, за яким отримана оцінка має не просто перелік розрізнених значень, а є системою аналітичних моделей, що дозволяють експериментувати, відстежуючи реакцію результуючого значення при зміні тих чи інших параметрів моделі;

- розробка та впровадження обґрунтованих методик оцінки екосистемних послуг із урахуванням принципів та особливостей їх функціонування може стати прогресивним інструментом управління екосистемними послугами та природокористуванням у цілому [9].

В екологічній економіці сформувався так званий «екосистемний підхід» до класифікації елементів природного капіталу. Відповідно до цього підходу, структурними одиницями поновлюваного природного капіталу є екосистеми [10]. Екосистемний підхід – це стратегія комплексного управління земельними, водними і живими ресурсами, яка стимулює їх збереження і стале використання на справедливій основі. На цій основі оцінюється глобальна вартість відновлюваного природного капіталу. Екосистемні послуги інтерпретуються як матеріальні, енергетичні та інформаційні потоки, породжувані запасами природного капіталу, які в поєднанні з фізичним (будівлі, обладнання, споруди) та людським капіталом забезпечують добробут людства. Класифікація і подальша оцінка екосистемних послуг можуть бути використані як стратегічний підхід для порівняння продуктивності різних альтернатив менеджменту ландшафту. Цей підхід ґрунтується на здійсненні прямих і непрямих заходів щодо розрахунку вартості забезпечуючих, регулювальних і культурних послуг екосистем.

Класифікація послуг екосистем. Якщо концепція екосистемних послуг призначена для забезпечення ефективних управлінських рішень, то послуги повинні бути визначені і класифіковані таким чином, щоб існувала можливість їх порівнянь і знаходження компромісних варіантів поєднання отримуваних потенційних вигод. Чимало вчених намагалися побудувати

типології екосистемних послуг (Boyd and Banzhaf 2007, Daily 1999, de Groot 2006). Низка публікацій і проектів стосувалися класифікації і кількісної оцінки екосистемних послуг з метою інтеграції цієї концепції в процес прийняття рішень (Costanza et al 1997, Wilson and Carpenter 1999, Heal 2000, de Groot 2002, MEA 2003, MEA 2005, de Groot 2006, Fisher et al 2009, de Groot 2010, Rounsevell et al 2010).

Фундаментальну залежність людства від послуг екосистем та їх стан і динаміку системно проаналізовано у звіті “Millennium Ecosystem Assessment” (MEA), підготованому під егідою ООН міжнародним науковим колективом. У рамках цього дослідження запропоновано класифікацію послуг екосистем, згідно з якою ідентифікують чотири групи послуг екосистем (рис. 2):

- забезпечувальні (*provisioning services*) – послуги від продукції, яку надають екосистеми: продовольство, вода, деревина, волокно, паливо, генетичні ресурси, питна вода;

- регулювальні (*regulating services*) – послуги регулювальних екосистемних процесів: формування клімату, захист від повеней та інших стихійних лих, контроль захворювань, поглинання відходів людської життєдіяльності, очищення води і повітря, боротьба зі шкідниками;

- культурні (*cultural services*) – вклад екосистем у збагачення культурних, духовних та естетичних аспектів людського добробуту: емоції від спілкування з природою, відчуття місцевості, середовище для формування способу життя, звичаїв і традицій;

- підтримувальні (*supporting services*) – послуги, які забезпечують основні екосистемні процеси: формування ґрунту, первинна продуктивність, базові біогеохімічні процеси (кругообіг поживних речовин, фотосинтез), середовище перебування.

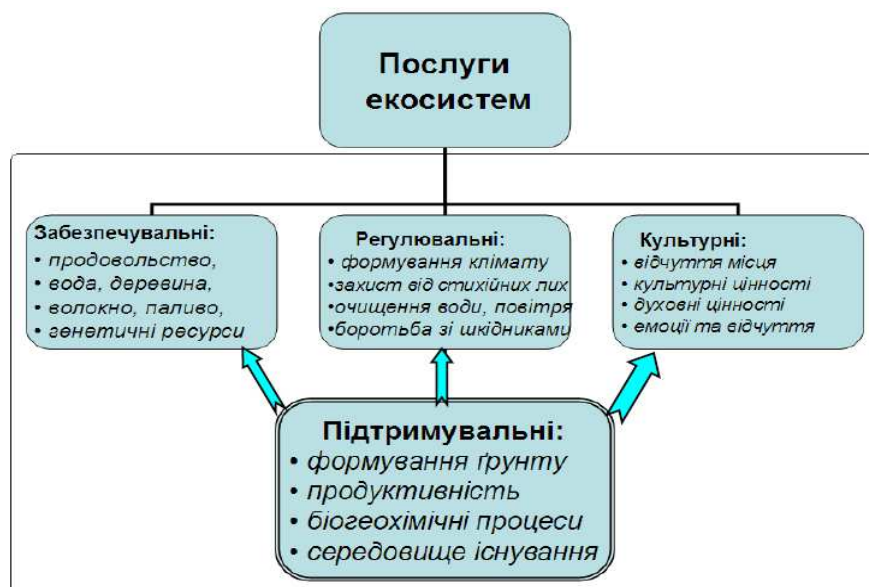


Рис. 2. Класифікація послуг екосистем (MEA, 2005)

Більшість забезпечувальних послуг мають ринкову оцінку, хоча й не всі. Решта ж послуг здебільшого не оцінена ринком. Підтримувальні послуги впливають на добробут людей опосередковано, уможливаючи формування потоків забезпечувальних, регулювальних і культурних послуг. Значна частина послуг екосистем не є продуктами споживання чи предметами використання, вони споживаються людьми опосередковано, непрямо, але якість життя людей фундаментально залежить від потоку цих послуг.

Ця робота продовжена у рамках проекту “The Economics of Ecosystem Services” (TEEB) як на міжнародному, так і на національних рівнях. Інститутом світових ресурсів (World Resources Institute) у 2010 р. розроблено базу даних індикаторів послуг екосистем (Ecosystem Services Indicators Database – ESID). Значна частина публікацій стосується класифікації і кількісної оцінки екосистемних послуг з метою інтеграції цієї концепції в процес прийняття рішень (Gatto et al 2009, Мішенін 2010, Groot et al 2012, Braat et al 2012, Farley et al 2014, Spash et al 2015, Spash 2016).

Висновки. Біосфера Землі та кожна екосистема забезпечують людство різноманітними товарами і послугами. Існування і добробут людини залежать від екосистемних послуг. Науковці в XXI столітті тільки розпочали складати переліки продуктів і послуг, які нам надають екосистеми. Оцінити їх вартість – справа майбутнього. Високо ціняться естетичні та культурні аспекти

природних екосистем – мальовничі ландшафти, рекреаційні можливості та ін. Значно меншою мірою беруть до уваги те, наскільки існування людини і її економіка залежать від природних екосистем з точки зору різних біологічних та фізико-хімічних процесів.

У документах міжнародних організацій подається просте формулювання: “екосистемні послуги – це ті вигоди, які люди отримують від екосистем”. Іншими словами, це послуги природних екосистем, які включають забезпечувальні, регулювальні, культурні та підтримувальні послуги [4].

В Україні тема екосистемних послуг є новою, визначення екосистемних послуг значною мірою залишається дискусійним. Тому метою дослідження стало проведення всебічного аналізу міжнародного і вітчизняного досвіду дефініції «екосистемні послуги» з метою подальшого врегулювання нормативно-правового середовища, обґрунтування комплексних методик та системних практик економічної оцінки екосистемних послуг.

У статті розглянуто визначення, які використовують у науковій літературі для характеристики окремих аспектів екосистемних послуг, зокрема процесів в екосистемах, функцій екосистем, послуг екосистем, вигод та інвестицій в екосистемні послуги. Наведено схему концептуальних зв'язків між ключовими термінами.

За результатом аналізу літературних джерел обґрунтовано прийнятні принципи оцінки екосистемних послуг та класифікацію послуг екосистем.

Література

1 United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme [Електронний ресурс] / UNEP/EA.3/25. Distr.: General, 15 October 2017. – Режим доступу: <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22251/k1708347e.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

2 Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis. Island Press, Washington, DC. 2005. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.millenniuassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

3 Павлов Д.С., Букварева Е.Н. Биоразнообразие, экосистемные функции и жизнеобеспечение человечества. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://macroevolution.narod.ru/bukv1.doc>

4 Haines-Young R. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure [Електронний ресурс] / Haines-Young R., Potschin M.B. – Nottingham, 2017. – Режим доступу : https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/lg23_cices_v5.1_final_revised_guidance_03-10-2017.pdf

5 The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) Interim report, - 2013, - [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/pdf/EU%20Valuation.pdf>

6 Mandryk, O. M., Arkhypova, L. M., Pukish, A. V., Zelmanovych, A. and Yakovlyuk, Kh., 2016. Theoretical and methodological foundations of sustainable development of Geosystems IOP Publishing. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Innovative Ideas in Science (IIS2016) 10–11 November, Baia Mare, Romania. International databases *Web of science*, volume 200(2017) 012018. [online]. Available at: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757899X/200/1/012018> [Accessed 11 September 2017].

7 Arkhypova, L. M. (2014a). Hranychna mistkist ta stalyy rozvytok rekreatsiinoi zony "Bukovel". *Ekologichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannya: nauково-tekhnichnyi zhurnal*, 2(10), 93–100. Ivano-Frankivsk: Symfoniia forte. [in Ukrainian].

8 Kinash, I. P., Arkhypova, L. M., Polyanska, A. S., Dzoba, O. G., Andrusiv, U. Y., & Iuras, I. I. (2019). Economic evaluation of tourism infrastructure development in Ukraine. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, , 477(1)

9 Korchemlyuk, M. V. and Arkhypova, L. M., 2016. Environmental audit of Ukrainian basin ecosystem of the Prut river. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 5(155), pp. 98–106. Available at: <http://nv.nmu.org.ua/index.php/uk/arkhiv-zhurnalu/za-vipuskami/1334-2016/zmist-5-2016> [Accessed 7 April 2017].

10 Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018 [електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/5th%20MAES%20report.pdf

L. Arkhypova, M. Prykhodko

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

ECOSYSTEM SERVICES – ANALYSIS OF THE INTERNATIONAL AND DOMESTIC EXPERIENCE OF CONCEPT IMPLEMENTATION

In Ukraine, the issue of ecosystem services is new, and the definition of ecosystem services remains debatable. Therefore, the purpose of the study was to conduct a comprehensive analysis of the international and domestic experience in defining the concept of “ecosystem services” in order to further regulate the regulatory environment and substantiate complex methods and system practices of the economic assessment of ecosystem services.

According to the existing ecosystem services classification proposed in the UN Program “Millennium Ecosystem Assessment” (2005), the services provided by ecosystems can be grouped into four broad categories, which to some extent coincide with the functions of natural capital and include: provisioning, regulating and cultural services, which directly affect people, and supporting services, necessary to preserve other services. The definitions used in the scientific literature to characterize the specific aspects of ecosystem services, in particular, ecosystem processes, ecosystem functions, ecosystem services, benefits, and investments in ecosystem services, are discussed in the article. The scheme of conceptual relations between the key terms is presented.

Based on the results of the performed literature analysis, the acceptable assessment principles of ecosystem services and the classification of ecosystem services are substantiated. The ecosystem services include: provisioning services, i.e. benefits provided by ecosystems (food, fresh water, wood, genetic resources, biochemical compounds, etc.); regulating services, i.e. benefits derived from the regulation of ecosystem processes (e.g. climate regulation, water management, water purification, etc.); cultural services, i.e. non-material benefits that people obtain from ecosystems (spiritual and religious, aesthetic, educational services, recreation and ecotourism, cultural heritage, etc.); supporting services required to preserve and operate all other ecosystem services (e.g. soil formation, nutrient cycling, photosynthesis, water cycle).

The research findings can be used to scientifically substantiate the assessments of ecosystem services in Ukraine with the aim of further implementation of the European environmental legislation.

Key words: key terms, ecosystem services, classification, assessment.

References

- 1 United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme [Elektronnij resurs] / UNEP/EA.3/25. Distr.: General, 15 October 2017. – Rezhim dostupu: <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22251/k1708347e.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- 2 Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis. Island Press, Washington, DC. 2005. – [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- 3 Pavlov D.S., Bukvareva E.N. Byoraznoobrazye, ekosystemnye funktsyy y zhyzneobespechenye chelovechestva. – [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupu: <http://macroevolution.narod.ru/bukv1.doc>
- 4 Haines-Young R. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure [Elektronnij resurs] / Haines-Young R., Potschin M.B. – Nottingham, 2017. – Rezhim dost: https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/lg23_cices_v5.1_final_revised_guidance_03-10-2017.pdf
- 5 The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) Interim report, - 2013, - [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupu: <https://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/pdf/EU%20Valuation.pdf>
- 6 Mandryk, O. M., Arkhypova, L. M., Pukish, A. V., Zelmanovych, A. and Yakovlyuk, Kh., 2016. Theoretical and methodological foundations of sustainable development of Geosystems IOP Publishing. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Innovative Ideas in Science (IIS2016) 10–11 November, Baia Mare, Romania. International databases Web of science, volume 200(2017) 012018. [online]. Available at: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757899X/200/1/012018> [Accessed 11 September 2017].

7 Arkhypova, L. M. (2014a). Hranychna mistkist ta stalyi rozvytok rekreatsiinoi zony "Bukovel". Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia: naukovo-tekhnichnyi zhurnal, 2(10), 93–100. Ivano-Frankivsk: Symfoniia forte. [in Ukrainian].

8 Kinash, I. P., Arkhypova, L. M., Polyanska, A. S., Dzoba, O. G., Andrusiv, U. Y., & Iuras, I. I. (2019). Economic evaluation of tourism infrastructure development in Ukraine. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, , 477(1)

9 Korchemlyuk, M. V. and Arkhypova, L. M., 2016. Environmental audit of Ukrainian basin ecosystem of the Prut river. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 5(155), pp. 98–106. Available at: <<http://nv.nmu.org.ua/index.php/uk/arkhiv-zhurnalu/za-vipuskami/1334-2016/zmist-5-2016>> [Accessed 7 April 2017].

10 Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018 [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: https://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/5th%20MAES%20report.pdf

Надійшла до редакції 23 грудня 2019 р.

УДК: 502:628.516:665.7::631.465::631.86
DOI: 10.31471/2415-3184-2019-2(20)-33-42

*М. Т. Мицицей, Т. В. Кундельська
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ВПРОВАДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ АКТИВНОСТІ ҐРУНТОВИХ ЕНЗИМІВ В РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОЇ ДОЗИ ВНЕСЕННЯ АГЕНТІВ-СУБСТРАТІВ ПІД ЧАС РОЗРОБКИ НОВИХ СПОСОБІВ БІОРЕМЕДІАЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ, ЗАБРУДНЕНОГО НАФТОЮ І НАФТОПРОДУКТАМИ

Підтверджено взаємозв'язки між біологічною активністю ґрунтів, яку доцільно виражати як через показник активності ферменту каталази, так і через стан ензимологічного комплексу ґрунту в цілому в умовах природного фону та в забруднених нафтопродуктами ґрунтах. Виявлено, що внесення того чи іншого поживного субстрату у забруднений ґрунт позначається на підвищенні показника ферментативної активності, що підтверджує зростання мікробної популяції, проходження процесів інтоксикації забрудненого середовища внаслідок біологічної деструкції забруднювальної речовини. За результатами лабораторних досліджень було встановлено, що для використання з метою біореємедіації найдоцільніше застосовувати дослідний субстрат, який отриманий шляхом змішування рівних за масою частин окремих біогумусових субстратів. При цьому відзначається не лише найбільша збіжність кінцевого показника активності ферменту каталази з фоном та найвищий ступінь біодеградації, а також зменшення терміну до початку стабілізації показника каталазної активності, що відповідає заключному етапу сукцесії мікробної біомаси в ґрунті. За результатами аналізу даних наукової літератури та тривалих дослідів було вибрано оптимальну дозу внесення для рекомендованого типу субстрату. Розроблено новий підхід щодо внесення та коригування доз активних агентів-субстратів в процесі біореємедіації нафтозабруднених земель, при якому використовують показники біологічної активності в ґрунті, що дозволяє враховувати самовідновлювальну здатність ґрунту її спрямованість, а також рівень природної забезпеченості відновлюваної ділянки необхідними умовами для ефективної біодеградації вуглеводневих сполук. Спрощено технологічний процес відновлення що дозволяє більш раціонально використовувати активні компоненти та пришвидшити практичну реалізацію на конкретних забруднених ділянках.

Ключові слова: забруднений ґрунт, каталазна активність, нафтопродукти, дослідний субстрат, біореємедіація, фоновий показник.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Необхідність розробки нових методів та підходів для відновлення ґрунтів, забруднених нафтою і нафтопродуктами, в Україні очевидна, тому що в міру тих чи інших факторів проблема вуглеводневого забруднення становить ризик для користувачів забруднених ділянок і протягом довготривалого періоду знижує економічний та екологічний потенціал територій. Це значною мірою зумовлено впливом вуглеводневих сполук, який виявляється у фітотоксичності (запобігання / гальмування росту рослин), обмеженій здатності ґрунту поглинати забруднювачі, у зв'язку з чим вони можуть потрапляти в поверхневі та підземні води, екотоксикологічними ефектами (вплив на популяції рослин тварин, мікроорганізмів), впливі на здоров'я людей (при потрапленні всередину під час проковтування, вдиханні та шкірному контакті).

Під час оцінки ступеня впливу забруднення нафтопродуктами на ґрунт і екологічний стан території в цілому недостатньо враховувати лише концентрацію нафтових вуглеводнів в ґрунті, необхідно проводити дослідження хімічних і фізичних властивостей ґрунтів, а також біотестування. Стан ґрунтового мікробоценозу і фітотоксичність ґрунту вважаються одними з найбільш точних та інформативних індикаторів нафтового забруднення. Під час практичної реалізації відомих технологічних схем біореємедіації часто виникають суттєві ускладнення та зростають економічні витрати, що пов'язано з їх недосконалістю. Прикладні питання, які потребують вирішення, – це насамперед отримання достатньої кількості природного компоненту, що вноситься в ґрунт, з уникненням побічних впливів на навколишнє середовище; отримання повної інформації про забруднений ґрунт та фактори, що можуть вплинути на процес відновлення, і перш за все інформації про потенційну здатність ґрунту до самовідновлення, яка визначається широким спектром зовнішніх та внутрішніх факторів. При цьому потрібно досягти спрощення

технічного та лабораторного контролю процесу біоремедіації з метою зниження економічних витрат та прискорення практичної реалізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд літературних даних дозволяє стверджувати, що процеси біологічного очищення нафтозабруднених ґрунтів набувають широкого кола вивчення у всіх розвинених країнах світу. Біоремедіація є перспективною, міжнародно визнаною технологією очищення ділянок, забруднених нафтою та нафтопродуктами. В основу біоремедіації покладено принцип повної мінералізації, або перетворення нафтопродуктів у менш токсичні форми різними групами мікроорганізмів. Крім того, біоремедіація є найефективнішим, найменш вартісним і екологічним методом. Її переваги – це збереження текстури і характеристики ґрунту, покращення фізичних і хімічних властивостей таких, як аерація, рН, вологостійкість, іонообмінні властивості тощо [1-5].

Одним з підходів, який застосовують до біоремедіації є біостимуляція, яку використовують для активації або прискорення розкладання токсичних сполук у ґрунті нативною групою мікроорганізмів. Ця стратегія полягає у стимулюванні катаболітичної активності ґрунтової мікробіоти через додавання багатих поживними речовинами органічних і неорганічних матеріалів, що постачають кисень або інші акцептори електронів, і підтримують відповідні температурні умови, реакцію середовища та режим вологості [6,7]. У якості поживних речовин рекомендують досить широке коло субстратів: мінеральні та органічні добрива [8, 9], солому і тирсу, пептонну воду, відходи дріжджових виробництв, біогумус, сидерати, білково-вітамінний концентрат, гній [10], пташиний послід з додаванням торфу [11] та ін., внесення яких призводить до значного зниження загальної кількості вуглеводнів за рахунок прискорення зростання мікробної популяції [12].

Відомо, що оптимальну дозу внесення того чи іншого поживного субстрату в ґрунт з метою рекультивзації можна визначити лише за результатами польових стаціонарних та короткотермінових дослідів. Ця доза визначається як середнє значення з кількох дослідів, а отже є оптимальною для певної ділянки. Щоб конкретизувати показник для окремої ділянки, середню дозу коригують внесенням поправок, що в агроекології найчастіше базуються на урахуванні вмісту елементів живлення в ґрунтах та розраховуються відповідно до запланованого рівня врожайності окремих культур [13]. У технологіях біоремедіації такі підходи до корекції доз поживних субстратів мають базуватись на інших принципах. Застосовують визначення величини дози внесення поживних субстратів в забруднений ґрунт залежно від ступеня забруднення, який при відповідних рекомендованих дозах є дуже варіабельною величиною. Це часто зумовлює необхідність повторного застосування технології на ділянках та постійного лабораторного контролю за процесом біоремедіації.

Важливими біотичними компонентами, які відповідають за біохімічні реакції ґрунту є ґрунтові ферменти. Ферментативна активність ґрунту визначається сумарним запасом ферментів, які виділяються у процесі життєдіяльності рослин і мікроорганізмів, а також тих, які акумулюються ґрунтом після руйнування відмерлих клітин і становлять загальний ферментний пул ґрунту [14]. Окрім того, ферментативна активність ґрунту тісно корелює із фізико-хімічними властивостями ґрунту і таким чином є похідною як біотичних, так і абіотичних факторів [14-16].

Вплив нафтових вуглеводнів на ґрунтову ферментну активність добре вивчено. Тому ферментативна активність ґрунту застосовується як чутливий індикатор під час визначення ступеня деградації та якості ґрунту за впливу різних забруднювальних речовин [16, 17].

Активність ферменту каталази використовують як показник загальної біологічної активності ґрунту в умовах різних рівнів забруднення нафтою та органічними речовинами. Висока активність каталази є важливою з огляду на її антиоксидантну функцію. Кисень, який утворюється за участю каталази, може використовуватися ґрунтовими мікроорганізмами, що є важливим у забезпеченні відповідних умов для швидкого очищення нафтозабруднених ґрунтів. Експериментально встановлено, що серед багатьох груп ферментів для діагностики екологічних наслідків забруднення ґрунтів нафтою і нафтопродуктами доцільно використовувати інформативні показники окисно-відновного ферменту каталази, оскільки вона є більш чутливою для цього типу антропогенного ефекту і більш стійкою порівняно з іншими показниками біологічної активності [18].

Біологічна роль ферменту каталази полягає у захисті організму від шкідливого впливу пероксидних сполук, що утворюються при внутрішньоклітинному окисненні, і залежить від хімічних та фізичних властивостей ґрунтів. Зміна властивостей ґрунту на фоні техногенного та урбаністичного навантаження впливає на активність каталази [14].

Постановка завдання. З метою рекультиватії нафтозабруднених земель доцільно розробляти інші підходи та методи уточнення середньої дози, оскільки попередні значно підвищують вартість та трудомісткість технологій рекультиватії.

Мета дослідження – імплементація високочутливого показника активності ферменту каталази в розрахунок оптимальної дози внесення агентів-субстратів під час розробки нових способів біоремедіації ґрунтового покриття, забрудненого нафтою і нафтопродуктами.

Завдання дослідження: розробити новий підхід щодо внесення доз агентів-субстратів в процесі біоремедіації нафтозабруднених земель, який дозволить враховувати показники біологічної активності в ґрунті, за якими можна охарактеризувати самовідновлювальну здатність ґрунту, її спрямованість, а також рівень забезпеченості необхідними умовами для ефективної біодеградації вуглеводневих сполук.

Виклад основного матеріалу. В основі наукового дослідження – модельні експерименти із визначення ефективності біологічної деструкції нафтопродуктів у дослідних зразках ґрунту з використанням біогумусових субстратів різних за генетичним складом та процесом утворення. У процесі модельних експериментів визначали динаміку біологічної активності в ґрунті після обробки впродовж експериментального терміну, що становив 90 діб. Біологічну активність визначали за показником активності ферменту каталази. Визначення проводили шляхом титрування 25 мл фільтрату 0,1н розчином KMnO_4 у кислому середовищі (метод Jonson, Temple) [14]. Активність каталази виражено в мл 0,1н KMnO_4 на 1 г ґрунту за 20 хв. (табл.1).

Практична частина дослідження була реалізована з червня по жовтень 2019 року в межах Тисменицького району Івано-Франківської області. Для дослідження процесу біоремедіації на забрудненій території відібрано ґрунт загальним об'ємом 120 л. Під час відбору, підготовки проб та проведення досліджень керувалися національним стандартом ДСТУ ISO 11266 – 2001 [21]. Для реалізації мети нашого дослідження було відібрано проби ґрунту для визначення фонових показників активності каталази за межами контуру забрудненої ділянки з урахуванням зони можливої горизонтальної міграції забруднювача.

Перед початком модельних експериментів одразу після транспортування ґрунт пройшов декілька етапів попередньої підготовки, яка включає:

- повне видалення органічних включень рослинного і тваринного походження;
- видалення кам'янистої фракції з розміром матеріалу від 0,3 мм;
- перетирання глинистих агрегатів крізь сито з діаметром отворів 0,3 мм;
- багаторазове перемішування дослідного об'єму ґрунту;
- стабілізація проби шляхом випаровування легких фракцій та підтримання аеробної рівноваги. Пересушування ґрунту та додаткове зволоження недопускалися, оскільки вони є фізіологічним навантаженням для мікробного середовища, внаслідок чого відбуваються зміни в мікробній C-і N-динаміці [22]. Повторне зволоження після висушування спричиняє сплески дихання та зростання певних популяцій бактерій [23].

Різні варіанти досліду відповідають типу субстрату, яким проводилась обробка в модельних експериментах з визначення потенційних властивостей біогумусових субстратів різних генетичних складів в процесі біоремедіації нафтозабруднених ґрунтів: 1) контроль – забруднений ґрунт без обробки; 2) біогумус черв'яка каліфорнійського (Вермихаус, Новоселиця, Чернівецька область); 3) біогумусовий субстрат природного утворення на основі рослинної біомаси м. Івано-Франківськ.); 4) біогумусовий субстрат на основі органічних відходів домогосподарств; 5) компостна суміш на основі безпідстилкового та/або підстилкового пташиного посліду птахофабрики; 6) поєднання агентів 3, 4, 5 у рівних співвідношеннях за масою.

У процесі досліджень використовувалась аналітична маса внесення дослідних субстратів за масовим співвідношенням 1:50 (одна частина маси субстрату на 50 масових частин ґрунту). Протягом експериментального терміну підтримували вологість на рівні 60 – 65% шляхом регулярного зволоження. Через кожних 4-5 днів проводили перемішування для забезпечення доступу повітря до ґрунтових частинок. Ступінь біодеструкції нафтопродуктів визначали за фітотоксичністю.

Аналіз динаміки активності ферменту каталази свідчить про однонаправленість процесу, що виявляється у сплеску активності впродовж перших 15 діб з невеликим відхиленням для дослідних варіантів № 2 та № 6 (табл.1; рис.1). У подальшому відбувається процес поступового зниження, що може пояснюватись зменшенням числа вуглеводневоокислювальних мікроорганізмів внаслідок

детоксикації середовища. Максимальний показник каталазної активності що становить 3,45 дослідних одиниць зафіксований у варіанті № 2 на 15 добу досліджень.

Таблиця 1

Результати дослідження активності ферменту каталази у різних варіантах експерименту

Періодичність визначення активності каталази	мл 0,1н KMnO_4 на 1г сухого ґрунту за 20 хв.					
	Варіанти досліду (номер контейнера)					
	1	2	3	4	5	6
1. Забруднений ґрунт до обробки	0,95					
2. Через 3 дні після обробки	1,12	1,41	1,55	1,82	1,59	1,87
3. Через 6 днів після обробки	1,36	1,98	1,93	2,33	2,11	2,56
4. Через 9 днів після обробки	1,9	2,81	2,63	2,69	3,13	3,44
5. Через 15 днів після обробки	2,69	3,45	3,41	3,1	3,32	3,37
6. Через 25 днів після обробки	2,43	3,12	3,12	2,87	3,14	3,1
7. Через 40 днів після обробки	2,15	2,81	2,73	2,75	2,9	2,73
8. Через 55 днів після обробки	1,87	2,56	2,51	2,66	2,71	2,49
9. Через 75 днів після обробки	1,64	2,4	2,35	2,64	2,34	2,41
10. Через 90 днів після обробки	1,57	2,35	2,28	2,63	2,21	2,4
Фоновий показник для території	2,42					

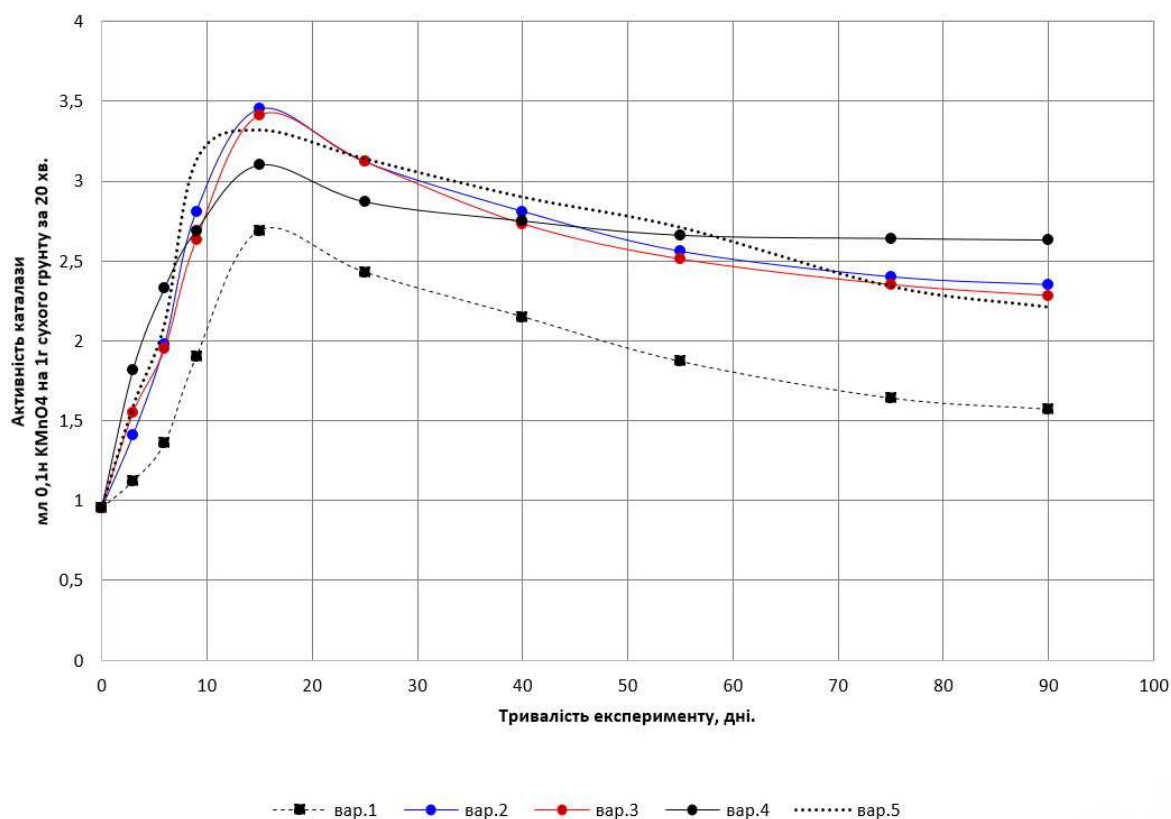


Рис. 1. Графік активності ферменту каталази у дослідних зразках ґрунту

Найнижчим максимальним показником характеризується варіант №4 – 3,1 дослідних одиниць. Результати показують, що приблизно через 70 днів починається стабілізація показника активності ферменту. Кінцеве значення показника є важливим з декількох причин: відповідність залишковому ступеню забруднення ґрунту у зв'язку з високою чутливістю показника; збіжність з фоновим показником по території; рівень умов, сприятливих для відновлення нативної популяції мікроорганізмів.

Отже, чим ближчим є кінцеве значення активності ферменту до фонового по території тим вищі потенційні властивості біогумусового субстрату, який застосовувався в експерименті, бо одночасно з цим воно відповідає зниженню концентрації поллютанта до залишкового рівня, що визначає ефективність кожного з субстратів і технології в цілому. Інтерпретація цього показника недоцільна за відсутності кінцевого етапу суцесії мікробного комплексу – стабілізації.

Максимальне кінцеве значення активності каталази виявлено у варіанті з використанням субстрату №4, що може бути зумовлено високим вмістом нерозкладених компонентів і свідчить про незавершеність процесу гуміфікації та сприяє більш інтенсивній діяльності мікроорганізмів, життєдіяльність яких не пов'язана з біодеградацією вуглеводнів, відносно інших варіантів дослідів.

Аналіз зміни активності каталази у варіанті №1 доводить, що при забезпеченні оптимальної вологості та повітрообміну в ґрунті відбувається прискорення самовідновлювальної здатності за рахунок зростання чисельності мікробіоти. Проте, через відсутність джерел мінерального живлення, поверхонь іммобілізації забруднення (мікрочастинки целюлози, немінералізовані рештки) більш складні сполуки не руйнуються, виникає міжвидова конкуренція в групах мікроорганізмів, що позначається на кінцевому результаті.

Результати дослідження показують що з метою біоремедіації найдоцільніше використовувати дослідний варіант №6, який отриманий шляхом змішування рівних частин досліджуваних субстратів №3, №4, №5. Відзначається не лише найбільша збіжність кінцевого показника активності ферменту каталази з фоном, а також коротші терміни до початку його стабілізації. Цей субстрат є поєднанням високоактивних біологічних комплексів, які в сумі виявили кращі потенційні властивості, ніж окремо кожен з них. Крім того, він розглядається не лише як джерело мінерального живлення і мікробної спільноти, а також як найкращий структуроутворювач ґрунту та іммобілізатор забруднення порівняно з іншими варіантами дослідів.

З огляду на можливість отримання великої кількості біогумусового субстрату цього типу, простоти щодо організації цього процесу, економічну доцільність та екологічну ефективність ми розробили технологічну схему, що визначає порядок дій для відновлення екологічного балансу в забруднених нафтою та нафтопродуктами ґрунтах.

З метою зменшення розрахункового масового співвідношення (1:50), ми оцінювали ефективність біоремедіації під час використання агентів-аналогів самостійно та в комплексі із внесенням структуроутворювачів, сидерацією та фітомеліорацією, а також при зміні маси основного агента впливу. Результати досліджень показують, що під час використання структуроутворювачів наприклад таких, як соснова, березова стружка, торф та мох сфагнум [23] в кількості до 10% від маси ґрунту, ефективність очищення може збільшуватися до 45% порівняно з варіантами без їх застосування. За результатами аналізу наукових даних було знижено до оптимального рівня дозу внесення рекомендованої суміші у ґрунт, яка становить 3,4 кг на 1 м² при товщині шару ґрунту $h = 0,2\text{ м}$. (34 т/га). Відповідно на 1 см товщини ця величина становить 0,17 кг/м². При цьому враховували збільшення ефективності ремедіації при одночасному використанні суміші і структуроутворювальних агентів.

Серед результатів екологічних досліджень, ми вперше пропонуємо використовувати відношення фонового показника ферментативної активності ґрунту до середнього на забрудненій ділянці. Фоновий показник буде визначатись шляхом відбору проб ґрунту на ділянках за межами контуру забруднення в місцях, де за результатами попереднього польового обстеження не виявлено вуглеводневих забруднювачів. Паралельно потрібно проводити визначення показника ферментативної активності на забрудненій ділянці. Для цього відбирають об'єм ґрунту з площі забрудненої ділянки. Враховують неоднорідність забруднення, різний ступінь механічного порушення верхнього шару, що залежить від характеру надходження забруднення. Під час відбору зазначеного об'єму забрудненого ґрунту важливо врахувати розміри та вміст глинистих частинок і різних органічних включень.

Виявлені та проаналізовані закономірності визначають можливість використання показника активності ферменту каталази під час розрахунку та уточнення маси внесення біогумусового субстрату на конкретній ділянці за таким алгоритмом. Відношення фонового показника активності ферменту каталази ($K_{\text{ф}}$) до середнього показника активності ферменту (K_3) на забрудненій ділянці характеризує ступінь впливу забруднення на ґрунт (N_3), а також дозволяє врахувати процеси самовідновлення. Наближення показника N_3 до одиниці вказує, що вплив забруднення на мікробіологічні процеси в ґрунті та його самовідновлювальну здатність незначний, що зумовлено

комплексом факторів, серед яких основні – це концентрація забруднювача та властивості ґрунту, а також відповідає тому чи іншому етапу біологічної сукцесії мікробної біомаси. Так, якщо відношення K_ϕ до K_3 менше від одиниці при низьких концентраціях забруднювача, то можна говорити про стимулюючу дію на окремі групи мікроорганізмів за умови, що забруднення свіже. Цей показник може свідчити також про заключний етап самовідновлення, якщо з моменту забруднення минув необхідний для біодеструкції термін.

Якщо показник $N_3 > 1$, то при розрахунках маси внесення біогумусового субстрату, що розглядається, буде використовуватись таке відношення:

$$N = \frac{N_3}{N_c}, \quad (1)$$

де: N – ступінь відхилення умов ділянки, яка підлягає відновленню, від експериментальних;

N_3 – коефіцієнт, що характеризує ступінь впливу на ґрунт на забрудненій ділянці, яка підлягає відновленню.

N_c – сталий коефіцієнт отриманий у процесі проведення модельних експериментів з визначення оптимальної кількості внесення дослідного субстрату в ґрунт; в розширеному варіанті формула набуває вигляду:

$$N = \frac{K_\phi}{K_3} \times \frac{K'_3}{K'_\phi}, \quad (2)$$

де K_ϕ та K'_ϕ – відповідно фоновий показник активності ферменту каталази на ділянці, яка підлягає відновленню, та під час проведення модельних експериментів;

K_3 та K'_3 – відповідно показники активності ферменту каталази в забрудненому ґрунті на ділянці, яка підлягає відновленню, та під час проведення модельних експериментів.

Уточнення маси внесення рекомендованого біогумусового субстрату в забруднений ґрунт залежно від середньої глибини забрудненого шару, площі забрудненої ділянки та ступеня відхилення умов ділянки, яка підлягає відновленню, від експериментальних, що виражається через показник активності ферменту каталази, який безпосередньо залежить від типу ґрунтів, різної буферності, вмісту мінеральних речовин, фізико-механічних властивостей, еродованості, температурного режиму, зволоження і рівня забруднення можна розрахувати за узагальненою формулою:

$$m = Q \times S \times \left(\frac{K_\phi}{K_3} \times \frac{K'_3}{K'_\phi} \right) \times h_c, \quad (3)$$

де m – маса біогумусового субстрату, кг;

де Q – стандартна оптимальна норма внесення, кг на 1 м², що відповідає товщині шару 1 см, встановлена в процесі модельних експериментів і дорівнює 0,17;

S – площа ділянки, м²;

K_ϕ та K'_ϕ – відповідно фоновий показник активності ферменту каталази на ділянці, яка підлягає відновленню, та під час проведення модельних експериментів;

K_3 та K'_3 – відповідно показники активності ферменту каталази в забрудненому ґрунті на ділянці, яка підлягає відновленню, та під час проведення модельних експериментів;

h_c – середня товщина забрудненого шару, см.

У скороченому вигляді формула виглядає таким чином:

$$m = 0.067 \times S \times \frac{K_\phi}{K_3} \times h_c, \quad (4)$$

де: 0,067 – коефіцієнт оптимальної маси досліджуваного субстрату, що відповідає експериментальним умовам, при $N_c = 2,54$;

Враховуючи те, що невисокі концентрації нафтопродуктів чинять стимулюючу дію і часто складно встановити скільки часу минуло з моменту забруднення то при $N_3 \leq 1$ при відомій підвищеній концентрації забруднювача, стандартна доза внесення субстрату, яка визначена в процесі модельних експериментів, не уточнюється за наведеною формулою, оскільки ґрунт володіє високою самовідновлювальною здатністю і достатньо просто прискорити природний процес.

Цей розрахунок може використовуватись для інших субстратів-прототипів за умови проведення серії модельних експериментальних досліджень з визначення оптимальної дози внесення, за якої при збереженні найвищої ефективності стадія стабілізації біомаси мікроорганізмів за показником активності ферменту каталази відбувається найшвидше.

Розроблена технологія передбачає виконання такої програми, яка являє собою детальний опис та організацію процесу відновлення територій, земельних ділянок, сільськогосподарських угідь, які зазнали забруднення нафтою на нафтопродуктами.

Для забезпечення необхідного рівня ефективності процесу біоремедіації з використанням рекомендованого біогумусового субстрату в природних умовах неможливо обійтися без використання структуроутворювачів-аераторів – субстратів, які здатні стабілізувати температурно-вологісний режим на належному рівні, а також можуть бути додатковим джерелом азоту для рослин на заключному етапі біоремедіації (фіторемедіації). Їх використання дозволяє суттєво зменшити витрату основного інгредієнта – біодеструктора, що визначає раціональний розподіл ресурсів у технології.

З цією метою запропоновано спосіб «часткового вилучення» з непорушеного біогеоценозу. Його суть зводиться до того, що частина живої рослинної біомаси, сухоостою, опад чи відпад маси залежно від типу місцевості вилучається з незабруднених ділянок у кількості, яка не спричинить негативні зміни на ділянках вилучення. Переваги такого способу використання очевидні:

- збільшується швидкість організації процесу біоремедіації;
- ці ресурси можна отримати безпосередньо біля забруднених ділянок;
- не порушується природний баланс через відсутність чужорідних для певної місцевості компонентів (виключається можливість вторинних забруднень, рослинних інвазій, неспрямованої інтродукції тощо).
- ці ресурси володіють достатніми потенційними властивостями, що дозволяє їхнє використання в технології.

Використання рослин фітомеліорантів на етапі доочистки проводиться за відомими технологічними схемами залежно від мети подальшого використання ділянки. Якщо відсутня потреба у користуванні відновленими ділянками, наприклад, коли вони розташовані не нерозораних територіях тоді доочистку способом фіторемедіації рекомендуємо проводити шляхом посіву та висадкою типових для цієї місцевості багаторічних рослинних комплексів, що згодом приведе екосистему до початкового стану. У загальному правильний вибір рослин фітомеліорантів на етапі доочистки можна зробити лише після завершення основного етапу ремедіації ґрунтів та зіставлення факторів, що визначатимуть вегетацію тієї чи іншої культури із вимогами щодо подальшого використання територій.

Методика, яка запропонована, створена для відновлення ділянок з випадковим технологічним чи аварійним надходженням нафтопродуктів у ґрунти, на сільськогосподарських ділянках, що прилягають до зон нафтовидобутку, ділянок зберігання та ремонту лісоочисної і лісозаготівельної техніки, колишніх складів паливно-мастильних матеріалів, або як біологічний етап рекультивативних складних територій, де вимагається застосування декількох методів.

Спосіб реалізується таким чином. В другій половині весни, коли ґрунт достатньо прогрітий, проводять первинну культивування (підрізування бур'янів, розпушування та перемішування забрудненого шару, боронування та дренажування ділянки за необхідності). Паралельно з визначенням концентрації нафтопродуктів встановлюють відхилення активності каталази від фону по території за розробленою методикою. Далі вносять рекомендований біогумусовий субстрат у розрахованій кількості з наступним перемішуванням до глибини проникнення забруднення. Якщо ґрунт сильно пересушений його зволожують за декілька днів до обробки. Внесення структуроутворювальних субстратів у кількості не більше 10% від маси ґрунту проводиться через 3 тижні після обробки (у вигляді подрібненого сухоостою, трави, солом, деревної стружки тощо), які отримані шляхом часткового вилучення з прилеглих ділянок. У процесі ремедіації вологість ґрунту особливо у перший місяць повинна підтримуватись на рівні 60–65%. Рихлення ґрунту за допомогою механізованої техніки на глибину забруднення проводять не менше 1 разу на 2 тижні впродовж 70 діб.

Висновки. У результаті серії проведених експериментальних досліджень виведено формулу для розрахунку оптимальної дози внесення рекомендованого біогумусового субстрату, який є сумішшю біогумусових субстратів різних за генетичним складом та способом утворення. В основі розрахунку лежить відношення фонових показників активності ферменту каталази до середнього

показника активності ферменту на забрудненій ділянці, що характеризує ступінь впливу забруднення на ґрунт, а також дозволяє врахувати одночасно велике коло чинників, що впливають на біоремедіацію нафтозабруднених ґрунтів.

Наукова розробка відноситься до біотехнологічних методів охорони навколишнього середовища, зокрема до ремедіації ґрунтів, забруднених нафтою і нафтопродуктами, з використанням природних інгредієнтів, і може знайти застосування у сфері охорони природи в нафтогазовому комплексі під час ліквідації аварійних, технологічних чи випадкових розливів нафтопродуктів на ґрунти; в агроекології для ліквідації можливих розливів нафтопродуктів під час ремонту, обслуговування сільськогосподарської механізованої техніки; екологічному менеджменті ґрунтів за екологічного контролю техногенно забруднених ґрунтів земельних ділянок різного призначення та їх використання; у науково-дослідній практиці – для вивчення впливу природних інгредієнтів на деструкцію нафти і нафтопродуктів у ґрунтах, динаміки та спрямованості мікробіологічних, ферментативних реакцій за дії цих інгредієнтів; розробки та удосконалення науково-методичних основ моніторингу забруднених ґрунтів (діагностика, оцінювання, прогнозування екологічного стану); регламентації використання та процесів ремедіації ґрунтів для поліпшення їх стану.

У результаті досліджень підтверджено, що застосування заявленої суміші біогумусових субстратів за розробленою технологією є більш раціональним за свої аналоги та простішим, а також сприяє вирішенню суміжних екологічних питань щодо утилізації органічних відходів домогосподарств, птахокомплексів та придатної для біоремедіації частини рослинної біомаси урбанізованих територій.

Література

- 1 Esmaeil, A.S.; Akbar, A. Occurrence of *Pseudomonas aeruginosa* in Kuwait soil. *Chemosphere* 2015, 120, 100–107.
- 2 Abdulsalam, S.; Omale, A.B. Comparison of biostimulation and bioaugmentation techniques for the remediation of used motor oil contaminated soil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 2009, 52, 747–754.
- 3 Perelo, L.W. In situ and bioremediation of organic pollutants in aquatic sediments. *J. Hazard Mater.* 2010, 177, 81–89.
- 4 Silva-Castro, G.A.; Uad, I.; Rodríguez-Calvo, A.; González-López, J.; Calvo, C. Response of autochthonous microbiota of diesel polluted soils to land-farming treatments. *Environ. Res.* 2015, 137, 49–58.
- 5 Nwogu, T.P.; Azubuike, C.C.; Ogugbue, C.J. Enhanced bioremediation of soil artificially contaminated with petroleum hydrocarbons after amendment with *Capra aegagrus hircus* (Goat) Manure. *Biotechnol. Res. Int.* 2015, 2015, 1–7.
- 6 Baptista, S.J.; Cammarota, M.C.; Freire, D.D.D.C. Production of CO₂ in crude oil bioremediation in clay soil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 2005, 48, 249–255.
- 7 Andreolli, M.; Lampis, S.; Brignoli, P.; Vallini, G. Bioaugmentation and biostimulation as strategies for the bioremediation of a burned woodland soil contaminated by toxic hydrocarbons: A comparative study. *J. Environ. Manag.* 2015, 153, 121–131.
- 8 Киреева, Н. А. Биологическая активность нефтезагрязненных почв [Текст] / Н. А. Киреева, В. В. Водопьянов, А. М. Мифтахова. – Уфа: Гилем, 2001. – 376 с.
- 9 Салангинас, Л. А. Изменение свойств почв под воздействием нефти и разработка системы мер по их реабилитации [Текст] / Л. А. Салангинас. – Екатеринбург: Элита-Комплекс, 2003. – 412 с.
- 10 Сухоносова, А. Н. Очистка почв от нефтяного загрязнения и оценка ее эффективности [Текст] / А. Н. Сухоносова, В. А. Бурлака, Д. Е. Быков, И. В. Бурлака, Н. В. Бурлака // Экология и промышленность России. – 2009. – С. 18–20.
- 11 Бухгалтер, Э. Б. Рекультивация почвы, загрязненной газовым конденсатом [Текст] / Э. Б. Бухгалтер, Р. В. Галиулин, В. Н. Башкин, И. Е. Сидорова, А. В. Грунвальд, А. Ю. Семенцов, Р. А. Галиулина // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 2. – С. 16–18.
- 12 Шевчик, Л. З.; Романюк, О. І. Аналіз біологічних способів відновлення нафтозабруднених ґрунтів. *ScienceRise. Biological science*, 2017, 1: 31-39.
- 13 Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення / ред. акад. М. М. Городнього. – К.: 239с.
- 14 Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. Издательство: Наука, 2005 г. ISBN: 5020339407. УДК: 631.4:577. 252 с.

- 15 Mekich, M., N. Gjura, and O. Terek. "Ферментативна активність нафтозабруднених ґрунтів у процесі фіторекультивациі рослинами кукурудзи (*Zea mays* L.)." Вісник Львівського університету. Серія біологічна 69 (2015).
- 16 Achuba, F. та Okoh, P. (2014) Вплив нафтопродуктів на активність ґрунтової каталази та дегідрогенази. *Open Journal of Soil Science*, 4, 399-406. doi: 10.4236 / ojss.2014.412040 .
- 17 Trasar-Cepeda C, Leiro's M., Seoane S, Gil-Sotres F. Limitation of soil enzymes as indicators of soil pollution // *Soil Biol Biochem*. 2000. Vol. 32. P. 455–499
- 18 van Beelen P. V., Doelman P. Significance and application of microbial toxicity tests in assessing ecotoxicological risks of contaminants in soil and sediment // *Chemosphere*. 1997. Vol. 34. P. 455–499.
- 19 Казиев Ф. К., Тишкина Е. И., Киреева Н. А. Влияние нефтепродуктов на биологическую активность почвы // *Биологические науки*. Т. 10. 1988. С. 93–99.
- 20 ДСТУ ISO 11266 – 2001. Державний стандарт України. Якість ґрунту. Настанови щодо лабораторного випробовування біодеградації органічних хімічних речовин у ґрунті в аеробних умовах. (ISO11266:1994, IDT).
- 21 Fierer N. and Schimel J.P. Effects of drying-rewetting frequency on soil carbon and nitrogen transformations. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 2002, pp. 777–787
- 22 Lund V. and Goksoy J. Effects of Water Fluctuations on Microbial Mass and Activity in Soil. *Microbial Ecol.*, 6, 1980, pp. 115–123.
- 23 Шигапов А. М. «Биоремедиация нефтезагрязненных почв органическими компонентами отходов лесозаготовительной промышленности (на примере дерново-подзолистых почв Уральского федерального округа)»: . дис.... канд. биол. наук / Шигапов Айрат Минимарсильевич - Екатеринбург, 2016 – 228 с.

M. Mykytsei, T. Kundelska

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

IMPLEMENTING THE ACTIVITY INDEXES OF SOIL ENZYMES IN CALCULATING THE OPTIMUM DOSES OF AGENTS-SUBSTRATES TO DEVELOP NEW WAYS OF BIOREMEDIATION OF THE SOIL CONTAMINATED BY OIL AND PETROLEUM PRODUCTS

The correlation between the biological activity of soils has been proved, which should be expressed both by the activity index of catalase enzyme and state of the enzymological soil complex as a whole under the conditions of natural background and in soils contaminated by petroleum products. It has been discovered that the application of any nutritious substrate in the contaminated soil affects the increase in the enzyme activity index, which proves the growth of the microbial population, and intoxication processes of the polluted environment due to the biological degradation of the pollutant. Based on the results of laboratory studies, it has been found reasonable to use a test substrate for bioremediation, which is obtained by mixing the equal weight parts of separate biohumus substrates. In this case, not only the greatest convergence of the final activity index of catalase enzyme with the background and the highest degree of biodegradation are observed, but also the decrease in time before the catalase activity index stabilizes, which corresponds to the final stage of the microbial biomass succession in the soil. Based on the results of scientific literature analysis and long-term experiments, the optimum application dose has been selected for the recommended substrate type. The authors have developed a new approach to applying and adjusting the doses of active agents-substrates in the bioremediation process of oil-contaminated lands which uses the biological activity indexes in the soil. This helps to take into account the self-recovering capacity of soil, its orientation and natural provision of the recovering area with necessary conditions for the effective biodegradation of hydrocarbon compounds. The technological process of recovery has been simplified, which allows using active components more rationally and accelerating the practical implementation in specific contaminated areas.

Key words: contaminated soil, catalase activity, petroleum products, test substrate, bioremediation, background index.

References

- 1 Esmaeil, A.S.; Akbar, A. Occurrence of *Pseudomonas aeruginosa* in Kuwait soil. *Chemosphere* 2015, 120, 100–107.
- 2 Abdulsalam, S.; Omale, A.B. Comparison of biostimulation and bioaugmentation techniques for the remediation of used motor oil contaminated soil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 2009, 52, 747–754.

- 3 Perelo, L.W. In situ and bioremediation of organic pollutants in aquatic sediments. *J. Hazard Mater.* 2010, 177, 81–89.
- 4 Silva-Castro, G.A.; Uad, I.; Rodríguez-Calvo, A.; González-López, J.; Calvo, C. Response of autochthonous microbiota of diesel polluted soils to land-farming treatments. *Environ. Res.* 2015, 137, 49–58.
- 5 Nwogu, T.P.; Azubuike, C.C.; Ogugbue, C.J. Enhanced bioremediation of soil artificially contaminated with petroleum hydrocarbons after amendment with *Capra aegagrus hircus* (Goat) Manure. *Biotechnol. Res. Int.* 2015, 2015, 1–7.
- 6 Baptista, S.J.; Cammarota, M.C.; Freire, D.D.D.C. Production of CO₂ in crude oil bioremediation in clay soil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 2005, 48, 249–255.
- 7 Andreolli, M.; Lampis, S.; Brignoli, P.; Vallini, G. Bioaugmentation and biostimulation as strategies for the bioremediation of a burned woodland soil contaminated by toxic hydrocarbons: A comparative study. *J. Environ. Manag.* 2015, 153, 121–131.
- 8 Kireeva, N. A. *Biologicheskaya aktivnost neftezagryaznennykh pochv* [Tekst] / N. A. Kireeva, V. V. Vodopyanov, A. M. Miftahova. – Ufa: Gilem, 2001. – 376 s.
- 9 Salanginas, L. A. *Izmenenie svoystv pochv pod vozdeystviem nefi i razrabotka sistemy mer po ih reabilitatsii* [Tekst] / L. A. Salanginas. – Ekaterinburg: Elita-Kompleks, 2003. – 412 s.
- 10 Suhonosova, A. N. *Ochistka pochv ot neftyanogo zagryazneniya i otsenka ee effektivnosti* [Tekst] / A. N. Suhonosova, V. A. Burlaka, D. E. Byikov, I. V. Burlaka, N. V. Burlaka // *Ekologiya i promyshlennost Rossii.* – 2009. – S. 18–20.
- 11 Buhgalter, E. B. *Rekultivatsiya pochvy, zagryaznennoy gazovym kondensatom* [Tekst] / E. B. Buhgalter, R. V. Galiulin, V. N. Bashkin, I. E. Sidorova, A. V. Grunvald, A. Yu. Sementsov, R. A. Galiulina // *Zaschita okruzhayushey sredy v neftegazovom komplekse.* – 2008. – # 2. – S. 16–18.
- 12 Shevchyk, L. Z.; Romaniuk, O. I. *Analiz biolohichnykh sposobiv vidnovlennia naftozabrudnennykh gruntiv.* *ScienceRise. Biological science*, 2017, 1: 31–39.
- 13 *Naukovo-metodychni rekomendatsii z optymizatsii mineralnoho zhyvlennia silskohospodarskykh kultur ta stratehii udobrennia.*/red.akad.M.M. Horodnoho – K.:239s.
- 14 Haziev F.H. *Metodyi pochvennoy enzimologii.* Izdatelstvo: Nauka, 2005 g. ISBN: 5020339407. UDK: 631.4:577. 252 str.
- 15 Mekich, M., N. Gjura, and O. Terek. "Fermentativna aktivnist naftozabrudnennykh gruntiv u protsesi fitorekultyvatsii roslinamy kukurudzy (*Zea mays* L.)." *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya biolohichna* 69 (2015).
- 16 Achuba, F. ta Okoh, P. (2014) *Vplyv naftoproduktiv na aktivnist hruntovoi katalazy ta dehidrogenazy.* *Open Journal of Soil Science* , 4 , 399–406. doi: 10.4236 / ojss.2014.412040 .
- 17 Trasar-Cepeda C, Leiro's M., Seoane S, Gil-Sotres F. Limitation of soil enzymes as indicators of soil pollution // *Soil Biol Biochem.* 2000. Vol. 32. P. 455–499
- 18 van Beelen P. V., Doelman P. Significance and application of microbial toxicity tests in assessing ecotoxicological risks of contaminants in soil and sediment // *Chemosphere.* 1997. Vol. 34. P. 455–499.
- 19 Kaziev F. K., Tishkina E. I., Kireeva N. A. *Vliyanie nefteproduktov na biologiches kuyu aktivnost pochvy* // *Biologicheskie nauki.* T. 10. 1988. S. 93–99.
- 20 DSTU ISO 11266 – 2001. *Derzhavnyi standart Ukrainy. Yakist hruntu. Nastanovy shchodo laboratornoho vyprovovuvannia biodehradatsii orhanichnykh khimichnykh rehovyn u hrunti v aerobnykh umovakh.* (ISO11266:1994, IDT).
- 21 Fierer N. and Schimel J.P. Effects of drying-rewetting frequency on soil carbon and nitrogen transformations. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 2002, pp. 777–787
- 22 Lund V. and Goksor J. Effects of Water Fluctuations on Microbial Mass and Activity in Soil. *Microbial Ecol.*, 6, 1980, pp. 115–123.
- 23 Shigapov A. M. «Bioremediatsiya neftezagryaznennykh pochv organicheskimi komponentami othodov lesozagotovitelnoy promyshlennosti (na primere derno-podzolistykh pochv Uralskogo federalnogo okruga)»: . dis.... kand. biol. Nauk / Shigapov Ayrat Minimarsilevich - Ekaterinburg, 2016 – 228 s.

Надійшла до редакції 9 жовтня 2019 р.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 628.502

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-2(20)-43-49

*М. М. Богуславець¹, Л. І. Челядин², Д. Р. Крика²**¹ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття»**²Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу*

ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ: ЧИННИКИ І ПОКАЗНИКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НАФТОПЕРЕРОБНОГО ОБ'ЄКТА

Приведено кількісну і якісну характеристику забруднення атмосфери викидами, гідросфери стічними водами та техногенними відходами в Україні, зокрема по Івано-Франківській області, які є основними чинниками забруднення довкілля регіону. Описані три значні чинники екологічної небезпеки. У результаті водоочищення стічних вод в Івано-Франківській області утворюється близько 50 млн м³ шламів на рік. Тверді відходи у вигляді шламів, які пов'язані насамперед з діяльністю гірничих, енергетичних та нафтохімічних підприємств, займають значні площі, утилізуються в кількості до 10%, а переробляються у корисні продукти ще у менших кількостях (до 1%). Шлами нафтопереробного заводу в основному нагромаджуються у шламовідстійниках і частково вивозяться у відвал на захоронення. Показано, що водоочищення стічних вод нафтопереробного об'єкта має найбільший вплив на зменшення забруднення довкілля, оскільки визначений коефіцієнт забруднення гідросфери є максимальний серед коефіцієнтів забруднення атмосфери та педосфери. Наведено алгоритм проведення розрахунку інтегрального показника екологічної безпеки об'єкта (ШЕБО) на основі обробки даних для ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття» через коефіцієнти забруднення. Для розрахунку зазначеного показника необхідно враховувати виробничу діяльність об'єкта за певний період часу і витрати на екологічні потреби через технології очищення та утилізації відходів. ШЕБО для нього впродовж 3 років поступово підвищується, вказуючи на покращення рівня довкілля. Основні загальні витрати на природоохоронні заходи нафтопереробного заводу зросли приблизно 47% через фінансування водоочисних заходів.

Ключові слова: забруднювальні речовини, викиди, стічні води, шлам, нафтопродукти, сухий залишок, завислі, екологічна безпека об'єкта, екологічні витрати нафтопереробного заводу, екологічні потреби, очищення скиду, утилізація відходів, фактори та коефіцієнти забруднення атмосфери, гідросфери і педосфери, інтегральний показник екологічної безпеки об'єкта.

Постановка проблеми. У навколишньому середовищі відбуваються зміни, які з точки зору подальшого економічного розвитку і технічного прогресу та їх оцінки з урахуванням екологічних пріоритетів, наявності екологічних ризиків та стану екологічної безпеки, є загальною проблемою людства [1].

Розвиток суспільства веде до промислового виробництва та урбанізації, що спричиняє утворення великої кількості стічних вод, викидів в атмосферу та техногенних твердих відходів, це є важливою проблемою сьогодення [2], оскільки їх скидання без належного очищення призведе до глобального забруднення нашої планети.

У результаті виробничої діяльності підприємств (об'єктів) з випуску продукції та життєдіяльності людини утворюється велика кількість відходів (твердих, рідких, газоподібних) [3], які забруднюють довкілля наявними в них сполуками елементів I–IV класу небезпеки та впливають на екологічну безпеку.

Промислове виробництво спричиняє утворення викидних газів, що вміщують шкідливі для довкілля компоненти (CO, NO_x, SO₂, H₂S), які через недостатнє очищення забруднюють атмосферу. Викидні гази транспортних засобів також є джерелом забруднення атмосфери, оскільки у процесі згоряння палива утворюється понад 20 видів токсичних речовин, а основними

забруднювачами при цьому є оксиди сульфуру та нітрогену і меншою мірою в менших кількостях карбону (II) оксид.

Метою дослідження є характеристика стану довкілля в Україні загалом та у деяких областях зокрема та встановлення показника екологічної безпеки для одного нафтопереробного об'єкта впродовж останніх років.

Кількість викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення в Україні [4, 5] за 2016 р. склали 3078,5 тис. т, із них в Івано-Франківській області 196,7 тис. т, а на графіку (рис. 1) показано і в областях регіону.

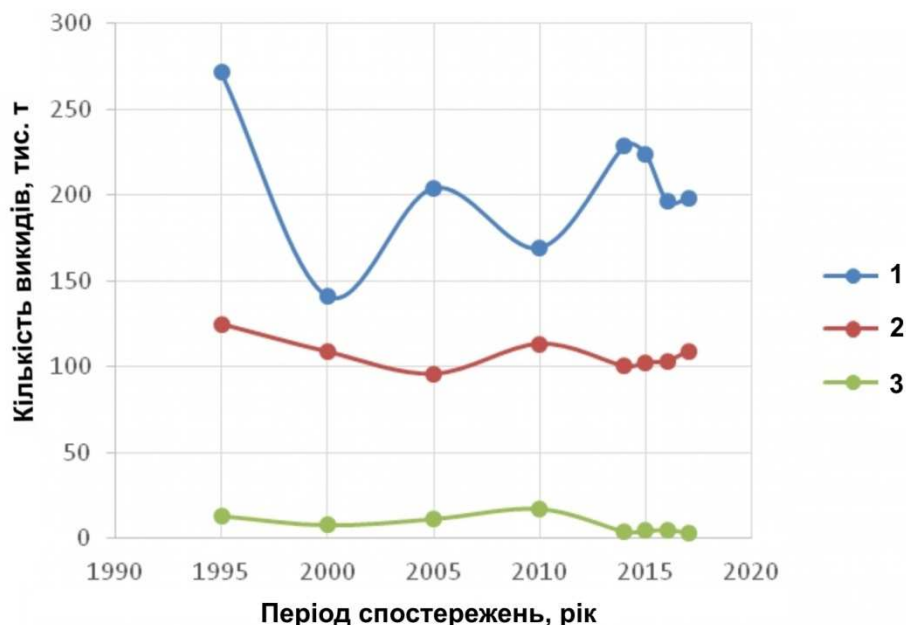


Рис. 1. Викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами у трьох областях: 1 – Івано-Франківська, 2 – Львівська та 3 – Закарпатська

Викиди забруднень, що вміщують токсичні речовини, в атмосферу від стаціонарних джерел спричиняють щільність викидів у розрахунку на 1 км² в 2016 р. по Україні – 5339,0 кг і Івано-Франківській області 1412,4 кг, а обсяг викидів у розрахунку на 1 особу дорівнює 72,1 кг по Україні й 142,4 кг в Івано-Франківській області.

Таким чином, викиди забруднювальних речовин від стаціонарних джерел і транспортних засобів впливають на забруднення атмосфери та складають перший значний чинник екологічної небезпеки довкілля.

В Україні [5] накопичилась значна кількість твердих відходів (золошлаки, шлами водоочищення, побутові відходи), яка становить близько 30 млрд. т, із них 21–25 це золошлаки, а шлами водоочищення стоків гальванічних виробництв і нафтопереробних заводів відповідно 0,95 і 2,80. Їх зберігають на великих територіях, що призводить до забруднення ґрунтів, гідросфери під час опадів і атмосфери під дією повітряних потоків у суху погоду. Кількість шламових відходів водоочищення стічних вод, гірничоенергетичних, нафтохімічних та комунальних галузей щорічно зростає, що призводить до забруднення атмосфери і гідросфери та зниження рівня екологічної безпеки об'єктів, регіону (рис. 2).

Протягом 2017 р. в Україні утворилось значна кількість відходів [5], яка становить близько 366054,0 тис. т, із них в Івано-Франківській області 1948,8 тис. т, у т. ч 6,9 тис. т зі сполуками елементів I–III класу небезпеки, а направлено у спеціально відведені місця чи об'єкти всього 887,0 тис. т. Їх зберігають на великих територіях, що призводить до забруднення ґрунтів, гідросфери під час опадів і атмосфери під дією повітряних потоків у суху погоду. Також кількість шламових відходів водоочищення стічних вод, гірничих, нафтохімічних та комунальних галузей щорічно зростає, що приводить до забруднення атмосфери і гідросфери та зниження рівня екологічної безпеки об'єктів, регіону.

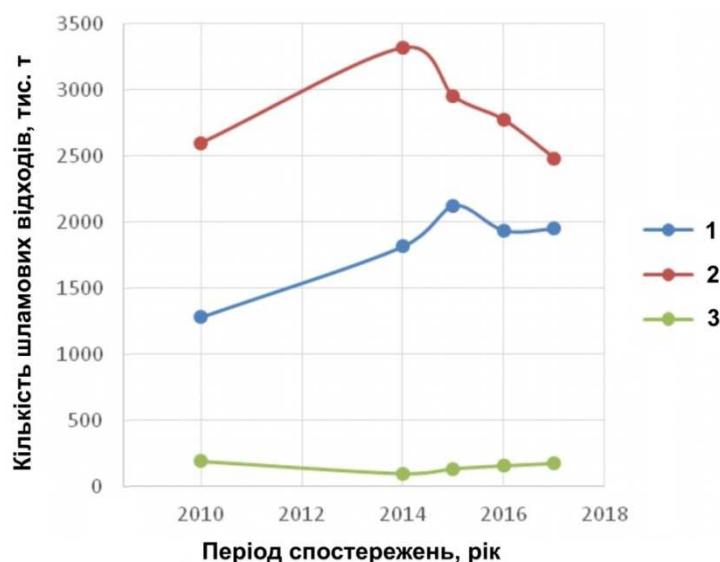


Рис. 2. Утворення відходів в трьох областях:
1 – Івано-Франківська, 2 – Львівська та 3 – Закарпатська

Забруднення довкілля техногенними відходами і шламами водоочищення стоків існує у всіх регіонах України й близького зарубіжжя та є другим істотним чинником екологічної небезпеки, що зумовлює необхідність розроблення нових методів їх утилізації та перероблення.

Водні ресурси України та Прикарпаття значно втратили якісні показники, оскільки забруднюються стічними водами від діяльності різних типів підприємств (об'єктів). Загалом за 2015–2017 рр. в Україні скинуто у водні ресурси приблизно 3,5 млрд. м³ стічних вод, у т.ч. Івано-Франківській області близько 500 млн м³ за цей же період [5].

Загальну кількість відведених стічних вод у відкриті водні ресурси України та у деяких областях за період 2013–2016 рр., згідно з [5] наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Загальна кількість водовідведення за регіонами України (млн м³)

Об'єкт / рік	2013	2014	2015	2016
Україна	7722	6587	5581	5612
Івано-Франківська обл.	76	74	58	59
Львівська обл.	227	224	220	217
Полтавська обл.	223	221	96	82

Забруднювачами стічних вод найчастіше є нафтопродукти (н/п): група вуглеводнів нафти, мазуту, гасу, масел і їх домішків, які внаслідок їх високої токсичності належать до числа десяти найнебезпечніших забруднювачів довкілля [6]. У результаті водоочищення стічних вод в Івано-Франківській області утворюється близько 50 млн м³ шламу на рік, які забруднюють територію, гідросферу і, відповідно, довкілля, а разом із забрудненими стічними водами зумовлюють третій важливий чинник екологічної небезпеки довкілля.

Об'єктом дослідження є ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття». Схема точок викидів забруднювальних речовин на його території в атмосферне повітря наведена на рис. 3. У табл. 2 наведені трирічні дані про кількість викидів в атмосферу повітря від ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття». Якісний склад викидів у атмосферу наведено у табл. 3.

На основі вищенаведених даних про забруднення атмосфери території НПЗ у межах санітарної зони від стаціонарних джерел, що показані на схемі (рис. 3), необхідно було встановити вплив шкідливих інгредієнтів при розсіюванні дисперсних частинок і шкідливих газів (пил неорганічний, NO_x та SO₂) за допомогою програми «ЕОЛ+». Розрахунок концентрацій розсіювання речовин «Нітроген (IV) оксид», «Сульфур (IV) оксид» провели для джерела викиду № 1, яке характеризується максимальним викидом шкідливих речовин на ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття» (табл. 3). Результати розрахунків розсіювання шкідливих компонентів показують, що перевищення ГДК немає, а тільки де-не-де (район виробництва асфальтосумішей) спостерігається перевищення «пилу неорганічного». Концентрація нітроген (IV) оксиду і сульфур (VI) оксиду перебуває на рівні, значно нижчому від ГДК для цих речовин.

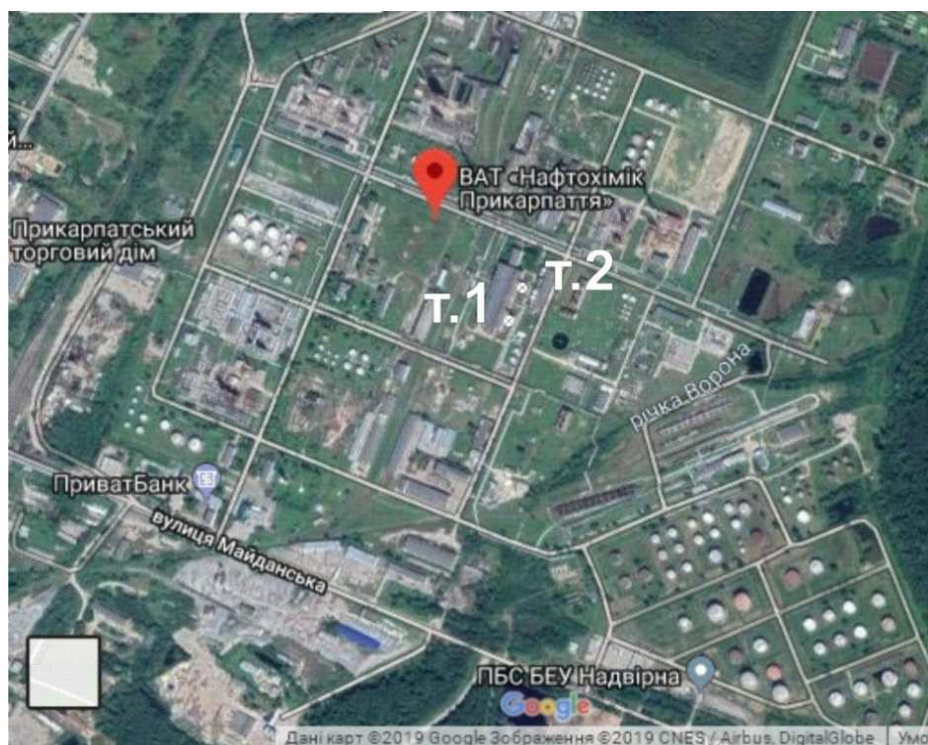


Рис. 3. Схематична карта ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття» з точками викидів

Таблиця 2

Загальна кількість викидів в атмосферне повітря з нафтопереробного заводу (тис. т)

Назва області	Об'єкт	2015 р.	2016 р.	2017 р.
Івано-Франківська	«Нафтохімік Прикарпаття»	8,742	10,327	7,818

Таблиця 3

Кількість деяких викидів в атмосферу з ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття» (т)

Назва компоненту викиду	Рік спостережень		
	2015 р.	2016 р.	2017 р.
CO ₂	49592,0	8697,0	10278,4
SO ₂	8,388	0,012	0,012
NO ₂	33,986	6,426	7,666
Всього:	49766,7	8724,2	10327,6

В Івано-Франківській області значні техногенні навантаження на навколишнє середовище [5,6] пов'язані з діяльністю гірничих, енергетичних та нафтохімічних підприємств, оскільки тверді відходи займають значні площі та утилізуються в кількості до 10%, а інші відходи (шлами) переробляються ще у менших кількостях (до 1%). У випадку ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття», ситуація виглядає таким чином (табл. 4).

Таблиця 4

Кількість шламів водоочищення утворених на НПЗ (т)

Назва області	Об'єкт	Рік спостережень			Загальна кількість
		2015	2016	2017	
Івано-Франківська	«Нафтохімік Прикарпаття»	60,0	64,0	67,0	6523,2

В основному шлами НПЗ нагромаджуються у шламовідстійниках і частково вивозяться у відвал на захоронення. У результаті очищення стічних вод на Надвірнянському НПЗ з площею 1,025 га [7] зберігається 6523,2 т нафтошламу водоочищення з вмістом 51% неорганічних (механічні домішки, коагулянт тощо) та 49% органічних (в основному вуглеводні) речовин.

Результати проведених нами апробаційних досліджень [8] вказують на те, що шлами водоочищення стічних вод НПЗ можна використовувати як енергетично містку речовину в технології утилізації (переробки) золошлакових відходів.

Дослідження коефіцієнтів забруднення та стану екологічної безпеки об'єкта провели на основі вищенаведених даних про основні чинники забруднення довкілля та запропонованої методики розрахунку інтегрального показника екологічної безпеки об'єкта (ШЕБО) [9], який рекомендують розраховувати за формулою:

$$\text{ШЕБО} = \left[\frac{K_a + \hat{E}_a + K_{ш} + K_p}{K_n} - \frac{K_z}{K_n} \right] \times 100, \quad (1)$$

де K_a , $K_{\hat{e}}$, $K_{ш}$, K_p – коефіцієнти забруднення атмосфери, гідросфери, педосфери, які визначаються за відповідним відношенням. Наприклад, для стоків його розраховують згідно з формулою $K_{\hat{e}} = M_{\hat{e}} / L_{\hat{e}}$, де $M_{\hat{e}}$ – кількість забруднювальних речовин у стоках, кг/рік, а $L_{\hat{e}}$ – лімітний скид (ГДС), т/рік та впливу ризиків відповідно, і K_z коефіцієнт екологічних затрат $K_z = E_z / TP$, де TP – вартість товарної продукції (послуг) тис. грн /рік, E_z – загальні затрати на природоохоронні заходи, тис. грн/рік; K_n – коефіцієнт забруднення території, який дорівнює $K_n = P_0 / P_c$, де P_0 – площа об'єкта, P_c – загальна площа об'єкта з санітарно-захисною зоною (га).

Для розрахунку коефіцієнтів забруднення, які входять у вищенаведену формулу і змінюються по роках, використали дані статистичної звітності зі скиду стічних вод, які наведено у таблиці 5.

Таблиця 5

Кількість і вміст забруднень у стічних водах ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття» за 2017 р.

Назва об'єкта	Показники стічних вод							
	Водовідведення, тис. м ³	Завислі, т	Сухий залишок, т	Н/п, кг	Ca, т	NO ₂ ⁻ , т	Cl ⁻ , т	P ₂ O ₅ ⁻ , кг
ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття»	869,0	9,2	358,3	47,0	47,8	0,6	52,1	1,96

Для розрахунку ШЕБО необхідно враховувати виробничу діяльність об'єкта за певний період часу та витрати на екологічні потреби (технології очищення та утилізації відходів), що наведено у таблиці 6.

Таблиця 6

Екологічні витрати ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття»

№ з/п	Показники	Роки			
		2015	2016	2017	2018
1	Витрати на заходи з утилізації шламів і сміття, тис. грн./рік	208,4	39,4	38,7	35,1
2	Витрати на водоочисні заходи, тис. грн./рік	15545,0	15900,1	15745,6	22856,6
3	Витрати на газоочисні заходи, тис. грн./рік	1483,8	1090,2	1442,5	661,1
4	Загальні витрати на природоохоронні заходи, тис. грн.	17303,6	17782,9	17973,1	23801,8

На основі вище приведених даних та інших провели розрахунок коефіцієнтів забруднення K_a , $K_{\hat{e}}$ і $K_{ш}$ та показника ШЕБО для ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття», що показано у таблиці 7.

Таблиця 7

Коефіцієнти забруднень і затрат та ШЕБО об'єкта за 2015–2017 рр.

№ з/п	Коефіцієнти	Індекс	Роки спостережень		
			2015	2016	2017
1	Забруднення гідросфери	$K_{\hat{e}}$	0,610	0,716	0,607
2	Забруднення атмосфери	K_a	0,227	0,206	0,183
3	Забруднення техносфери	$K_{ш}$	0,495	0,421	0,575
4	Екологічних затрат	K_z	0,012	0,035	0,026
5	а) очищення стічних вод, тис. грн./рік	$K_{зв}$	0,925	0,514	0,397
	б) очищення атмосфери, тис. грн./рік	$K_{за}$	0,546	0,114	0,263
	в) утилізація шламів, тис. грн./рік	$K_{зш}$	0,014	0,202	0,335
6	Площа об'єкта, га	P_0	190	190	190
7	Загальний показник екологічної безпеки об'єкта	ШЕБО	91,1	92,5	92,4

Обговорення отриманих результатів. Результати проведених розрахунків вказують, що у 2016 р. ПЕБО зменшився порівняно з 2015 р. з 91,1 до 92,5 що пояснюється сповільненням виробничої діяльності (випуск товарної продукції). Однак основним чинником, який впливає на величину ПЕБО найбільше, є кількість та ступінь очищення стічних вод об'єкта, що показує коефіцієнт K_v . Наприклад, якщо у 2015 р. коефіцієнт становив 0,610, то ПЕБО в 2016 р. покращився за рахунок підвищення ступеня очищення стічних до величини $K_v = 0,716$, що пов'язано з вкладенням 550 тис. грн. у вдосконалення технології водоочистки на об'єкті. Проте у 2017 р. ПЕБО зменшився до значення 92,4 у зв'язку зі збільшенням шламів і твердих відходів, що зберігаються на об'єкті, про що вказує коефіцієнт $K_{ш}$, оскільки він збільшився у 2016 р. з 0,515 до 0,435 у 2017 р. Таким чином, визначення ПЕБО на основі коефіцієнтів K_a , K_v і $K_{ш}$ дає можливість встановлювати екологічність об'єкта за певний період та, змінюючи перерозподіл коштів на відповідні чинники забруднення, в наступні роки підвищувати рівень екологічної безпеки об'єкта.

Висновки. Велика кількість твердих техногенних відходів, що вміщують шкідливі компоненти, викиди з небезпечними речовинами, стічні води зі значним вмістом токсичних забрудників, є основними чинниками, які впливають на довкілля територій та екологічну безпеку об'єктів. Аналіз величини ПЕБО, який визначали для ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття», вказує, що найбільший вплив на забруднення довкілля спричиняється через скид забруднених стічних вод у водні ресурси.

Література

- 1 Рудько Г. І. Стратегічна екологічна оцінка та прогноз стану довкілля західного регіону України. У 2 т. / За ред. Г. І. Рудька, О. М. Адаменко. – Київ-Чернівці: Букрек, 2017. – 472 с.
- 2 Шмандій В. М., Шмандій О. В. Екологічна безпека – одна з основних складових національної безпеки держави. Науковий журнал. Екологічна безпека. 2008. 1. С. 1-15. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2008_1\(1\)/9.pdf](http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2008_1(1)/9.pdf).
- 3 Челядин Л.І. Наукові засади ресурсозберігаючих технологій та устаткування підвищення екологічної безпеки промислових об'єктів Прикарпаття. Автореф. на здобуття наук. ступеня докт.техн.наук за спеціальністю 21.06.01. – „Екологічна безпека“. – Івано-Франківськ, 2011. – 336 с.
- 4 Статистичний збірник «Довкілля Івано-Франківщини», – Івано-Франківськ, 2018. – 165 с.
- 5 Статистичний збірник «Довкілля України за 2016 рік», – Київ, 2017. – 226 с.
- 6 Матеріали до Національної доповіді України про стан навколишнього природного середовища у 2012 році «Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2012 році». [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2012-rotsi/lvivska%202012.pdf.
- 7 Статистична звітність об'єкта ВАТ «Нафтохімік Прикарпаття» за формою «2-ТП водгосп» «2-ТП повітря», «2-ТП твер відходи, шлами» за 2015-2017рр.
- 8 Патент на корисну модель №122605 Україна МПК C04B 18/20, B01J 20/02. Сировинна суміш з техногенних відходів / Челядин Л.І., Новосад П.В., Скорохода В.Й., Бурило О.П., Челядин В.Л.; Заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу; заявл. 12.11.2015; опубл. 25.01.2018. Бюл. № 2 – 3 с.
- 9 Челядин Л.І., Екотехнології промислових об'єктів регіону. Монографія. – Івано-Франківськ, 2018. – 255 с.

M. Bohuslavets¹, L. Cheliadyn², D. Kryka²

¹PJSC “Naftokhimik Prykarpattia”

²Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

ENVIRONMENTAL POLLUTION: FACTORS AND INDICATORS OF THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF OIL REFINERIES

The article provides the quantitative and qualitative description of the pollution of atmosphere with emissions and of hydrosphere with sewage and man-made wastes in Ukraine, in particular in Ivano-

Frankivsk oblast, as they are the main factors of environmental pollution in the region. Three significant environmental hazards are described. Sewage treatment in Ivano-Frankivsk oblast produces about 50 mln. m³ of sludge per year. Solid wastes in the form of sludges, related primarily to the operation of mining, power and petrochemical enterprises, occupy large areas. Up to 10% of them are utilized and much less (up to 1%) are processed into useful products. The sludge from oil refinery is mainly accumulated in sludge pits and partially removed to the dump for disposal. It has been shown that sewage treatment from oil refinery has the greatest impact on the reduction in environmental pollution, since the determined contamination factor of hydrosphere is the maximum among the contamination factors of atmosphere and pedosphere. The authors have provided the algorithm for calculating the integrated environmental safety index of an enterprise (IESIE) based on the data processing for PJSC "Naftokhimik Prykarpattia" and contamination factors. In order to calculate this index it is necessary to take into account the production activity of the enterprise for a certain period of time and the costs on environmental needs based on the waste treatment and disposal technologies. IESIE for the enterprise has been gradually rising for 3 years, which indicates the improvement of the environment. The major total costs on the oil refinery's environmental measures have increased approximately by 47% due to the financing of water treatment measures.

Key words: pollutants, emissions, sewage, sludge, oil products, dry residue, environmental safety of an enterprise, oil refinery's environmental costs, environmental needs, waste treatment and disposal, factors and coefficients of the atmosphere, hydrosphere and pedosphere pollution, integrated environmental safety index of an enterprise.

References

- 1 Rudko G.I. Strategichna ekologichna ocinka ta prognoz stanu dovkilliya zaxidnogo regionu Ukrainy. U 2 t. / Za red. G.I. Rud'ka, O.M. Adamenko. – Kyiv-Chernivci: Bukrek, 2017. – 472 s.
- 2 Shmandij V.M., Shmandij O.V. Ekologichna bezpeka – odna z osnovnykh skladovykh nacionalnoyi bezpeky derzhavy. Naukovy zhurnal. Ekologichna bezpeka. 2008. 1. S. 1-15. [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: [http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2008_1\(1\)/9.pdf](http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2008_1(1)/9.pdf).
- 3 Chelyadyn L.I. Naukovi zasady resursozberigayuchykh tekhnologiy ta ustatkuvannya pidvyshhennya ekologichnoyi bezpeky promyslovykh ob'ektiv Prykarpattya. Avtoreferat na zdobuttya nauk. stupenya dokt.texn.nauk za special'nistyu 21.06.01. – „Ekologichna bezpeka“. – Ivano-Frankivsk, 2011. – 336 s.
- 4 Statystychnyy zbirnyk «Dovkilliya Ivano-Frankivshhyny», – Ivano-Frankivsk, 2018. – 165 s.
- 5 Statystychnyy zbirnyk «Dovkilliya Ukrainy za 2016rik», – Kyiv, 2017. – 226 s.
- 6 Materialy do Nacional'noyi dopovidi Ukrainy pro stan navkolyshnogo pryrodnogo seredovyshha u 2012 roci «Regional'na dopovid pro stan navkolyshnogo pryrodnogo seredovyshha u Lvivskij oblasti v 2012 roci». [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu do resursu: <http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/regionalni-dopovid-i-u-2012-rotsi/lvivska%202012.pdf>.
- 7 Statystychna zvitnist ob'ekta VAT «Naftokhimik Prykarpattya» za formoyu «2-TP vodgosp» «2-TP povitrya», «2-TP tver vidxody, shlamy» za 2015-2017r.r.
- 8 Patent na korysnu model #122605 Ukrainy MPK C04V 18/20, V01J 20/02. Syrovynna sumish z texnogennykh vidxodiv / Chelyadyn L.I., Novosad P.V., Skoroxoda V.J., Burylo O.P., Chelyadyn V.L.; Zayavnyk i patentovlasnyk Ivano-Frankivskij nacionalnyy tekhnichnyy universytet nafty i gazu; zayavl. 12.11.2015; opubl. 25.01.2018. Byul. # 2 – 3 s.
- 9 Chelyadyn L.I., Ekotekhnologiyi promyslovykh ob'ektiv regionu. Monografiya. – Ivano-Frankivsk : 2018. – 255 s.

Надійшла до редакції 17 вересня 2019 р.

*Д. В. Дядін, О. С. Сенько**Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова*

АНАЛІЗ ПРОСТОРОВИХ ОБМЕЖЕНЬ НАФТОГАЗОВИДОБУВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В СКЛАДІ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

У роботі досліджено основні типи екологічних просторових обмежень нафтогазовидобувної діяльності, які необхідно враховувати під час оцінювання впливу на довкілля. Проаналізовано нормативно-правові основи встановлення та режиму просторових обмежень на територіях видобування нафти й газу, зокрема санітарно-захисних зон промислових об'єктів, зон санітарної охорони водозаборів, прибережно-захисних смуг водотоків і водойм, ділянок природно-заповідного фонду.

Показано необхідність виділяти у складі територій із просторовими обмеженнями ділянки природних ландшафтів: лісові масиви, байрачні ліси, ділянки степової рослинності на схилах і в днищах балок, заплавні луки, водно-болотні угіддя, а також лісосмуги – з огляду на їхню цінність щодо надання екосистемних послуг та забезпечення біорізноманіття.

Використовуючи геоінформаційні технології, зокрема, інструменти геопросторового аналізу, на прикладі Свиридівського газоконденсатного родовища побудовані контури ділянок із просторовими обмеженнями за проаналізованими типами, оцінено їх площі та просторовий розподіл. За результатами аналізу визначено, що найбільшу площу в межах родовища займають ділянки природної рослинності (лісові масиви, ділянки степової рослинності в балках, водно-болотні угіддя) – 28% площі родовища, а найменшу – прибережно-захисні смуги водотоків – 2%. Площі територій природно-заповідного фонду в межах родовища становили 5% площі родовища. Сумарна площа територій із просторовими обмеженнями нафтогазовидобувної діяльності в межах родовища становила 87 км², що складає 70% від загальної площі родовища.

Застосовані у роботі підходи до визначення й аналізу екологічних просторових обмежень рекомендовано використовувати в оцінюванні впливу нафтогазовидобувної діяльності на довкілля.

Ключові слова: видобування нафти й газу, оцінка впливу на довкілля, екологічні просторові обмеження, санітарно-захисна зона, прибережно-захисна смуга, буферна зона, зона санітарної охорони, природно-заповідний фонд

Постановка проблеми. Видобування нафти та газу належить до виду промислової діяльності з підвищеним рівнем екологічної небезпеки та високими ризиками потенційного негативного впливу на стан довкілля. Негативний вплив видобувної діяльності може виникати на всіх етапах освоєння родовищ, які включають геологорозвідувальні, бурові та будівельні роботи. Рівень впливу на довкілля залежить від досконалості виробничих технологій, надійності технічних систем, а також ступеня вразливості компонентів довкілля на території родовища.

Згідно з вимогами Закону України “Про оцінку впливу на довкілля” планована діяльність із глибокого буріння, видобування і перероблення корисних копалин підлягає оцінці впливу на довкілля (далі – ОВД) [1]. Обов'язковим елементом процедури ОВД є визначення обсягу та рівня деталізації досліджень, або скоупінг, який виступає ключовим етапом планування робіт із екологічного оцінювання планованої діяльності, оскільки визначає найбільш значимі проблеми і розставляє пріоритети в подальших дослідженнях під час здійснення ОВД [2]. У складі таких робіт одним із невід'ємних завдань є встановлення екологічних та інших обмежень планованої діяльності за альтернативами.

У повідомленнях про плановану діяльність, розміщених у реєстрі ОВД [3], у пункті щодо екологічних обмежень розробники здебільшого вказують дотримання меж санітарно-захисних зон і нормативного вмісту забруднювальних речовин у повітрі, воді та ґрунтах. Ми вважаємо, що поняття екологічних обмежень у цьому контексті має розкриватися ширше і включати весь спектр зовнішніх умов, які унеможливають або мінімізують потенційний негативний вплив планованої діяльності на довкілля, запобігають йому. Насамперед, до цих умов належать регуляторні обмеження, що діють згідно з чинним законодавством: встановлення лімітів на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря, скиди стічних вод, об'єми утворюваних відходів,

об'єми запланованих до використання водних ресурсів, а також неприпустимість перевищення встановлених гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин.

Значна кількість умов і обмежень, встановлених екологічним законодавством, має у своїй основі захист відстанню, тобто віддаленість джерел негативного впливу на безпечну відстань. Таким чином, виникає певний перелік просторових обмежень планованої діяльності, тобто вимог щодо розташування екологічно небезпечних технологічних об'єктів відносно вразливих елементів навколишнього середовища: населених пунктів, водних масивів, ділянок збереження біорізноманіття. Він включає дотримання охоронних зон різного призначення навколо вразливих об'єктів, буферних зон навколо джерел викидів забруднювальних речовин та інші обмеження, що виникають у зв'язку зі взаємною наближеністю/віддаленістю об'єктів у просторі.

Визначення просторових обмежень набуває особливої важливості для нафтогазовидобувної діяльності з огляду на великі площі, які охоплюють ліцензійні ділянки, та значну розгалуженість видобувної інфраструктури в їхніх межах. Беручи до уваги, що більшість поточних повідомлень у реєстрі ОВД стосується саме нафтогазовидобувної галузі, виникає актуальне науково-практичне завдання з удосконалення методів оцінювання впливу на довкілля, зокрема, підходів до визначення та аналізу просторових обмежень нафтогазовидобувної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Після набуття чинності Законом України «Про оцінку впливу на довкілля» у грудні 2017 року досі так і не з'явилося офіційно затверджених методик оцінювання впливу, чітких рекомендацій щодо структури і наповнення елементів звіту [4], хоча у Законі в ст. 6 було передбачено, що уповноважений центральний орган має здійснювати нормативно-методичне забезпечення та стандартизацію підготовки звіту з ОВД [1]. Відповідно, відсутні й обґрунтовані рекомендації щодо визначення екологічних обмежень господарської діяльності як елемента ОВД, зокрема і просторових обмежень.

У складі матеріалів ОВД у зарубіжних джерелах визначення, картографування й аналіз просторових обмежень є обов'язковим елементом. Їх перелік включає буферні зони навколо водних об'єктів, економічно цінні ділянки водотоків, місця зростання рідкісних рослин та угруповань, ділянки з підвищеним видовим різноманіттям, водно-болотні угіддя, місця гніздування птахів, оселища ключових видів тваринного і рослинного світу, історико-археологічні пам'ятки [5]. Більше того, визначені просторові обмеження не лише фіксують у вигляді окремих зон на карті, але й визначають їх кумулятивний ефект, для чого кожний тип обмежень зважують відносно своєї значимості, контури всіх обмежень накладають та у підсумку створюють карти розподілу величини кумулятивного значення обмежень [6].

Питання просторової обмеженості також досліджують на родовищах нафти і газу США в контексті виявлення зв'язку між наближеністю нафтогазовидобувних об'єктів до населених пунктів і ризиками щодо здоров'я населення. Масштаб цих досліджень достатньо різний – від узагальнень на рівні держави або окремих штатів до аналізування локальної ділянки. Наприклад, оцінено, що загалом 17,6 млн осіб у США мешкають на відстані ближче 1,6 км до хоча б однієї діючої нафтогазовидобувної свердловини [7]. Особливу увагу науковці часто приділяють ділянкам розробки нетрадиційних вуглеводнів та застосування гідророзриву пласта [8, 9]. Зокрема, на території видобування сланцевого газу з родовища Марселус в Пенсільванії та Західної Вірджинії, на основі просторової неоднорідності розташування видобувних свердловин доведено «екологічну несправедливість» щодо окремих соціально-економічних категорій населення, які опиняються у зоні можливих ризиків для здоров'я у зв'язку з різною наближеністю до свердловин [9].

Проблематика виділення та дотримання режиму нормативних охоронних зон у вітчизняних публікаціях частіше всього пов'язана з санітарно-захисними зонами виробничих підприємств, особливо на територіях щільної забудови в містах [10, 11]. Також активно досліджують вдосконалення загальних підходів до визначення прибережно-захисних смуг водних об'єктів [12]. Дослідники відзначають також ефективність застосування сучасних геоінформаційних технологій для побудування охоронних зон та просторового аналізу їхнього режиму [13, 14]. Проте, особливості встановлення і дотримання просторових обмежень на територіях діяльності нафтогазовидобувних підприємств залишаються поза увагою принаймні у вітчизняних наукових публікаціях.

Метою дослідження є аналіз існуючих просторових обмежень нафтогазовидобувної діяльності з позицій її можливого негативного впливу на компоненти довкілля. У зв'язку з цим у роботі були поставлені такі завдання:

- проаналізувати нормативно-правову і законодавчу базу України, на якій ґрунтуються просторові обмеження нафтогазовидобувної діяльності, пов'язані з охороною довкілля;
- визначити території та об'єкти, на яких можуть виникати просторові обмеження, встановити розміри та режим просторових обмежень;
- за допомогою геоінформаційних технологій встановити просторові обмеження на прикладі окремого нафтогазового родовища та визначити їх кількісні характеристики.

Виклад основного матеріалу досліджень. Ділянки, на які видані спеціальні дозволи на користування надрами на території Східного нафтогазоносного басейну України займають значні площі – від 13 до 800 км², в середньому становлячи 88 км². Контури ліцензійних ділянок визначаються насамперед будовою нафтогазових покладів за результатами глибокого буріння та геофізичних досліджень. Як правило, територія нафтогазового родовища представлена достатньо різноманітними типами земель, як природних – ліси, луки, водно-болотні угіддя, водні об'єкти, так і антропогенно змінених – забудована територія, дороги, сільськогосподарські угіддя та інші. На цих землях передбачається розташування видобувних свердловин та інших технологічних об'єктів, у зв'язку з чим виникає низка просторових обмежень, пов'язаних як із режимом експлуатації промислових споруд, так і нормативними вимогами щодо запобігання негативного впливу на здоров'я населення, якість водних об'єктів, тваринний і рослинний світ та інші компоненти довкілля.

Типи просторових обмежень

Території, на яких діють просторові обмеження можна умовно представити таким чином:

- території, де заборонена видобувна діяльність (житлова забудова, зони санітарної охорони водозабірних споруд, прибережно-захисні смуги водних об'єктів, територія об'єктів природно-заповідного фонду);
- території, на яких видобувна діяльність може призвести до відчутних негативних наслідків для довкілля (лісові масиви, ділянки природної степової рослинності);
- території, які є недоступними для розміщення промислових об'єктів (заболочені ділянки, крутосхили, ділянки розвитку небезпечних геологічних процесів).

Перша група включає види нормативних обмежень, встановлених згідно з відповідними законодавчими нормами не тільки для нафтогазовидобувної промисловості, але й для інших видів господарської діяльності, що можуть призвести до істотного негативного впливу на довкілля і здоров'я населення. Вони включають санітарно-захисні зони навколо промислових об'єктів, зони санітарної охорони джерел водопостачання, прибережно-захисні смуги водойм і водотоків, ділянки природно-заповідного фонду та їх охоронні зони (табл. 1).

Таблиця 1

Типи нормативних просторових обмежень нафтогазовидобувної діяльності

Тип зони обмеження	Розміри	Нормативний документ
Санітарно-захисні зони	100–1000 м залежно від типу об'єкту	ДержСанПіН 173-96
Зони санітарної охорони джерел водопостачання	розраховуються залежно від величини водозабору та гідрогеологічних параметрів	Постанова КМУ «Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів»
Прибережно-захисні смуги водотоків і водойм	25–100 м, залежить від розміру водозбірної площі водного об'єкта	Водний кодекс України
Ділянки природно-заповідного фонду та їх охоронні зони	залежить від виду об'єкта	Закон України «Про природно-заповідний фонд України»

Заборона видобувної діяльності, яка виникає на означених вище територіях, виникає на підставі нормативно-правових документів, законів України, кодексів, положень Кабінету Міністрів України.

На території житлової забудови видобування заборонено на підставі ДБН Б 2.2.-12:2018, пункт 14.11.2, у якому вказано, що промислові підприємства I–II класу шкідливості в межах населених пунктів розмішувати заборонено [15]. Згідно з вимогами Державних санітарних правил планування і забудови населених пунктів, нормативні розміри санітарно-захисних зон (далі – СЗЗ) об'єктів нафтогазовидобування становлять від 300 до 1000 м залежно від типу об'єкта [16]. Найбільш розповсюдженим об'єктом нафтогазовидобувної інфраструктури є свердловини, що

бурять у переважній більшості з використанням дизельних агрегатів, і для них нормативна СЗЗ встановлюється 500 м. У межах СЗЗ не допускається розташування житлової забудови, тому свердловини не можуть бути наближені до житлових будівель ближче від цієї відстані. Обмеження видобувної діяльності в межах населених пунктів також регламентується Правилами безпеки в нафтогазовидобувній промисловості України (НПАОП 11.1-1.01.08) розділ 3, де вказано, що свердловина будь-якої категорії повинна закладатись за межами охоронних зон ліній електропередачі, магістральних трубопроводів, водозабірних та інших промислових і цивільних об'єктів [17].

Зони санітарної охорони (далі – ЗСО) встановлюють на водозаборах для централізованого водопостачання населення, лікувальних та оздоровчих потреб з метою охорони та забезпечення якості питної води. ЗСО встановлюють на всіх господарсько-питних водопроводах незалежно від типу джерела або його підпорядкованості. Нормативні розміри I поясу ЗСО становлять 30–50 м залежно від ступеня захищеності водоносного горизонту, а розміри II і III поясів, призначених для захисту підземних вод відповідно від бактеріального та хімічного забруднення, встановлюють гідрогеологічними розрахунками [18]. У межах ЗСО водозабірних споруд встановлено заборону видобування корисних копалин і захоронення стічних вод у глибоких горизонтах, згідно з Положенням Кабінету Міністрів України «Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів» та ДБН Б 2.2.-12:2018 пункт 7.6.5 [15, 19].

Прибережно-захисні смуги (далі – ПЗС) встановлюють із метою захисту та охорони водних об'єктів від засмічення, негативного впливу господарської діяльності. На території прибережно-захисних смуг водних об'єктів заборонено будівництво будь-яких споруд (крім гідротехнічних, навігаційного призначення, гідрометричних та лінійних). Розмір прибережно-захисної смуги залежить від водозбірної площі водного об'єкта: для малих річок (струмків, потічків), а також ставків площею менше 3 га розмір ПЗС становить 25 м; для середніх річок, водосховищ на них та ставків площею більше 3 га – 50 м; для великих річок, водосховищ та озер на них – 100 м [20].

Заборона видобувної діяльності на території об'єктів природно-заповідного фонду регламентується Законом України «Про природно-заповідний фонд України» ст. 7, який забороняє проводити будь-яку діяльність, яка негативно впливає або може негативно впливати на стан природних комплексів. Крім того, у ст. 39–40 регламентовано створення навколо об'єктів природно-заповідного фонду охоронних зон, призначених для запобігання негативному впливу господарської діяльності на прилеглих територіях [21]. Також заборона господарської діяльності на території заповідників, заказників, пам'яток природи, заповідних урочищ регламентована ДБН Б 2.2.-12:2018 пункт 8.7 [15].

Друга група просторових обмежень пов'язана з ділянками природних ландшафтів, представлених лісовими масивами різних типів, ділянками степової рослинності на схилах і у днищах балок, водно-болотними угіддями, заплавами луками. На цих ділянках здійснення нафтогазовидобувної діяльності прямим чином не заборонено, лише існують певні обмеження, пов'язані з цільовим призначенням земель. Але більш важливим при цьому є природоохоронне значення цих ділянок насамперед як фрагментованих осередків природного середовища серед істотно змінених антропогенних ландшафтів. Вони виконують базові екосистемні функції: забезпечують існування оселищ тваринного і рослинного світу, підтримують біорізноманіття та можуть зберігати рідкісні види флори і фауни, не зважаючи на відсутність офіційного заповідного статусу. Також ці типи територій виконують функції екокоридорів, якими мігрують птахи та інші види тварин. У цьому значенні до вище наведеного переліку ділянок природних ландшафтів слід додати лісосмуги, які також посідають своє важливе місце в складі екомережі.

Значимість таких ділянок природних ландшафтів була підтверджена на прикладі досліджень біорізноманіття на Новомиколаївській групі нафтогазових родовищ у Полтавській області, де були виявлені рідкісні види степової рослинності і тварин, занесених у Червону Книгу України та Червоний список Полтавської області, а також описані зникаючі середовища існування за Бернською конвенцією [22].

Описані ділянки цінних природних ландшафтів, якщо не входять до природно-заповідного фонду України, зараз майже не мають інструментів правового захисту й обмежень господарської діяльності, зокрема й нафтогазовидобувної. Недопущення їх знищення та мінімізація негативного впливу на них мають бути свідомо закладені в природоохоронній політиці нафтогазовидобувних компаній, які позиціонують себе як екологічно відповідальні. Хоча, останніми роками активно впроваджується нова форма охорони територій збереження біорізноманіття – пан'європейська

Смарагдова мережа, до якої долучилася й Україна [23]. Тому найближчим часом можна очікувати закріплення обмежень щодо цих територій на законодавчому рівні.

Третя група просторових обмежень включає ділянки, недоступні або дуже складні для здійснення технологічних робіт із будівництва та експлуатації промислових об'єктів: землі, зайняті водними об'єктами, заболочені ділянки, крутосхили, ділянки розвитку зсувів, просідань ґрунту та інших небезпечних геологічних процесів. Відповідні обмеження встановлені у будівельних нормах, які враховують під час розробки проєктів будівництва нафтогазопромислових об'єктів. Зокрема, здійснення господарської діяльності не допускається на ділянках небезпечних геологічних процесів, розміщення об'єктів видобувної промисловості здійснюється на рівних поверхнях з ухилами, що не перевищують 5° [15, 17].

Проаналізовані вище просторові обмеження нафтогазовидобувної діяльності були оцінені на прикладі Свиридівського газоконденсатного родовища із використанням геоінформаційних технологій методами геопросторового аналізу в програмному середовищі ArcGIS 10.6.1.

Аналіз просторових обмежень на прикладі Свиридівського родовища

Свиридівське газоконденсатне родовище розташоване на території Лохвицького району Полтавської області на вододільному просторі між річками Сула і Суха Лохвиця. На заході родовище межує з Луценківським та Мехедівсько-Голотовщинським родовищами, на сході з Рудівсько-Червонозаводським та Скоробагатівським. У тектонічному відношенні територія родовища належить до приосьової зони північно-західної частини Дніпровсько-Донецької западини в межах Свиридівської сідловини. Основні види вуглеводнів на території родовища, на видобуток яких видано спеціальний дозвіл (№ 3334, чинний до 01.07.2024): газ природний вільний, газовий конденсат та супутні компоненти (етан, пропан, бутани) [24]. Видобувна інфраструктура родовища налічує 22 свердловини, з яких 14 перебувають в експлуатації з різним призначенням, а решта є ліквідованими. Крім того, у межах родовища функціонують установка підготовки газу та майданчик інгібіторного господарства. Ліцензійна площа Свиридівського родовища становить 127 км².

У межах досліджуваного родовища розташовується 12 сільських населених пунктів, які повністю або частково перекриваються із контурами ліцензійної ділянки (табл. 2).

Таблиця 2

Результати просторового аналізу перекриття населених пунктів із площею родовища

Населений пункт	Кількість населення, осіб	Площа населених пунктів, км ²		Різниця площі населених пунктів СЗ – ПМК		Площа перекриття житлової забудови із контуром родовища	
		СЗ*	ПМК*	км ²	% від ПМК	км ²	%
Безсали	772	2,4	6,0	-3,6	40	0,2	9
Дереківщина	40	0,2	0,4	-0,2	59	0,2	100
Западинці	291	1,5	2,8	-1,4	52	0,9	62
Лохвиця	11 608	11,8	15,7	-3,9	75	4,1	34
Лука	1480	4,9	4,8	0,1	101	0,3	6
Парницьке	9	0,1	0,4	-0,3	24	0,1	100
Ручки	21	0,0	0,3	-0,3	-	-	-
Свиридівка	668	2,9	4,8	-1,9	61	2,9	100
Степуки	192	1,4	1,6	-0,2	90	1,4	100
Харківці	560	1,5	5,3	-3,8	28	0,5	32
Яхники	1339	4,5	7,8	-3,3	57	2,2	48
Яшники	243	1,1	1,8	-0,7	60	1,1	100
Всього	17223	32,2	51,6	-19,4	62	13,9	43

Примітки. СЗ – площа житлової забудови за даними аналізу супутникових знімків, ПМК – площа населених пунктів за даними Публічної кадастрової карти України [25]

Контури населених пунктів були отримані двома шляхами: векторизацією видимих меж житлової забудови на супутникових знімках Google Earth та згідно з даними Державного земельного кадастру, наведеними на Публічній кадастровій карті України [25]. У результаті було виявлено помітну розбіжність у контурах та, відповідно, площах, що істотно впливає на результати просторового аналізу та встановлення санітарно-захисних зон для промислових об'єктів. Майже в усіх випадках площа видимої житлової забудови на супутникових знімках була помітно меншою за кадастрову площу і становила 24–90% від неї. Лише для двох сіл – Лука і

Степуки – кадастрова площа практично відповідала площі дійсної забудови. Одне село – Ручки – взагалі виявилось повністю покинутим, з відсутньою забудовою, проте у кадастрі воно ще значиться. Виявлені розбіжності є характерними і для територій інших нафтогазових родовищ, і це необхідно враховувати під час проведення ОВД і встановлення санітарно-захисних зон для запланованих промислових об'єктів. Загальна площа житлової забудови у межах родовища, виділеної за даними супутникових знімків, становила 13,9 км², що складає 11% від загальної площі родовища.

Найтипівішими об'єктами видобувної інфраструктури є свердловини, які споруджують з використанням дизельних бурових агрегатів і мають розмір нормативної санітарно-захисної зони в 500 м [16]. Відповідно, ми виділили буферні зони розміром 500 м навколо населених пунктів, в яких за нормативними вимогами не можна розташовувати свердловини й проводити видобувну діяльність (рис. 1а). Загальна площа таких буферних зон у межах родовища становила 29,1 км² (22,8% від загальної площі).

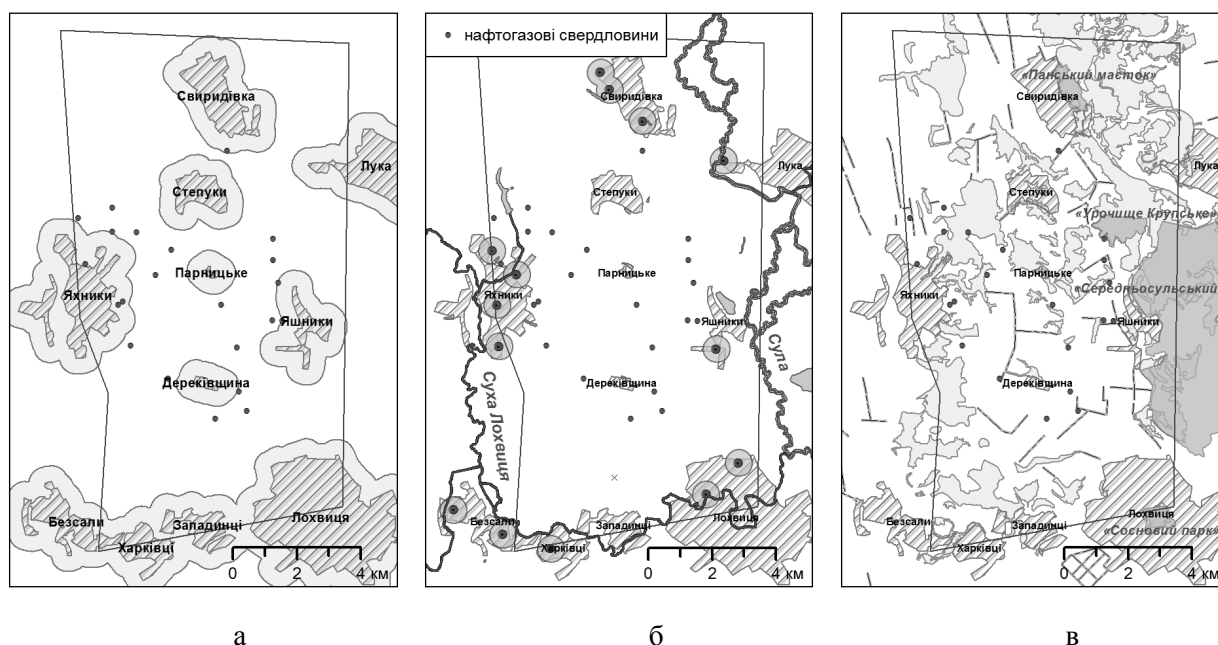


Рис. 1. Просторові обмеження нафтогазодобувної діяльності на території Свиридівського родовища: а – буферні зони 500 м навколо житлової забудови; б – зони санітарної охорони водозаборів та прибережно-захисні смуги водотоків; в – території природно-заповідного фонду та ділянки природних ландшафтів

Територією Свиридівського родовища протікає р. Сула та її права притока р. Суха Лохвиця. Загальна протяжність річок на території родовища становить 11,6 км, з яких р. Сула має протяжність 9,4 км, р. Суха Лохвиця – 2,2 км. Розмір прибережно-захисних смуг цих річок був встановлений, виходячи з площі їх водозбірних басейнів (р. Сула – 19 600 км², Суха Лохвиця – 491 км²) згідно з класифікацією річок, наведеною у Водному кодексі України, ст. 79 [20]. Відповідно, прибережно-захисні смуги, які були побудовані на карті, для р. Сула становить 50 м, для р. Суха Лохвиця та дрібніших притоків – 25 м, (див. рис. 1б).

За допомогою інструментів просторового аналізу було визначено, що загальна довжина водотоків у межах родовища становить 16,9 км для р. Сула і 12,6 км для р. Суха Лохвиця та її притоків. Площа прибережно-захисних смуг S при цьому становить:

$$S = L_p \cdot (2 \cdot B_{ПЗС}), \text{ м}^2 \quad (1)$$

де L_p – довжина річки на території родовища, м;

$B_{ПЗС}$ – нормативний розмір прибережно-захисної смуги, м.

У результаті визначили, що площа прибережно-захисної смуги у межах родовища для р. Сула становить 1,6 км², для р. Суха Лохвиця та її притоків – 0,63 км². Загальна площа прибережно-захисних смуг річок на території родовища сягає 2,2 км², що дорівнює 1,7% від загальної площі ліцензійної ділянки.

Наступним типом просторових обмежень, які було оцінено в роботі, є зони санітарної охорони водозаборів. Вони були визначені для водозабірних свердловин централізованого водопостачання у населених пунктах. Свердловини експлуатують бучацький водоносний горизонт на глибині близько 100 м від поверхні землі, що є розповсюдженою практикою для організації централізованого водопостачання у сільській місцевості регіону.

Перший пояс ЗСО водозабірних свердловин є поясом суворого режиму і включає майданчик розміщення водозабірних споруд на усті свердловин розміром 30–50 м [19]. Розміри другого і третього поясів розраховували за загальноприйнятою методикою на основі гідрогеологічного розрахунку радіусу підтягування підземних вод за певний час, який визначається залежно від призначення поясу [18]. Для розрахунку другого поясу, який призначено для охорони підземних вод від бактеріального забруднення, взяли час виживання патогенних бактерій у міжпластових водах – 200 діб. Третій пояс, який призначено для охорони джерел водопостачання від хімічного забруднення, розраховували, виходячи з орієнтовного проектного терміну експлуатації водозабірних свердловин – 10 000 діб. Розрахунки радіусів другого та третього поясів провели за формулою без урахування природного потоку підземних вод:

$$R = \sqrt{\frac{Q \cdot t}{\pi \cdot n \cdot m}}, \text{ м} \quad (2)$$

де Q – продуктивність водозабору, м³/добу; m – товщина водоносного горизонту, м; n – активна пористість водовмісних порід, частки од.; t – розрахунковий час (виживання бактерій у підземних водах для розрахунку 2-го поясу, проектний час експлуатації свердловини для розрахунку 3-го поясу ЗСО), діб.

Оскільки точні дані щодо дебітів досліджуваних водозаборів відсутні, для розрахунків були узяті типові параметри водозабірних свердловин на бучацький горизонт, що експлуатуються в регіоні: максимальна продуктивність свердловини (ліміт водовідбору згідно з дозволом на спецводокористування) – 12 м³/годину (288 м³/добу), ефективна пористість водовмісних пісків – 0,2; середня товщина водоносного горизонту – 30 м. За результатами розрахунків отримано радіус II поясу – 60 м, III поясу – 420 м, за якими були побудовані відповідні буферні зони для 14 водозабірних свердловин на території родовища. Для всіх свердловин отримані контури ЗСО опинилися на території житлової забудови або у межах 500-метрових буферних зон, побудованих навколо населених пунктів.

На території досліджуваного родовища розташовані чотири об'єкти ПЗФ – гідрологічний заказник державного значення «Середньосульський», лісовий заказник місцевого значення «Урочище Крупське», ландшафтний заказник місцевого значення «Панський маєток» та ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Сосновий парк» (див. рис. 1в). У результаті проведеного оверлейного аналізу було визначено, що сумарна площа земель ПЗФ у межах родовища становить 6,4 км², що дорівнює 5% площі родовища (табл. 3).

Таблиця 3

Результати аналізу перекриття об'єктів ПЗФ із контурами родовища

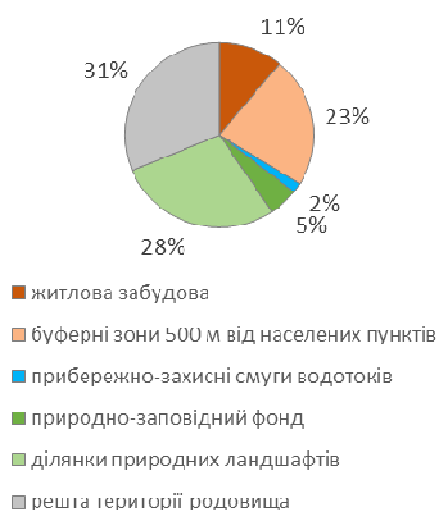
Назва об'єкта ПЗФ	Загальна площа об'єкту, км ²	Площа перекриття з родовищем, км ²	Ступінь перекриття, %
Гідрологічний заказник загальнодержавного значення «Середньосульський»	23,23	4,68	20,16
Лісовий заказник місцевого значення «Урочище Крупське»	0,95	0,95	100
Ландшафтний заказник місцевого значення «Панський маєток»	0,73	0,73	100
Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Сосновий парк»	0,6	0,06	9,85
Всього	25,51	6,42	—

Навколо об'єктів ПЗФ можуть встановлюватися охоронні зони для забезпечення необхідного режиму охорони й запобігання негативному впливу господарської діяльності. Розмір охоронних зон визначається відповідно до їх цільового призначення на основі спеціальних обстежень ландшафтів та виду господарської діяльності на прилеглих територіях [21]. Для

об'єктів ПЗФ, які потрапляють на територію Свиридівського родовища, охоронні зони не встановлені, але наближеність нафтогазовидобувної інфраструктури до меж ПЗФ створює певні ризики негативного впливу на заповідні екосистеми. Тому ми проаналізували наближеність наявних нафтогазовидобувних об'єктів до заповідних ділянок і виявили, що у 100-метровій зоні навколо меж ПЗФ розташована одна законсервована свердловина, у 500-метровій зоні свердловини та інші нафтогазопромислові об'єкти відсутні.

Окрім об'єктів ПЗФ, на території Свиридівського родовища розташовані й інші ділянки збереження біорізноманіття, представлені лісовими масивами, ділянками лучної степової рослинності на схилах і в днищах балок, водно-болотними угіддями та лісосмугами. Аналіз супутникових знімків показав, що сумарна площа лісових масивів у межах родовища становить 32 км² або більше 25% загальної площі родовища, ділянки лучної степової рослинності займають 2,8 км² (2,2%), водойми і водно-болотні угіддя – 0,9 км² (0,7%). Загальна довжина лісосмуг у межах родовища становить 35 км. Усі ці території є осередками біорізноманіття, можуть містити рідкісні види рослин і тварин або зникаючі оселища, тому потребують дослідження потенційного впливу на рослинний і тваринний світ у рамках ОВД.

Таким чином, на території Свиридівського родовища визначено ділянки з основними просторовими обмеженнями, що виникають під час нафтогазовидобувної діяльності (рис. 2).



Тип ділянки	км ²	% від площі родовища
Житлова забудова	13,9	11
Буферні зони 500 м від населених пунктів	29,1	23
Зони санітарної охорони водозаборів	5,26	–
Прибережно-захисні смуги водотоків	2,2	2
Природно-заповідний фонд	6,4	5
Ділянки природних ландшафтів	35,7	28
Решта території родовища	39,7	31

Примітка. Зони санітарної охорони водозаборів розташовані в межах буферних зон населених пунктів

Рис. 2. Ділянки просторових обмежень на території Свиридівського родовища

Сумарна площа ділянок просторових обмежень становила 87 км² (близько 70% загальної площі родовища) без урахування площі ЗСО водозабірних свердловин, які, за результатами аналізу, не виходять за межі 500-метрових буферних зон навколо населених пунктів. Перекриття між собою інших типів виділених зон, наприклад ПЗС водотоків і населених пунктів, не враховувалося, оскільки є відносно незначним. У підсумку, решта території родовища, на яку не розповсюджуються виділені типи просторових обмежень, становила близько 40 км² або 30% від загальної ліцензійної площі.

Висновки. Визначення й аналіз просторових обмежень господарської діяльності є важливим елементом оцінки впливу на довкілля, особливо для нафтогазовидобувних ділянок, які охоплюють значні площі, мають розгалужену інфраструктуру та становлять підвищену екологічну небезпеку. Основними типами чинних просторових обмежень є нормативні – дотримання санітарно-захисних зон промислових об'єктів, зон санітарної охорони водозаборів, прибережно-захисних смуг водойм і водотоків, дотримання режиму природоохоронних територій. В умовах антропогенно змінених лісостепових і степових ландшафтів України також є доцільним застосування обмежень нафтогазовидобувної діяльності на ділянках природних ландшафтів усіх типів, які, не зважаючи на відсутність заповідного статусу, виконують найважливіші екосистемні функції та забезпечують біорізноманіття території.

На прикладі Свиридівського газоконденсатного родовища в Полтавській області встановлено, що найбільші площі в межах родовища займають населені пункти з буферними

зонами, що відповідають розміру санітарно-захисних зон нафтогазових свердловин, а також ділянки уразливих природних ландшафтів. Частка площі родовища, на якій можливе видобування вуглеводнів із мінімальними просторовими обмеженнями, становить всього близько 30%.

Література

1 Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 р. № 2059-VIII. Дата оновлення: 18.12.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення 02.11.2019)

2 Адаменко Я. О. Методологія скоупінгу в процедурах ОВД. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2019. 1(19). С. 78-84.

3 Єдиний реєстр ОВД Міністерства екології та природних ресурсів України. URL: <http://eia.menr.gov.ua/> (дата звернення: 12.11.2019)

4 Шаравара В. В., Бондаренко О. О., Тарасова О. Г., Гаврилюк Р. Б., Гулевець Д. В., Савченко С. А. Впровадження оцінки впливу на довкілля в Україні: аналіз ризиків і перспектив (громадське бачення). Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2018. № 2. С. 93–105

5 Environmental Impact Assessment of Projects: Guidance on the preparation of the Environmental Impact Assessment Report. European Commission, Luxembourg, 2017. 130 p. URL: https://ec.europa.eu/environment/eia/pdf/EIA_guidance_EIA_report_final.pdf (дата звернення: 10.11.2019)

6 Environmental Assessment – Devon NEC Corporation Pike 1 Project – EIA Report and application for approval, vol. 3, appendix B: Cumulative Constraints Development. 2014. URL: <https://open.alberta.ca/publications/environmental-assessment-devon-nec-corporation-pike-1-project-eia-report> (дата звернення: 10.11.2019)

7 Czolowski E., Santoro R., Srebotnjak T., Shonkoff S. Toward consistent methodology to quantify populations in proximity to oil and gas development: a national spatial analysis and review. Environmental Research. 2018. 167. P. 550–557.

8 Boudet H., Zanocco C., Howe P., Clarke C. The effect of geographic proximity to unconventional oil and gas development on public support for hydraulic fracturing. Risk Analysis. 2018. 38(9). P. 1871–1890.

9 Ogneva-Himmelberger Y., Huang L. Spatial distribution of unconventional gas wells and human populations in the Marcellus Shale in the United States: vulnerability analysis. Applied Geography. 2015. 60. P. 165–174

10 Дружинін М. А., Плешкановська А. М. Проблеми формування санітарно-захисних зон в плануванні міста. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2014. Вип. 35. С. 237–241.

11 Полька Н. С., Шкуро В. В. Актуальні проблеми застосування санітарно-захисних зон як інструменту захисту сельбищних територій від несприятливого впливу об'єктів промисловості. Екологія и промисленность. 2011. № 3. С. 25–33.

12 Мовенко В. І., Новик П. П. Деякі проблеми прибережних захисних смуг річок України. Технічні науки та технології. 2015. № 1. С. 216-219.

13 Мусієнко О. В. Технологія проектування санітарно-захисних зон з використанням ГІС. Містобудування та територіальне планування. 2010. Вип. 36. С. 284–290.

14 Шелковська І. М. Геоінформаційне моделювання прибережної захисної смуги (на прикладі Кременчуцького водосховища). Містобудування та територіальне планування. 2014. 53. С. 586–593.

15 ДБН Б 2.2.-12:2018. Планування і забудова територій: затв. наказом М-ва регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 23.04.2018 № 100.

16 Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів: затв. наказом М-ва здоров'я України від 19.06.1996 р. № 173. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96> (дата звернення: 02.11.2019).

17 Правила безпеки в нафтогазодобувній промисловості України: затв. наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 06.05.2008 р. № 95.

18 Рекомендации по гидрогеологическим расчетам для определения границ 2 и 3 поясов зон санитарной охраны подземных вод источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. Москва, ВНИИ. Водгео, 1983.

19 Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів: постанова Каб. Міністрів України від 18.12.1998 р. № 2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2024-98-%D0%BF> (дата звернення: 02.11.2019)

20 Водний Кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР. Дата оновлення: 18.12.2017. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 02.11.2019)

21 Про природно-заповідний фонд України: Закон України № 2457-ХІІ від 16.06.1992. 1992. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12> (дата звернення 03.11.2019)

22 Вовк О. Г., Журавель М. Ю., Клочко П. В., Шенгерій Л. М., Яременко В. В. Раритетна фітобіота в рослинному покриві території виробничої діяльності СП «Полтавська газонафтова компанія». Заповідна справа у Степовій зоні України: збірник наукових статей. Серія: «Conservation Biology in Ukraine». 2018. Вип. 10. С. 139–151.

23 Emerald Network – General Viewer. European Environmental Agency. URL: <http://emerald.eea.europa.eu/> (дата звернення: 08.11.2019).

24 Інтерактивна карта ділянок надр, на які надані спецдозволи на користування надрами. Державне науково-виробниче підприємство «Геоінформ України». URL: <http://geoinf.kiev.ua/wp/interaktyvni-karty-spetsdozvoliv.htm> (дата звернення: 12.11.2019)

25 Публічна кадастрова карта України. URL: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta> (дата звернення 14.11.2019)

D. Diadin, O. Senko

*O. M. Beketov National University
of Urban Economy in Kharkiv*

SPATIAL CONSTRAINTS ANALYSIS OF THE OIL AND GAS PRODUCTION AS PART OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT

The paper studies the main types of environmental spatial constraints of the oil and gas production which should be taken into consideration in the environmental impact assessment. The normative and regulatory framework of spatial constraints in the oil and gas production areas has been analyzed, in particular, the sanitary protection zones of production facilities, sanitary protection zones of water supply intakes, protected shoreline belts of water streams and reservoirs, and nature reserve fund areas.

The authors have shown the need to single out the natural landscape areas within the areas with spatial constraints – forests, ravine forests, steppe vegetation on the slopes and at the bottoms of washes, flood meadows, wetlands, and forest belts – in view of their significance in terms of providing ecosystem services and sustaining biodiversity.

Using the geoinformational technologies, in particular, the geospatial analysis tools, and Svyrydivske gas-condensate field as an example, the authors have delineated the territories with spatial constraints according to the analyzed types, assessed their areas and spatial distribution. Based on the analysis results, the largest territory – 28% of the production field – is occupied by the areas with natural vegetation (forests, steppe vegetation in washes and wetlands), and the smallest territory (2%) – by the protected shoreline belts of water streams. The nature reserve fund areas take 5% of the field area. The total area of the territories with spatial constraints of the oil and gas production within Svyrydivske gas-condensate field is 87 km², which makes up 70% of the total field area.

The approaches to defining and analyzing the environmental spatial constraints, used in the study, are recommended to be used in the environmental impact assessment of the oil and gas production.

Key words: oil and gas production, environmental impact assessment, environmental spatial constraints, sanitary protection zone, protected shoreline belt, buffer zone, sanitary protection zone of water supply intakes, nature reserve fund.

References

1 Pro otsinku vplyvy na dovkillya: Zakon Ukraini vid 23.05.2017 № 2059-VIII. Data onovlennya: 18.12.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (data zvernennya 02.11.2019)

2 Adamenko Ya. O. Metodologiya scoupingu v protsedurah OVD. Ekologichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannya. 2019. 1(19). S. 78-84.

3 Edyniy reyestr OVD Ministerstva ekologii ta prirodnih resursiv Ukrainy. URL: <http://eia.menr.gov.ua/> (data zvernennya: 12.11.2019)

4 Sharavara V. V., Bondarenko O. O., Tarasova O. G., Gavrylyuk R. B., Hulevets D. V., Savchenko S. A. Vprovadzhennia otsinky vplyvu na dovkillia v Ukraini: analiz ryzykiv i perspektyv (hromadske bachennia). *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia*. 2018. № 2. S. 93–105

5 Environmental Impact Assessment of Projects: Guidance on the preparation of the Environmental Impact Assessment Report. European Commission, Luxembourg, 2017. 130 p. URL: https://ec.europa.eu/environment/eia/pdf/EIA_guidance_EIA_report_final.pdf (дата звернення: 10.11.2019)

6 Environmental Assessment – Devon NEC Corporation Pike 1 Project – EIA Report and application for approval, vol. 3, appendix B: Cumulative Constraints Development. 2014. URL: <https://open.alberta.ca/publications/environmental-assessment-devon-nec-corporation-pike-1-project-eia-report> (дата звернення: 10.11.2019)

7 Czolowski E., Santoro R., Srebotnjak T., Shonkoff S. Toward consistent methodology to quantify populations in proximity to oil and gas development: a national spatial analysis and review. *Environmental Research*. 2018. 167. P. 550–557.

8 Boudet H., Zanocco C., Howe P., Clarke C. The effect of geographic proximity to unconventional oil and gas development on public support for hydraulic fracturing. *Risk Analysis*. 2018. 38(9). P. 1871–1890.

9 Ogneva-Himmelberger Y., Huang L. Spatial distribution of unconventional gas wells and human populations in the Marcellus Shale in the United States: vulnerability analysis. *Applied Geography*. 2015. 60. P. 165–174

10 Druzhynin M. A., Pleshkanovska A. M. Problemy formuvannia sanitarno-zakhysnykh zon v planuvanni mista. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*. 2014. Vyp 35. S. 237–241.

11 Polka N. S., Shkuro V. V. Aktualni problemy zastosuvannia sanitarno-zakhysnykh zon yak instrumentu zakhystu selbyshchnykh terytorii vid nespryiatlyvoho vplyvu ob'ektiv promyslovosti. *Ekolohiya i promyshlennost*. 2011. № 3. S. 25–33.

12 Movenko V. I., Novyk P. P. Deiaki problemy pryberezhnykh zakhysnykh smuh richok Ukrainy. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii*. 2015. № 1. S. 216–219.

13 Musiienko O. V. Tekhnolohiia proektuvannia sanitarno-zakhysnykh zon z vykorystanniam HIS. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*. 2010. Vyp. 36. S. 284–290.

14 Shelkovska I. M. Heoinformatsiine modeliuvannia pryberezhnoi zakhysnoi smuhy (na prykladi Kremenchutskoho vodoskhovyscha). *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*. 2014. 53. S. 586–593.

15 DBN B 2.2.-12:2018. Planuvannia i zabudova terytorii: zatv. nakazom M-va rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy vid 23.04.2018 № 100.

16 Derzhavni sanitarni pravyla planuvannia i zabudovy naselenykh punktiv: zatv. nakazom M-va zdorovia Ukrainy vid 19.06.1996 r. № 173. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96> (data zvernennia: 02.11.2019)

17 Pravyla bezpeky v naftohazodobuvnii promyslovosti Ukrainy: zatv. nakazom Derzhavnoho komitetu Ukrainy z promyslovoi bezpeky, okhorony pratsi ta hirnychoho nahliadu vid 06.05.2008 r. № 95.

18 Rekomendatsyy po hydroheolohycheskym raschetam dlia opredeleniya hranyts 2 y 3 poiasov zon sanytarnoi okhrany podzemnykh vod ystochnykov khoziaistvenno-pytevoho vodosnabzheniya. Moskva, VNIYY. Vodheo, 1983.

19 Pro pravovyi rezhym zon sanitarnoi okhorony vodnykh ob'ektiv: postanova Kab. Ministriv Ukrainy vid 18.12.1998 r. № 2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2024-98-%D0%BF> (data zvernennia: 02.11.2019)

20 Vodnyi Kodeks Ukrainy vid 06.06.1995 r. № 213/95-VR. Data onovlennia: 18.12.2017. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80> (data zvernennia: 02.11.2019)

21 Pro pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy: Zakon Ukrainy № 2457-KhII vid 16.06.1992. 1992. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12> (data zvernennia 03.11.2019)

22 Vovk O. H., Zhuravel M. Yu., Klocho P. V., Shenherii L. M., Yaremenko V. V. Raryetna fitobiota v roslynnomu pokryvi terytorii vyrobnychoi diialnosti SP «Poltavska hazonaftova kompaniia». *Zapovidna sprava u Stepovii zoni Ukrainy: zbirnyk naukovykh statei. Seriia: «Conservation Biology in Ukraine»*. 2018. Vyp. 10. S. 139–151.

23 Emerald Network – General Viewer. European Environmental Agency. URL: <http://emerald.eea.europa.eu/> (data zvernennia: 08.11.2019).

24 Interaktyvna karta dilianok nadr, na yaki nadani spetsdozvolu na korystuvannia nadramy. Derzhavne naukovo-vyrobnyche pidpriemstvo «Heoinform Ukrainy». URL: <http://geoinf.kiev.ua/wp/interaktyvni-karty-spetsdozvoliv.htm> (data zvernennia: 12.11.2019)

25 Publichna kadastrova karta Ukrainy. URL: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta> (data zvernennia 14.11.2019).

Надійшла до редакції 26 листопада 2019 р.

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 504.064

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-2(20)-62-75

Я. О. Адаменко

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗОЛОВІДВАЛУ БУРШТИНСЬКОЇ ТЕС НА СТАН ГРУНТОВИХ ВОД

Роботу присвячено дослідженню екологічних особливостей ґрунтових вод на території навколо Бурштинської ТЕС. порушено проблему подальшого складування золових відходів теплоелектростанції та запропоновано низку альтернатив щодо поводження з такими небезпечними для довкілля промисловими відходами. Охарактеризовано сучасний стан ґрунтових вод як одного зі значущих середовищ, на яке негативно впливає золовідвал. У статті висвітлено результати попередньо проведених гідрогеологічних досліджень і, взявши до уваги фільтраційні характеристики ґрунтів, наведено розрахунки щодо впливу відходів на ґрунтові води. Встановлено, що фільтраційно-ємнісні коефіцієнти ґрунтів, розповсюджених у межах проектних майданчиків, значно перевищують санітарні норми. Розраховано, що влаштування глиняного екрану є економічно недоцільним, а спорудження екрану з поліетиленової плівки необхідно проводити на піщаній подушці, щоб запобігти пошкодженню плівки. Але і в цьому випадку гідрогеологічні комплекси територій залишаться не повністю захищеними, тому крім будівництва протифільтраційного екрану і каналу просвітленої води виникає необхідність будівництва протифільтраційного каналу.

Для встановлення напрямку потоку ґрунтових вод та з метою запобігання їх забрудненню в роботі наведено графічне моделювання фільтраційного потоку гравійно-галькового горизонту.

Ключові слова: оцінка впливів на довкілля, ґрунтові води, золові відходи, теплоелектростанція, альтернатива.

Постановка проблеми. Бурштинська теплова електростанція (БуТЕС) потужністю 2400,0 МВт розташована в 6 км на південний схід від м. Бурштин Галицького району Івано-Франківської області, в 40 км на північ від м. Івано-Франківська.

На ТЕС встановлено дванадцять енергоблоків по 200 МВт кожний. Основне паливо для ТЕС – кам'яне вугілля та сезонні надлишки газу. Видалення золи і шлаків на БуТЕС, як і у більшості підприємств цього типу здійснюється гідравлічним шляхом по роздільній системі з окремим транспортуванням і складуванням золи на золовідвали, а шлаків на шлаковідвали.

За період роботи Бурштинської ТЕС з 1969 року і дотепер було збудовано три золошлаковідвали, з яких два розташовано поблизу електростанції та с. Бовшів (золовідвали № 1, 2) і вже виведено з експлуатації, закрито та рекультивовано, а золові відходи, що утворюються на БуТЕС, надходять для складування у золовідвал №3.

Джерелом технічного водопостачання БуТЕС служить р. Гнила Липа. Система охолодження і технічного водопостачання – зворотна з водосховищем-охолоджувачем на р. Гнила Липа. Система водопостачання гідрозолошлаковидалення – оборотна з підживленням її від системи охолодження і технічного водопостачання БуТЕС, а також завдяки повторному використанню очищених стічних вод.

За період роботи Бурштинської ТЕС на золошлаковідвалах нагромаджено близько 30 млн т золошлакових відходів. Щорічний їх вихід становив понад 1 млн т. Сьогодні в експлуатації перебуває золовідвал №3 загальною площею 120 га. Цей золовідвал має двосекційну конструкцію. Загальна залишкова місткість двох секцій складає 500 тис.м³, що дає можливість проводити

експлуатацію золовідвалу №3 протягом 0,5-0,6 років при мінімальному використанні частки вугільного палива на ТЕС.

Беручи до уваги те, що заповнення золовідвалу № 3 здійснюється на межі граничних проектних величин і його нарощування є вже неможливим, а комбінат будівельних матеріалів і установка з відбору мокрої золи також ще не запущена у виробництво, виникає необхідність у спорудженні штучних ємкостей для тимчасового складування золових відходів БуТЕС.

Питання подальшого складування золи і будівництва нового золовідвалу за останні 10 років багаторазово й активно обговорювалося на всіх рівнях, але так і залишилося невирішеним. Основною і єдиною актуальною проблемою залишається виділення нової земельної ділянки, що дозволило би консервувати діючий золовідвал. Крім цього варто зазначити, що місцева громадськість має негативну думку про будівництво такого об'єкту.

Екологічна небезпека використовуваного золовідвалу полягає у його перенавантаженні, ненадійному стані дамб і розташуванні у густонаселеній зоні заплави р. Дністер; вона підтверджена багатьма дослідженнями та висновками компетентних організацій, які визнають неможливість припинення процесу без виведення з експлуатації. БуТЕС витрачає значні кошти на підтримкування золовідвалу в працездатному стані, однак це не дає бажаних результатів.

Для вирішення цієї проблеми з огляду на охорону довкілля необхідно комплексно оцінити ситуацію та запропонувати декілька альтернатив щодо подальшого поводження з відходами такого типу. Вважаємо що для цього можна використовувати матеріали досліджень, що були проведені в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу з оцінювання впливу на навколишнє середовище (ОВНС) [10]. Ці матеріали можуть слугувати подальшою підставою для проведення повномасштабного оцінювання впливу на довкілля (ОВД) для проектів поводження із золошлаковими відходами БуТЕС. Однією з проблем, яка може виникнути підчас ОВД, є питання впливу існуючого та майбутнього золовідвалу на стан ґрунтових вод.

Метою статті є проведення оцінювання впливу на стан ґрунтових вод у місці розташування золовідвалу Бурштинської ТЕС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Екологічний стан об'єктів навколишнього середовища в районах розміщення золовідвалів ТЕС досліджували відомі вітчизняні та закордонні науковці – Барієва Е. Р., Горова А. І., Зверева В. П., Кошлак Г. В., Крижанівський Є. І., Крупська Л. Т., Кулиненко О. Р., Кутувий В. О., Миленка М. М., Павличенко А. В., Черенцова А. А. та ін. [1-10]. Результатом досліджень цих авторів було встановлення рівнів та особливостей забруднення компонентів навколишнього середовища золошлаковими відходами та пропозиції щодо поводження з відходами такого типу. Також у роботах Горової А. І. та Павличенка А. В. [3] було висвітлено результати дослідження екологічного стану об'єктів навколишнього середовища в місцях розташування золошлакових відходів теплових електростанцій з використанням методів біоіндикації.

Викладення основного матеріалу досліджень. При детальному розгляді проблеми поводження з твердими відходами, що утворюються в процесі спалювання органічних носіїв БуТЕС, та обговоренні цієї проблеми із зацікавленими сторонами проекту (зокрема і з громадськістю), серед найбільш реально можливих та доцільних, як з боку техніко-технологічних факторів, економічних розрахунків, так і з боку охорони довкілля, було прийнято як альтернативні такі способи поводження з твердими відходами виробництва:

– альтернатива 1 «Бездіяльність» – використання існуючої системи поводження з твердими відходами виробництва;

– альтернатива 2 «Південний золовідвал» – майданчик під будівництво розміщується в 6 км на південь від БуТЕС, на землях Демешківської сільської ради, з північного боку межує з існуючим золовідвалом;

– альтернатива 3 «Західний золовідвал» – майданчик під будівництво розміщується в 6 км на південь від БуТЕС, на землях Демешківської сільської ради, зі східного боку межує з існуючим золовідвалом;

– альтернатива 4 «Золовідвал Касова Гора» – майданчик під будівництво розміщується в 3 км на схід від БуТЕС, на землях Бовшівської селищної ради у безіменній балці в районі Бовшівського глиняного кар'єру;

– альтернатива 5 «Північний золівідвал» – майданчик під будівництво розміщується в 5,5 км на південь від БуТЕС, на землях агрофірми «Бовшівська», з південного боку межує з асфальтованою дорогою до с. Демешківці, зі східного – з автотрасою Львів-Івано-Франківськ;

– альтернатива 6 «Золівідвал „Німшинський кар’єр”» – майданчик під будівництво розміщується в 1 км на північ від с.Німшин, у меандрі р. Дністер, на землях Демешківської сільської ради, на території виробленого гравійно-глиняного кар’єру;

– альтернатива 7 «Нижній б’єф» – майданчик під будівництво золівідвалу розміщується в нижньому б’єфі греблі Бурштинського водосховища та обмежений з північного сходу схилом Бовшівського кар’єру, а з південно-східної сторони – дамбою золівідвалу №2;

– альтернатива 8 «Заплава р. Гнила Липа» – майданчик під будівництво золівідвалу розміщується на лівобережній заплаві р. Гнила Липа в районі с. Хоростків на дренажних землях;

– альтернатива 9 «Відвал дефекату Бовшівського цукрового заводу» – майданчик під будівництво золівідвалу розміщується на території відвалу дефекату Бовшівського цукрового заводу»;

– альтернатива 10 «Трубопровідне транспортування золи у Подорожнянський кар’єр» – відпрацьований кар’єр розташований на біля с. Подорожнє, Жидачівського району Львівської області, на відстані 40 км від БуТЕС;

– альтернатива 11 «Залізничне транспортування золи у Подорожнянський кар’єр» – транспортування золи залізничним транспортом;

– альтернатива 12 «Переробка твердих відходів на БуТЕС» – передбачається рекуперація золи та шлаку на заводі будівельних матеріалів, що розташований в межах промайданчика БуТЕС;

– альтернатива 13 «Переробка твердих відходів на інших заводах» – передбачається переробка та рекуперація твердих відходів БуТЕС (зола, шлак, мікросфера) на інших заводах області та країни.

У результаті проведення попереднього оцінювання альтернатив на рівні можливого впливу на компоненти навколишнього середовища та з фіксацією можливості реальних умов впровадження тої чи іншої альтернативи з її економічною доцільністю, було проведено їхнє порівняння та подальший розгляд, виходячи з конкурентоспроможності та переваг щодо інженерних можливостей; економічної доцільності та екологічної безпеки.

Аналізуючи означені чинники поводження із золотими відходами БуТЕС та сучасний стан навколишнього середовища в межах Галицького району, для оцінювання екологічних впливів надалі було запропоновано чотири альтернативи (рис. 1):

- альтернатива 1 – «Бездіяльність (золівідвал №3)»;
- альтернатива 2 – «Південний золівідвал»;
- альтернатива 3 – «Західний золівідвал»;
- альтернатива 4 – «Золівідвал “Касова Гора”».

Оцінювання впливів проводили для усіх середовищ довкілля. У цій роботі проілюструємо оцінювання ґрунтових вод як одного зі значущих середовищ, на яке негативно впливає використовуваний золівідвал та матиме такий вплив надалі.

Дослідження щодо оцінювання впливу на ґрунтові води проводилося у таких напрямках:

- вивчення мінералогічних та механо-фізичних властивостей порід підґрунтя;
- встановлення та моделювання напрямку стоку ґрунтових вод;
- відбір та аналіз проб ґрунтових вод;
- моделювання напрямків зміни мінералізації ґрунтової води;
- прогнозування ймовірних наслідків впливу запропонованих альтернатив на ґрунтові води;
- розроблення методів пом’якшення негативних впливів на ґрунтові води.

Місця розташування майданчиків для будівництва золівідвалу за альтернативами знаходяться в межах південно-західної частини Волино-Подільського артезіанського басейну, в якому виділяють водоносні горизонти у четвертинних, неогенових і крейдових відкладах.

Підземні води, які містяться в породах різного віку, часто гідравлічно пов’язані між собою і утворюють загальні водоносні горизонти (рис. 2). Живлення водоносних горизонтів атмосферне, а також завдяки підтоку води з інших горизонтів. Розвантаження водоносних горизонтів відбувається в долині р. Дністер та його притоках. Регіональним водотривким горизонтом є глини нижньонеогенового віку.

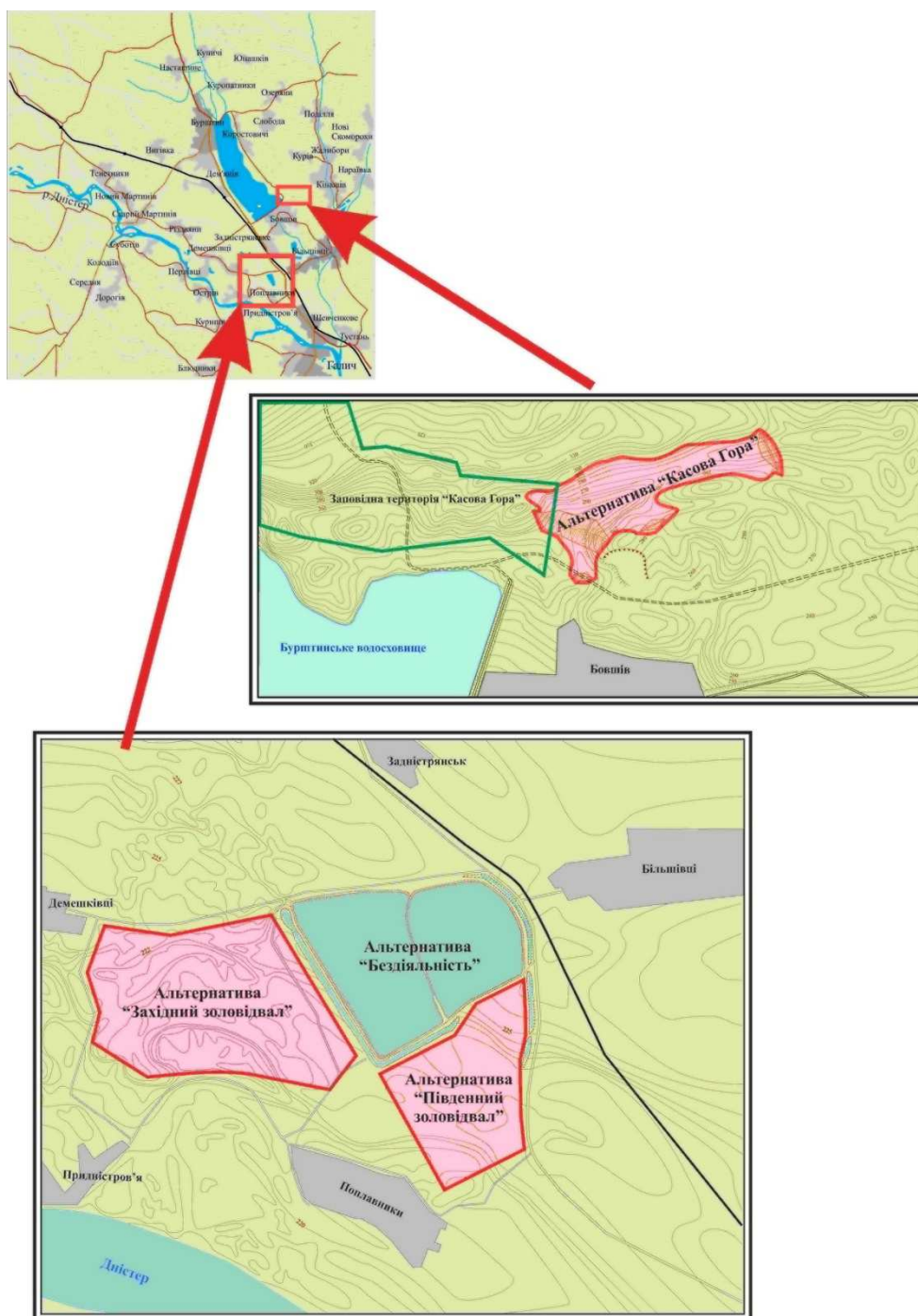
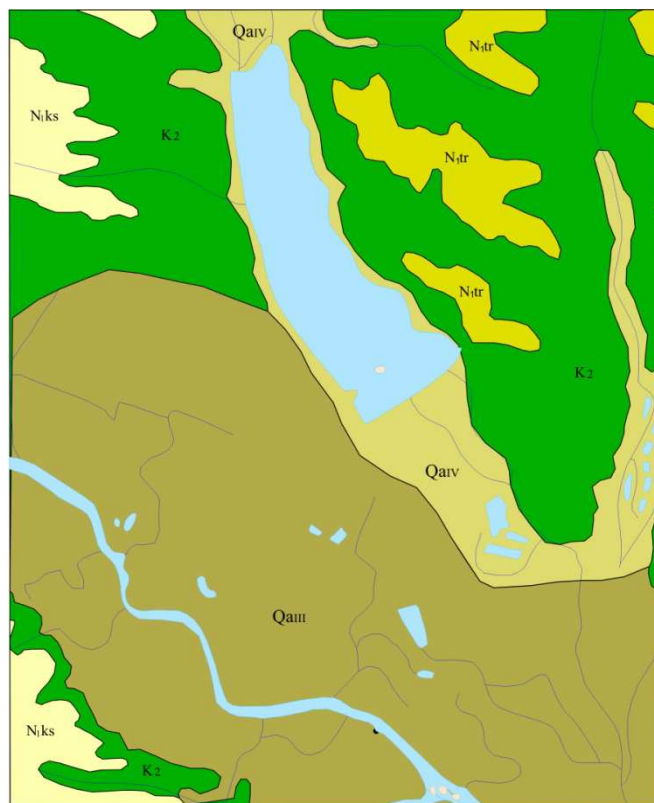


Рис. 1. Розташування проектних майданчиків будівництва золовідвалу БУТЕС за альтернативами екологічного оцінювання

Абсолютні відмітки поверхні в межах першої тераси коливаються від 218,0 м до 222,0 м, а в межах другої – доходять до 227,0 м.

Водоносні горизонти, що розповсюджені в межах проектних майданчиків, належать до четвертинних відкладів, підстелених мергелями верхньокрейдяного віку. Мергелі у верхній частині розрізу, на глибину до двох метрів, елювовані до стану глин з рештками щебеню мергелю. Покрівля мергельних глин відносно рівна і коливається в межах 210,0-212,7 абс. м.

Четвертинні відклади на першій і другій терасах Дністра представлені піщано-суглинковими та гравійно-гальковими відкладами різної потужності. В підшві четвертинних відкладів залягає водонасичений гравійно-гальковий горизонт (ІГЕ 55), потужність якого в межах I-ої тераси складає 1,1-2,4 м (максимально встановлена 5,7 м), II-ої – збільшується до 4,9-5,6 м. На першій терасі гравійно-галькові відклади частково розмиті. В покрівлі ІГЕ 55 в межах I-ої тераси залягають пилюваті та дрібні піски (ІГЕ 40, 41), в II-ій терасі – пилюваті, дрібні та середні піски (ІГЕ 50, 51, 52). Потужність відкладів складає 0,7-2,3 м.



Умовні позначення

Qaiv	Водоносний горизонт в сучасних алювіальних відкладах заплав рік і їх приток. Піски, галька
Qan	Водоносний горизонт в верхньоплейстоценових алювіальних відкладах надзаплавних терас. Галька, гравій, пісок.
Nks	Підземні води спорадичного розповсюдження в верхньобаденських відкладах косівської світи. Піски, пісковики.
Nitr	Водоносний горизонт в середньобаденських відкладах тираської світи. Гіпси, гіпсоангідрити, вапняки.
K2	Водоносний горизонт в верхньокрейдових відкладах. Мергелі, вапняки, крейда, пісковики.

Рис. 2. Гідрогеологічна карта району будівництва золовідвалу Бурштинської ТЕС

Вище за розрізом залягають суглинки та супіски, які взаємно змішуються без видимої закономірності. На I-й терасі суглинки та супіски виділені в ІЕГ 37 і 38. Місцями, в межах колишніх стариць і заплав, вони менш щільні, з домішками органіки і виділені, як ІЕГ 37а і 37б. Потужність супіщано-суглинистих відкладів складає 2,7-7,6 м. Їх підшва залягає в межах абсолютних відміток 212,6-218,6 м. На II-й терасі суглинки виділені в ІЕГ 48 та 48а, а супіски в ІЕГ 49. Їх загальна потужність тут збільшується і становить 5,0-10,3 м, що відповідає абсолютним відміткам підшви 215,7-223,1 м.

На поверхні, в межах проектних майданчиків альтернатив «Західний золовідвал» та «Південний золовідвал», розповсюджений ґрунтово-рослинний горизонт із середньою глибиною 0,4-1,0 м.

У четвертинних відкладах I-ої та II-ої надзаплавних терас залягають два водоносних горизонти. Перший водоносний горизонт належить до супіщано-суглинистих ґрунтів, з прошарками і лінзами пісків, другий розміщений у піщано-гравійно-галькових відкладах.

Води першого горизонту не напірні. Ґрунтові води, що розповсюджені в межах першої тераси, містяться близько до поверхні – на глибинах 0,4-0,6 м, рідше до 2,8 м; абсолютні відмітки 217,4-219,7 м; ґрунтові води другої тераси – на глибині 1,4-5,5 м, з абсолютними відмітками 219,3-223,2 м (рис. 3).

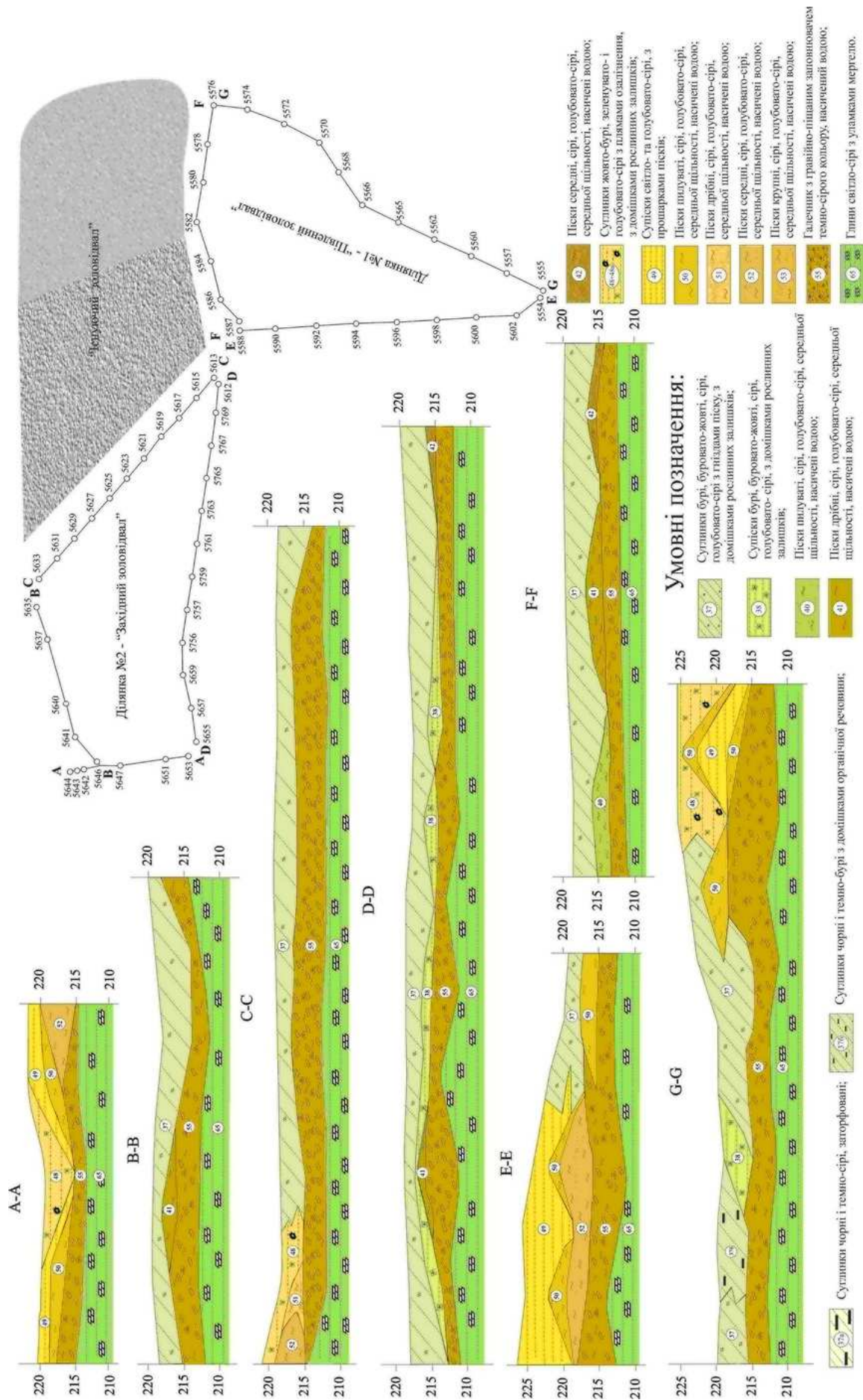


Рис. 3. Інженерно-геологічні профілі проектних ділянок золотидвалу БуТЕС (за матеріалами ВАТ «НДІ Теплоелектропроект», м.Львів)

Другий водоносний горизонт напірний, залягає на глибинах 3,6-5,5 м. Величина напору становить 1,0-6,4 м. Нижнім відносним водотривким шаром для нього є мергелясті глини. Обидва водоносні горизонти з'єднані між собою. Напір виникає завдяки значній різниці в коефіцієнтах фільтрації вмісних ґрунтів (0,5 і 60,0 м/добу). За хімічним складом ґрунтові води сульфатно-кальцієві з сульфатною агресією (табл. 1).

Таблиця 1

Результати стандартного аналізу ґрунтових вод

№ свердловин	Запах	Окислюваність за киснем	pH	Концентрація, мг/дм ³					
				(HCO ₃) ⁻	(CO ₃) ⁻²	(Cl) ⁻	(SO ₄) ⁻²	(NO ₂) ⁻	(NO ₃) ⁻
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
канал просвітленої води	б/з	6,9	8,99	79,3	36,0	27,8	396,0	0,53	0,85
5572	б/з	6,6	6,94	85,4	0	36,5	544,1	0,16	0,10
5613	б/з	6,9	7,14	335,5	0	29,6	148,2	0,10	0,15
5613A	б/з	5,3	7,14	201,3	0	31,3	277,4	0,01	0
5625	б/з	3,6	6,08	128,1	0	31,3	267,1	0	0

Продовж. табл. 1

№ свердловини	Концентрація, мг/дм ³					Мінералізація, мг/дм ³
	(Ca) ⁺²	(Mg) ⁺²	(Na) ⁺ +(K) ⁺	(NH ₄) ⁺	Fe _{заг.}	
1	11	12	13	14	15	16
канал просвітленої води	172,3	17,0	35,4	0	0,34	726,0
5572	216,4	21,9	25,5	0,98	5,65	888,0
5613	120,2	14,6	47,1	3,00	165,0	530,0
5613A	132,3	21,9	34,5	1,00	24,5	599,0
5625	132,3	19,4	7,1	0,54	20	522,0

Інженерно-геологічні умови альтернативних ділянок № 1 і 2 близькі між собою. Несприятливим фактором є наявність в основі дамб – різномірних, обводнених, слабоконсолідованих, з умістом органіки ґрунтів. Наявність гравійно-галькових ґрунтів з високим коефіцієнтом фільтрації при незначному віддаленні від основної дрени ґрунтових вод – р. Дністер є несприятливим фактором, який може спричинити забруднення навколишнього середовища. Більш сприятливою з огляду на це є територія, що розташована в межах другої надзаплавної тераси Дністра – тут більш потужна товща суглинистих ґрунтів, відсутні слабкі ґрунти, а ґрунтові води залягають на більшій глибині.

У межах майданчика, запропонованого для будівництва за альтернативою «Касова Гора», у геологічній будові беруть участь еолово-делювійні суглинки (на бортах балки), у тальвегу балки – заторфовані, суглинки сучасного віку, нижче яких залягає елювій, мергель верхньокрейдяного віку. Потужності заторфованих суглинків 2,7-7,2 м, лесоподібних суглинків – 15,0 м, елювіальних мергельних глин – 0,5-5,2 м.

Ґрунтові води в межах проектного майданчика трапляються тільки у тальвегу балки, рівень їх залягання на глибині біля 1,0 м (рис. 4). У природному стані ґрунтові води прісні, мають загальну мінералізацію біля 400,0 мг/дм³. Хімічний тип води – гідрокарбонатно-кальцієвий.

Водоносний горизонт, розміщений у вапняках під глинами, має напірний характер. П'єзометричні рівні, в природному стані, встановлюються на 0,5-6,0 м вище поверхні землі. Коефіцієнт фільтрації вапняків змінюється від 0,6 м/добу до 10,3 м/добу при середньому значенні 4,5 м/добу. Коефіцієнт фільтрації глин складає 0,001 м/добу.

Хімічний склад води характеризується загальною мінералізацією до 10,0 г/дм³, хімічний тип води сульфатно-натрієво-кальцієвий. Особливістю хімічного складу є те, що води містять сірководень до 50-100 мг/дм³, тому їм властивий вищий ступінь сульфатної агресії до сульфатостійких бетонів.

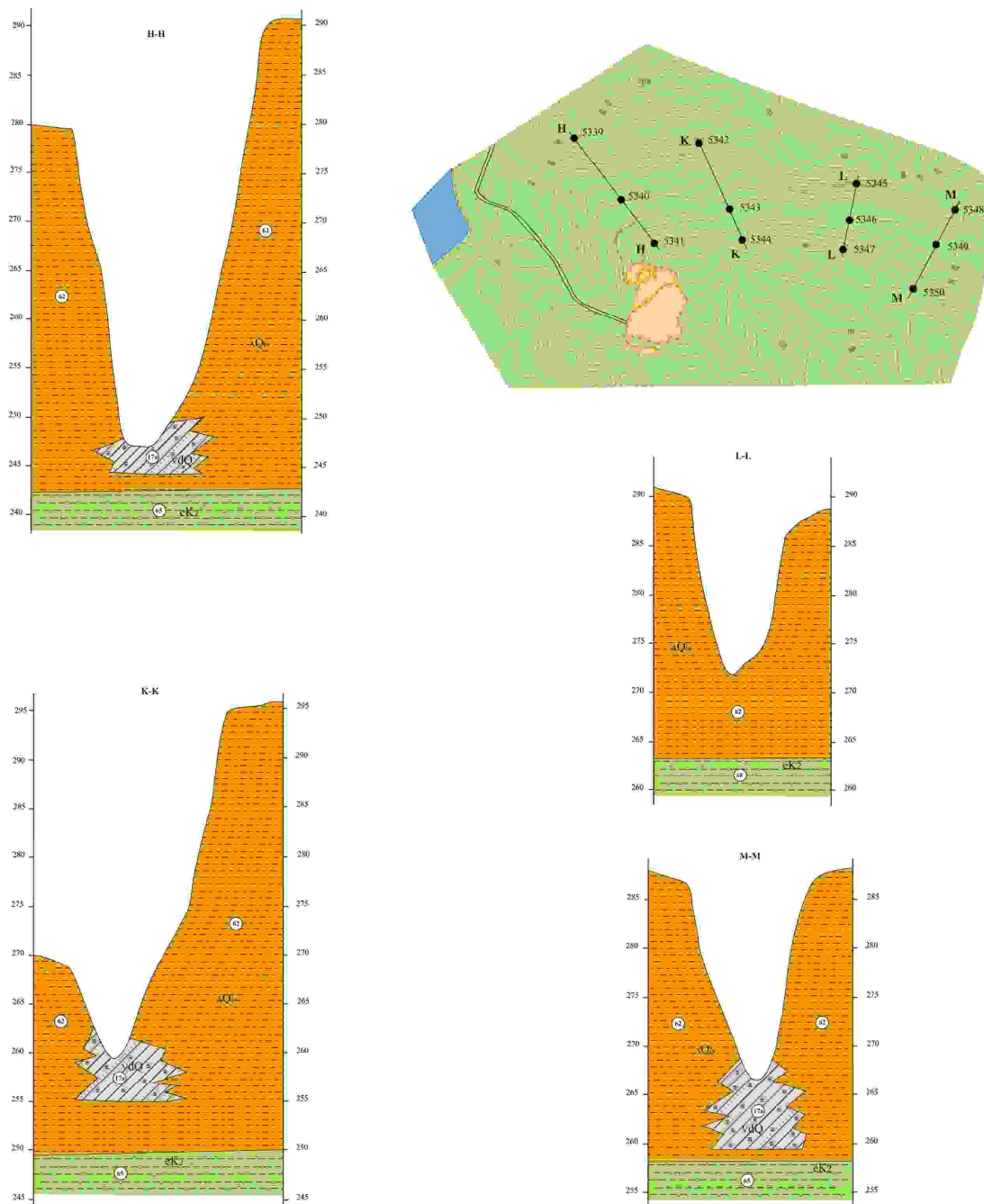


Рис. 4. Інженерно-геологічні профілі проектних ділянок золовідвалу «Касова Гора» Бурштинської ТЕС (за матеріалами ВАТ «НДІ Теплоелектропроект», м. Львів)

В 6,0 км на північний захід від проектного майданчика розташований робочий господарсько-питний водозабір підземних вод (IV куш артезіанських свердловин біля с. Коростовичі). Водозабір експлуатують від 1976 року. Встановлені динамічні рівні у центрі водозабору складають 215,0-217,0 абс. м.

За результатами проведеного екологічного оцінювання запропонованої діяльності в межах проектних майданчиків за всіма альтернативами очікують негативного впливу на ґрунтові води. Зазначені впливи – це короткострокові первинні забруднювальні ефекти під час будівництва золовідвалу, за умови дотримання плану заходів з нормативного використання та збереження навколишнього середовища.

Альтернативу «Бездіяльності» розглядали та оцінювали як фонову для порівняння з іншими запропонованими альтернативами. За умови подальшої експлуатації використовуваного золовідвалу №3 серед усього комплексу чинників довкілля постраждають насамперед ґрунтові води, які є найбільш чутливими та незахищеними, так само як і атмосферне повітря.

На території, що розташована біля золо відвалу № 3, в різний час було пробурено понад 150 свердловин з метою вивчення гідрогеологічних особливостей території та стану забруднення ґрунтових вод. Також проводили періодичний відбір проб води з каналу просвітленої води та в криницях навколишніх сіл. За результатами одержаних аналізів встановлено, що ґрунтові води не є забрудненими, а в поодиноких випадках у водах, відібраних з приватних криниць, встановлено концентрація кадмію на межі ГДК. Лабораторія Івано-Франківської обласної СЕС (зараз ДУ «Івано-Франківський обласний лабораторний центр МОЗ України»), що проводила більшість з указаних аналізів, надала такий висновок – якість води за встановленими складниками відповідає санітарним вимогам. У водах з каналу просвітленої води концентрація важких металів дещо більша ніж у ґрунтових водах, за залізом встановлено перевищення ГДК, молібдену та марганцю.

В природних умовах ґрунтові води в межах району, який досліджували, характеризуються загальною мінералізацією 300-400 мг/дм³ і належать до гідрокарбонатно-кальцієвого типу. Внаслідок техногенного впливу загальна мінералізація води збільшується до 500-700 мг/дм³, а тип води змінюється на сульфатно-кальцієвий (рис. 5). З представленої схематичної карти бачимо, що мінералізація ґрунтових вод у гравійно-галькових відкладах зменшується від золовідвалу (400-1000 мг/дм³) до навколишніх населених пунктів (350-730 мг/дм³).

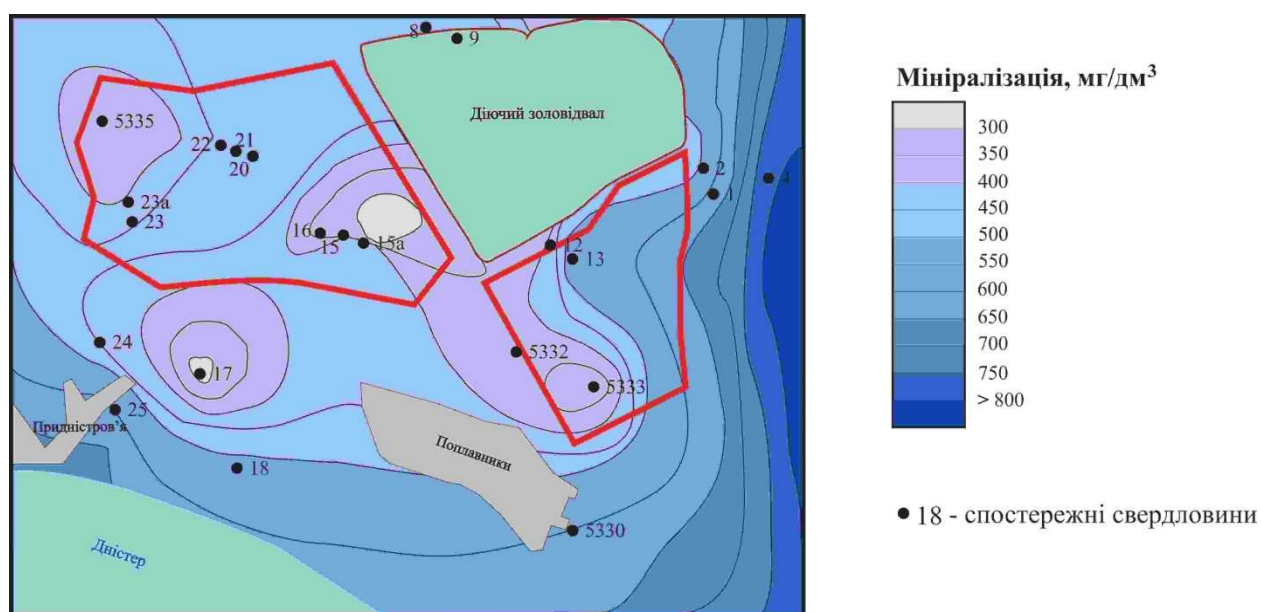


Рис. 5. Схематична карта мінералізації водоносного горизонту гравійно-галькових відкладів

Альтернативою «Південний золовідвал» визначено територію для будівництва нового золовідвалу на південь від використовуваного зі встановленням по периметру протифільтраційного екрану в чаші золовідвалу та каналу просвітленої води. Ці заплановані заходи є заходами запобігання забрудненню ґрунтових вод у межах зон впливу нового золовідвалу.

За результатами встановленого впливу на ґрунтові води золовідвалу № 3 було проведено інфільтрацію просвітленої води з чаші відвалу у водоносні горизонти, що залягають нижче. Інтенсивність інфільтрації та ступінь забруднення ґрунтових вод залежить від літологічного складу порід та їх фільтраційних властивостей, хімічного складу просвітленої води, а також від гідравлічного тиску, що зумовлений висотою рівня води у чаші золовідвалу.

За умови, що за альтернативою «Південний золовідвал» будівництво буде проведено без встановлення протифільтраційного екрану, величину інфільтрації розраховуємо за законам Дарсі:

$$W_{\text{inf.}} = \frac{\Delta H}{m} kF, \quad (1)$$

де $W_{\text{inf.}}$ – величина інфільтрації води, м³/добу; ΔH – величина тиску, м; m – потужність розділеного шару, м; k – коефіцієнт фільтрації, м/добу; F – площа фільтрації, м².

Результати розрахунку наведено у табл. 2, де крім розрахункової величини інфільтрації наведено також розрахунки необхідної потужності глинистого екрану (з коефіцієнтом фільтрації 0.001 м/добу) та його об'єму.

Таблиця 2

Розрахункові параметри протифільтраційного екрану для альтернативи «Південний золовідвал»

Вихідні дані для розрахунку				Величина інфільтрації води (W_{inf}), м ³ /добу		Параметри глиняного екрану з $K\phi=0,001$ м/добу	
ΔH , м	m , м	k , м/добу	F , м ²	м ³ /добу	м ³ /с	потужність, м	об'єм, млн м ³
9,0	3,4	0,1	599000	158558,8	1,835	3,6	2,15464

Шляхом інженерно-геологічних вишукувань (НДІ ЛьвівТЕП) було вивчено фільтраційні параметри для різних ПГЕ, за результатами яких встановлено значення гідрогеологічних параметрів ґрунтів (табл. 3).

Таблиця 3

Рекомендовані значення гідрогеологічних параметрів ґрунтів для проектних ділянок золовідвалу БуТЕС

№ п/п	№ ПГЕ	Коефіцієнт фільтрації (K), м/добу	Коефіцієнт водовіддачі	Інтенсивність інфільтрації (W), м/добу
зв'язані ґрунти				
1	37	0.12	0.05	0.002
2	37б	0.10	0.04	0.002
3	38	0.50	0.10	0.002
4	48	0.35	0.06	0.002
5	48а	0.35	0.06	0.002
6	49	0.50	0.10	0.002
сипучі ґрунти				
7	зола	0.60	0.05	0.002
8	40	0.60	0.08	0.003
9	41	3.00	0.11	0.003
10	50	0.60	0.08	0.003
11	51	6.00	0.11	0.003
12	52	7.00	0.14	0.003
13	55	60.00	0.25	0.004

Результати розрахунків показують, що відсипати золу на відкритий ґрунт небезпечно через високу втрату води під час інфільтрації (1,8 м³/с), а використання глиняного екрану для зменшення втрат води вимагає значної кількості глини (2,1 млн м³). За умови відсутності екрану виникатиме інтегрований вплив на ґрунтові води від використовуваного золовідвалу і відвалу, що запланований, тобто інфільтраційні води, забруднені важкими металами, будуть надходити в приватні криниці навколишніх сіл та зону їхнього розвантаження – р. Дністер.

Для встановлення потенційного напрямку руху потоку ґрунтових вод, а також для того, щоб запобігти їх забрудненню та влаштування контрольної мережі спостереження, було складено схематичну карту фільтраційного потоку гравійно-галькового горизонту (рис. 6, а). На представленій карті можна побачити, що напрям руху та зони розвантаження ґрунтових вод гравійно-галькового горизонту спрямовані на с. Поплавники і р. Дністер.

З вищенаведеного випливає, що будівництво і експлуатація золовідвалу, за альтернативою «Південний золовідвал», є небезпечним фактором забруднення ґрунтових вод, які споживають місцеві мешканці. Уникнути цього можливо, якщо влаштувати протифільтраційний екран з поліетиленової плівки, який необхідно покласти на піщану подушку, але й у цьому випадку також є загроза забрудненню питного горизонту, так як згідно чинного законодавства мінімальна відстань від споруд такого типу до колодязів має бути не менша 50,0 м, що не відповідає дійсності. Тому розглянуто альтернативу «Західний золовідвал».

Альтернатива «Західний золовідвал» передбачає будівництво нового золовідвалу на захід від використовуваного зі встановленням протифільтраційного екрану в чаші золовідвалу та каналу просвітленої води, по периметру. Ці заплановані заходи, як і зазначені заходи попередньої альтернативи, зможуть запобігти забрудненню ґрунтових вод у межах зон впливу нового золовідвалу.

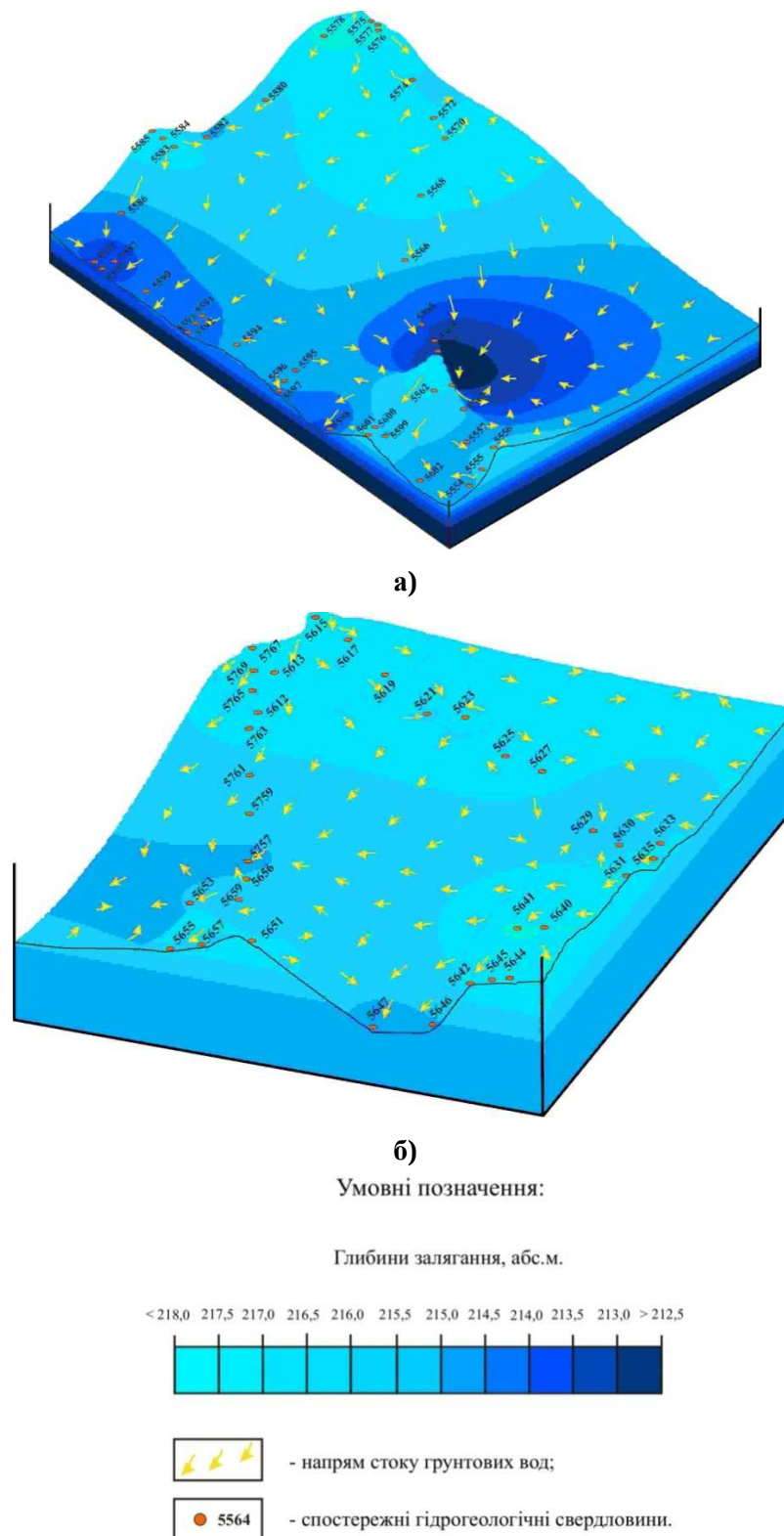


Рис. 6. Схематична карта п'єзометричного рівня гравійно-галечникового горизонту проектного майданчику за альтернативою: а) «Південний золовідвал», б) «Західний золовідвал»

Оцінювання впливу золовідвалу за альтернативою «Західний золовідвал» розроблено за аналогією до попередньої альтернативи. Інтенсивність інфільтрації розраховано за формулою 1. Результати розрахунку наведено у табл. 4.

Таблиця 4

Розрахункові параметри протифільтраційного екрану для альтернативи «Західний золовідвал»

Вихідні дані для розрахунку				Величина інфільтрації води (W_{inf}), м ³ /добу		Параметри глиняного екрану з $K\phi=0,001$ м/добу	
ΔH , м	m , м	k , м/добу	ΔH , м	м ³ /добу	м ³ /с	потужність, м	об'єм, млнм ³
10,0	3,8	0,1	1076000	283157,9	3,277	7,1	7,6396

Результати розрахунків, як і у попередній альтернативі, показують, що відсипати золу на відкритий ґрунт небезпечно. Відсутність екрану сприятиме інтегрованому впливу на ґрунтові води використовуваного золовідвалу і відвалу, що запланований, тобто інфільтраційні води, забруднені важкими металами, будуть надходити в приватні криниці навколишніх сіл та зону їхнього розвантаження – р. Дністер. Для встановлення напрямку потоку ґрунтових вод та запобігання їхнього забрудненню було складено схематичну карту фільтраційного потоку гравійно-галькового горизонту (рис. 6 б). З представленої карти видно, що напрямок руху та розвантаження ґрунтових вод гравійно-галькового горизонту спрямований на села Поплавники, Придністров'я та в р. Дністер.

З вищенаведеного випливає, що будівництво і експлуатація золовідвалу за альтернативою «Західний золовідвал» також може викликати забруднення ґрунтових вод, які споживають місцеві мешканці. Уникнути цього можливо, якщо влаштувати протифільтраційний екран з поліетиленової плівки, розташованої на піщаній подушці, але й в цьому випадку можлива загроза забруднення питного горизонту, оскільки відповідно до чинного законодавства мінімальна відстань від споруд такого типу до колодязів має бути не менша 50,0 м, що не відповідає дійсності.

За альтернативою «Касова Гора» було запропоновано будівництво золовідвалу гірського типу на лівому березі Бурштинського водосховища. За гідрогеологічними дослідженнями проектною територією було встановлено, що на дні балки лінзоподібне залягають заторфовані суглинки потужністю 4,0-7,0 м з коефіцієнтом фільтрації 0,1-0,2 м/добу, а нижче поширений потужний (до 25,0 м) середньомакропористий шар лесоподібних суглинків з коефіцієнтом фільтрації 0,5-0,6 м/добу. Закінчується розріз шаром глинистого мергелю з коефіцієнтом фільтрації 0,01 м/добу (див. рис. 4). Відклади водоносного горизонту встановлені тільки у тальвегу балки, рівень залягання – на глибині біля 1,0 м, ймовірно, що це верховодка. У природному стані ґрунтові води прісні, мають загальну мінералізацію біля 400 мг/дм³, хімічний тип води – гідрокарбонатно-кальцієвий.

Оцінку впливу золовідвалу за альтернативою «Золовідвал Касова Гора» зроблено за аналогією до попередніх альтернатив. Інтенсивність інфільтрації розраховано за формулою 1. Результати розрахунку наведено у табл. 5. Результати розрахунків, як і у попередніх альтернативах, показують, що відсипати золу на відкритий ґрунт небезпечно. Відсутність екрану сприятиме негативному впливу відвалу на ґрунтові води. Зона розвантаження ґрунтових вод у районі проектного майданчика «Касова Гора» це – р. Гнила Липа та Бурштинське водосховище.

Таблиця 5

Розрахункові параметри протифільтраційного екрану для альтернативи «Золовідвал Касова Гора»

Вихідні дані для розрахунку				Величина інфільтрації води (W_{inf}), м ³ /добу		Параметри глиняного екрану з $K\phi=0,001$ м/добу	
ΔH , м	m , м	k , м/добу	ΔH , м	м ³ /добу	м ³ /с	потужність, м	об'єм, млнм ³
27,0	5,0	0,01	48400	26743,5	0,31	8,6	4,1624

Висновки. Підсумовуючи проведене дослідження щодо оцінювання впливів на ґрунтові води за розглянутими альтернативами, можна констатувати, що більшості негативних впливів можна уникнути або зменшити їх, вживаючи запобіжні заходи та заходи контролю за станом ґрунтових вод. Реалізація альтернативи «Бездіяльність» може спричинити максимально негативний вплив на ґрунтові води через відсутність протифільтраційного екрану у днищі споруди та передбачене забруднення водного середовища.

За всіма альтернативами очікуваними є впливи на ґрунтові води через високі природні фільтраційні характеристики ґрунтів. Визначені фільтраційно-ємкісні коефіцієнти ґрунтів, що розповсюджені в межах проектних майданчиків (для альтернатив № 2 і 3) значно більші, ніж

вимагають санітарні норми (не більше 10-6 м/добу). Розраховано, що влаштування глиняного екрану є економічно недоцільним, а спорудження екрану з поліетиленової плівки необхідно проводити на піщаній подушці, щоб запобігти прориву плівки. Але і в цьому випадку гідрогеологічні комплекси територій залишаються не повністю захищеними, тому крім будівництва протифільтраційного екрану і каналу просвітленої води виникає необхідність будівництва протифільтраційного каналу.

Більшість з інших видів негативного впливу буде практично однаковою для усіх альтернатив. Аналіз прямих та непрямих впливів вказує, що кожна з альтернатив, навіть відмова від діяльності, може спричинити серйозні наслідки. Уникнути цього можливо, запровадивши запобіжні заходи.

Отже, у результаті проведеного оцінювання впливів запропонованої діяльності на ґрунтові води встановлено не лише типи вод і їхнє площинне розповсюдження, але й можливі наслідки за умови впровадження будь-якої із запропонованих альтернатив.

Література

- 1 Аеротехногенне забруднення довкілля викидами Бурштинської теплоелектростанції / М. М. Миленька // Сучасні екологічні проблеми та молодь-IV: матер. міжвуз. наук. конф., 25-26 листопада 2008 р. – Запоріжжя, 2008. – Ч. V. – С. 5-6.
- 2 Геоекологія ландшафтів в зоні впливу теплоелектростанції: монографія / Л. Т. Крупская, В. Т. Старожилов. – Владивосток: ДВГУ, 2009. – 108 с.
- 3 Дослідження екологічного стану територій розміщення золошлакових відходів теплових електростанцій / А.І. Горова, А.В. Павличенко // Розробка родовищ: Зб. наук. пр. – 2013. – Т. 7. – С. 393-397.
- 4 Екологічні проблеми енергетики / Є. І. Крижанівський, Г. В. Кошлак // Нафтогазова енергетика. - 2016. - № 1. - С. 80-90.
- 5 Золовідвали електростанцій як джерело забруднення довкілля / В. О. Кутовий, М. В. Коновальчик, Н. П. Канюк // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту, 2006. – № 1(2). – С. 90-94.
- 6 Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів / [С. А. Риженко, А. І. Горова, Т. В. Скворцова та ін.]. – К.: ДП «Центр інформаційних технологій», 2007. – 35 с.
- 7 Оценка влияния золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3 на компоненты окружающей среды / А. А. Черенцова // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». – 2012. – Том 3. – № 1. – С. 29-42.
- 8 Оценка влияния золоотвалов теплоелектростанций на объекты окружающей среды (на юге Дальнего Востока) / В. П. Зверева, Л. Т. Крупская // Матер. Междун. Форума горняков-2012. – Днепропетровск, 2012. – Том 1. – С. 154-161.
- 9 Оценка экологической опасности золошлаковых отходов Казанской ТЭЦ-2 / Э. Р. Бариева, Э. А. Королев, Н. Х. Галимуллина и др. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2008. – № 5-6. – С. 108-111.
- 10 Оцінка впливів техногенно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище: науково-теоретичні основи, практична реалізація : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 21.06.01 "Екологічна безпека" / Я. О. Адаменко ; Івано-Франків. нац. техн. ун-т. нафти і газу. - Івано-Франківськ, 2006. – 39 с. – 31-36.

Ya. Adamenko

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

IMPACT ASSESSMENT OF THE ASH DUMP OF BURSHTYN TPP ON THE GROUNDWATER CONDITION

The paper is devoted to the study of the ecological features of groundwater in the area around Burshtyn TPP. Considering the issue of further storage of ash waste from the thermal power plant, a number of alternatives have been proposed to dispose the environmentally hazardous industrial wastes.

The article provides a detailed description of the current condition of groundwater as one of the significant environments affected by the existing ash dump and its possible further impact. Based on the previously conducted hydrogeological studies, the author provides the calculations of the effects on groundwater according to soil filtration characteristics. The filtration-volumetric characteristics of soils distributed within the project sites have been found to be significantly higher than the ones required by sanitary standards. It has been calculated that the arrangement of clay screen is economically unviable, and the screen made of polyethylene film should be constructed on a sand bed in order to prevent it from breaking. However, even in this case, the hydrogeological complexes of the territories will not be fully protected. Therefore, in addition to constructing the anti-filtration screen and the channel of enlightened water, there is a need to build the anti-filtration channel.

A graphical simulation of the filtration flow of a gravel-pebble bed is presented in the paper to help determine the direction of groundwater flow and prevent its contamination.

Key words: environmental impact assessment, groundwater, ash waste, thermal power plant, alternative.

References

- 1 Aerotekhnogenne zabrudnennya dovkillya vikidami Burshtinskoyi teploelektrostantsiyi / M. M. Milenka // Suchasni ekologichni problemi ta molod-IV: mater. mizhvuz. nauk. konf., 25-26 listopada 2008 r. – Zaporizhzhya, 2008. – Ch. V. – S. 5-6.
- 2 Geoekologiya landshaftov zone vliyaniya teploelektrostantsii: monografiya / L. T. Krupskaya, V. T. Starozhilov. – Vladivostok: DVGU, 2009. – 108 s.
- 3 Doslidzhennya ekologichnogo stanu teritorij rozmeshchennya zoloshlakovykh vidkhodiv teplovikh elektrostantsij / A.I. Gorova, A.V. Pavlichenko // Rozrobka rodovishh: Zb. nauk. pr. – 2013. – T. 7. – S. 393-397.
- 4 Ekologichni problemi energetiki / Ye. I. Krizhanivskij, G. V. Koshlak // Naftogazova energetika. - 2016. - # 1. - S. 80-90.
- 5 Zolovidvali elektrostantsij yak dzherelo zabrudnennya dovkillya / V. O. Kutovij, M. V. Konovalchik, N. P. Kanyuk // Visti Avtomobilno-dorozhnogo institutu, 2006. – # 1(2). – S. 90-94.
- 6 Obstezhennya ta rajonuvannya teritoriyi za stupenem vplivu antropogennikh chinnikov na stan obyektiv dovkillya z vikoristannyam czitogenetichnykh metodiv / [S. A. Rizhenko, A. I. Gorova, T. V. Skvorczova ta in.]. – K.: DP «Czentr informacijnykh tekhnologij», 2007. – 35 s.
- 7 Oczenka vliyaniya zolootvala Khabarovskoj TECz-3 na komponenty okružhayushhej sredy / A. A. Cherenczova // Elektronnoe nauchnoe izdanie «Uchenye zametki TOGU». – 2012. – Tom 3. – # 1. – S. 29-42.
- 8 Oczenka vliyaniya zolootvalov teploelektrostantsij na obekty okružhayushhej sredy (na yuge Dalnego Vostoka) / V. P. Zvereva, L. T. Krupskaya // Mater. Mezhdun. Foruma gornjakov-2012. – Dnepropetrovsk, 2012. – Tom 1. – S. 154-161.
- 9 Oczenka ekologicheskoy opasnosti zoloshlakovykh otkhodov Kazanskoj TECz-2 / E. R. Barieva, E. A. Korolev, N. Kh. Galimullina i dr. // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Problemy energetiki. – 2008. – # 5-6. – S. 108-111.
- 10 Oczinka vpliviv tekhnogenno nebezpečnykh obyektiv na navkolishnye seredovishhe: naukovu-teoretichni osnovi, praktichna realizacija : avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya d-ra tekhn. nauk : specz. 21.06.01 "Ekologichna bezpeka" / Ya. O. Adamenko ; Ivano-Frankiv. nac. tekhn. un-t. nafti i gazu. - Ivano-Frankivsk, 2006. – 39 s. – 31-36.

Надійшла до редакції 30 жовтня 2019 р.

*T. Kachala, S. Kachala**Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas*

SOIL MONITORING IN PRODUCTION FIELDS

Monitoring can be considered one of the main methods of solving the problem of pedosphere pollution, because the necessary information to overcome the problems can be obtained only through the large-scale specific study. At present, there are some monitoring programs aimed at solving the problems, but they are not effective enough and, therefore, cannot completely fulfill their tasks.

The current problems of land monitoring in Ukraine are primarily related to its organization, which could provide the comprehensive and systematic accounting and assessment of the status of land in order to protect and improve the quality of agricultural soils. There is a need to create a permanent system of accounting, observation, comparison, measurement, inventory and forecasting of the ecological status of lands with the detection and registration of changes against the background of natural and anthropogenic processes, in the continuous functioning of the ecological monitoring service of land. Analyzing the studies in the field of monitoring the oil-contaminated soil on the territory of oil and gas fields, it becomes necessary to develop the new methods of ecological monitoring of the soil of depleted oil and gas fields in order to study the problem of pedosphere contamination.

The development results of a new method of environmental soil monitoring in depleted oil and gas fields are described. The method allows obtaining adequate information on the studied area. An important role in the new monitoring scheme is played by the method of locating soil sampling points, the benefits of which are the system's flexibility in relation to the studied territory and complexity of research that does not necessarily depend on the size of the studied area. The proposed schemes introduce a new view of monitoring the soil, which is subjected to the heavy anthropogenic impact of the mining industry. The analyzed schemes help to develop new reclamation methods of the soil located in the depleted oil and gas fields, which is contaminated with hydrocarbons and drilling waste.

Key words: monitoring methods, petroleum products, soil, expert, pollution, degradation, ecological safety, field, hydrocarbons.

Problem statement. To improve the environmental safety of the soil, the existing monitoring scheme should be improved. The process of mineral extraction affects the quality of the geological environment, and in the main, the pedosphere. Current monitoring methods do not provide complete and qualitative information on the ecological safety of land, in particular, in the area of contamination risk.

The purpose of the work is to develop a soil monitoring scheme in the areas that are at risk of contamination with heavy and light hydrocarbon fractions, which cause the irreversible degradation of land. It is also important to develop a flexible method to control the impact of drilling and production processes on the soil.

Literature review. Reliable information about the real spatial and temporal changes of society's impact on land resources is one of the most important factors of human optimization, a multifaceted human-environment system. The study of the current state and prognosis of the development of these processes, their interaction with other factors are a priority in most social and natural sciences. Monitoring land resources and optimizing their structure and functional connections are of great importance for solving the outlined problems [5].

The current problems of land monitoring in Ukraine are primarily related to its organization, which could provide the comprehensive and systematic accounting and assessment of land status in order to protect and improve the quality of agricultural soils. There is a need to create a permanent system of accounting, observation, comparison, measurement, inventory and forecasting of the ecological status of lands which detects and registers changes against the background of natural and anthropogenic processes, i.e. the continuous functioning of the environmental monitoring service of land.

The dynamic nature of the environmental state, especially land resources, requires reliable data on their quantitative and qualitative indicators in order to substantiate management decisions. The monitoring system of land resources is regulated first of all by the Land Code of Ukraine and the applicable normative legal acts. Based on the current multifaceted nature of land monitoring tasks, it is necessary to establish at the legislative level the procedures for land monitoring in Ukraine. It should be clearly defined which prerogative of the administrative and territorial government agencies involves

taking the appropriate measures of land monitoring, which public offices are responsible for implementing the land monitoring instructions and possess and transmit the official information. In addition, the regulatory framework for land monitoring and the responsibilities of the relevant public offices should be provided.

It is necessary to develop the mechanisms for the harmonization and systematization of information at all levels of the executive branch. Developing a unified approach to the implementation of land monitoring is an important task. Defining the functions of organizations and institutions in providing reliable data is a serious problem of the regulatory control of land monitoring. This raises the problem of the legal regulation of examining the objectivity of land monitoring results.

The issues of developing and improving the theoretical basis for land monitoring are equally important. The significant aspects of land monitoring have not been developed yet, in particular: the system of organization and its management, detailed structure of land monitoring and its technological stages, complex methods of land resources analysis, basic criteria and norms for assessing the state of land resources and crisis detection.

An important issue of land monitoring is the development of clear approaches to interpolating the results of discrete surveys of land resources over a large area. This requires determining the interpolation radii of different land monitoring indicators that can be territorially generalized. The problems of land monitoring theory that directly affect the quality of consequence evaluation of negative processes and the implementation of adequate measures for their prevention and elimination [4-8] have not been solved yet.

Land resources monitoring is an integral part of geosystem monitoring. Monitoring changes in the natural territorial complexes requires a simultaneous consideration of man-made factors, since human activity is manifested without exception in all regions of the globe. Thus, a complex geosystem monitoring requires the use of a multi-sector probing system to identify changes in all qualitative and quantitative parameters of the natural environment and the anthropogenic impacts on them.

As monitoring the geosystems is a complex and holistic mechanism for environmental probing, it is advisable to introduce a systematic classification of its objects, methods and means. The areas of monitoring natural systems are divided into three groups: geosphere, biosphere and sociosphere (O. M. Adamenko). The first direction covers inanimate nature, the second – wildlife and the third – human activity. Geosphere monitoring includes probing the lithosphere, geomorphosphere, geophysical spheres, hydro- and atmosphere. Biosphere monitoring combines probing the phytosphere (vegetation) and zoosphere (wildlife). Sociosphere monitoring involves probing the demosphere (human society) and technosphere (human performance). Of course, the given geosphere monitoring scheme has a logical construction and a holistic structure [10].

In addition, it is important to systematically divide the studied objects into structures of different physical nature. In the context of establishing natural relationships, this gradation helps to begin a systematic study of all the processes under study. The fundamental gradation of geographical envelopes is made according to the principles of dividing them into the components of inanimate and living nature and complex components, for example, soils, natural waters, etc.

The monitoring of land resources is impossible without taking into account their interrelations with the components of wildlife, especially when predicting changes in the structure of land resources. The impact of human society on the structure, condition and changes of land resources is equally important. This is especially true in the fields of ecology, environmental protection, sustainable use of nature and optimization of the maximum efficiency of natural resources. Land resources are monitored in all subsystems of the geosphere, using all applicable methods and technologies of natural and applied sciences.

Land resources are monitored at three levels – national, regional and local.

National monitoring is conducted on the basis of systematization of regional monitoring data. At this level, the problems of a purely technical nature usually arise in connection with the timely provision of regional reporting materials. The problem of reconciling the remote sensing data with space research findings from regional studies is equally important.

Results and discussion. Soil monitoring in depleted oil and gas fields is one of the important issues of land ecological safety. At present, monitoring methods do not provide complete information on the state of the environment and level of the ecological safety in the areas at risk of contamination with hydrocarbons and drilling waste. To solve this problem, we have developed a new monitoring scheme, which is distinct in that it takes into account the geographical features and the hazard level of the pollutant, its specific and peculiar features.

Soil monitoring in depleted oil and gas fields can be divided into 3 categories: lowland, highland, mountainous. Each category is important and requires a specific approach, since the soil in different territories has specific properties that will affect the distribution of hydrocarbons and the level of soil contamination.

A lowland monitoring method is used if the contamination source is located directly in the lowland. This method is a systematic observation – a scientifically based observation type, the systematic character of which is planned and accurate. It consists in data acquisition in the research area over a period of time and at regular intervals. The quarterly data collection is an example of this. This method also involves the annual or one-time observation, which consists in the non-recurring data collection and is carried out to obtain information on the state of the sampling area under study, in particular soil contamination with petroleum products, heavy and light fractions of hydrocarbons used during drilling. The location of possible contamination source (drilling mud pit, well, oil refinery, oil base) is important for this method. The lowland monitoring method involves the study in the area with height variations not exceeding 10–15 meters and can be divided into 3 subtypes [1-3].

Highland monitoring is intended to investigate the likely soil contamination sources in the highlands. The sources of soil contamination with petroleum products, heavy and light fractions of hydrocarbons, can be drilling mud pits, wells, storage facilities, and pressure maintenance stations. Sampling is carried out in four directions, each corresponding to the four cardinal directions. Samples are taken at 50 m intervals to determine the overall soil contamination situation. After analyzing the situation, the next group of samples is taken in 4 directions (north-west, north-east, south-west, south-east), but the sampling is non-linear. At first, one sample is taken, the midpoint is set between the east and the south, that will be the south-east.

Then there will be a couple of points that are in the same direction. They will not lie on the same line, but will be equally spaced both from each other and from the starting point in the direction shown in the example. This sampling method will provide information on the contamination level, migration direction of the pollutant and cyclic measurement of the migration speed of the pollutant. This information helps to predict the level and direction of contamination and create reclamation facilities that will slow down or prevent the further distribution of substances, such as oil [1].

The monitoring of mountainous areas is defining the location of likely contamination sources in a mountainous area.

Soil samples are taken along the slope in six lines that evenly spread from the center of the possible contamination source. The distance between sampling points may be 25–30 m, 50 m, 100 m, and 200 m, depending on the details of the study. In most cases, the contamination sources in the mountainous area are at an altitude that is not maximum for the surface, that is, they are below the mountain top or the mountainous area. In this case, it is necessary to locate sampling points above the possible contamination source.

A reference line is a group of soil sampling points above the altitude above the possible contamination source, such as a drilling mud pit. Therefore, soil samples can be used as a reference and for comparison. These activities are carried out to determine the increase in the concentration of the heavy and light fractions of hydrocarbons compared with the initial pollution effect of the possible contamination source. It is also necessary to select a reference point for the reference line at the mountain top where the contamination source is located [1-5].

We have proposed three soil sampling schemes for the areas that are at risk of hydrocarbon contamination. Each of the proposed schemes is aimed at obtaining complete and qualitative information about the condition of the studied soil at different scales [2,3].

SPIop4 – Sanitary protection installation of oil pollution in four directions

SPIop8 – Sanitary protection installation of oil pollution in eight directions

SPIop16 – Sanitary protection installation of oil pollution in sixteen directions

SPIop4 is a monitoring method of soil that is at risk of pollution with oil and petroleum products. Using the proposed scheme, soil samples should be taken in four directions or lines oriented in the four cardinal points of the world (west, north, east, south). All directions come from a single center that is considered a possible source of soil contamination. Soil samples should be taken at 25 m intervals. However, this method, depending on the details of the study, involves a sampling interval from 25 to 100 meters. Each sampling point can be selected radially in relation to the contamination source (at the same distance from the contamination source, in a circle, at each line) and by alternating the lines (sampling is alternately carried out from the contamination source in each direction, another line is

chosen when the complete sampling is achieved along the entire profile). Regardless of the direction type (primary or secondary), each soil sample can be taken with a deviation of up to 5 meters and radially in relation to the sampling line [2, 3].

SPIop8 is a monitoring method of soil that is at risk of pollution with oil and petroleum products. Using the proposed scheme, soil samples should be taken in eight directions or lines, four directions are primary and correspond to the cardinal directions of the world (west, north, east, south), and four directions are secondary and are located between the primary ones so that the distance between all directions is the same, they correspond to such directions as north-west, north-east, south-west, and south-east. All directions come from a single center that is considered a possible source of soil contamination. Soil samples should be taken as follows: in primary directions, soil samples should be taken at 25 m intervals; in secondary directions, soil samples should be taken at 20 m intervals from the source for the first samples, and at 30 m intervals for the following samples. Each sampling point can be selected radially in relation to the contamination source (at the same distance from the contamination source, in a circle) or by alternating the lines (sampling is carried out from the contamination source in clusters in the required amount and upon completion it is followed by the complete sampling in the next line). Regardless of the direction type (primary or secondary), each soil sample can be taken with a deviation of up to 5 meters and radially in relation to the sampling line [2, 3].

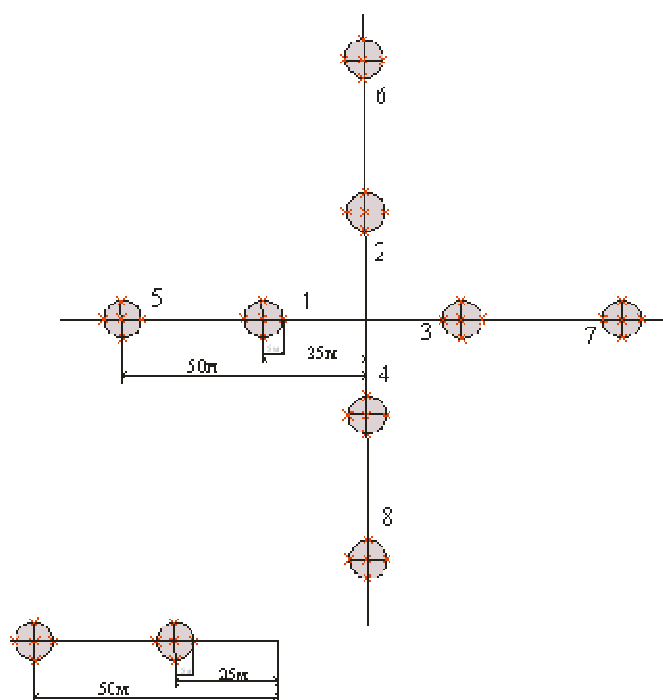


Fig.1. Scheme of locating soil sampling points to determine the concentration of petroleum products in 4 directions (SPIop4)

SPIop16 is a monitoring method of soil that is at risk of pollution with oil and petroleum products. Using the proposed scheme, soil samples should be taken in 16 directions or lines, eight directions are primary and correspond to the directions of the world (north, north-east, east, south-east, south, south-west, west, north-west), other eight are secondary and are placed between the primary ones so that the distance between all directions is the same. All directions come from a single center that is considered a possible source of soil contamination. Soil samples should be taken at the following intervals: in primary directions, soil samples should be taken at 25 m intervals; in secondary directions – at 30 m intervals. Each sampling point can be selected radially in relation to the contamination source (at the same distance from the contamination source, in a circle), and by alternating the lines (sampling is carried out from the contamination source in the line in the required amount and upon completion it is followed by the complete sampling in the next line).

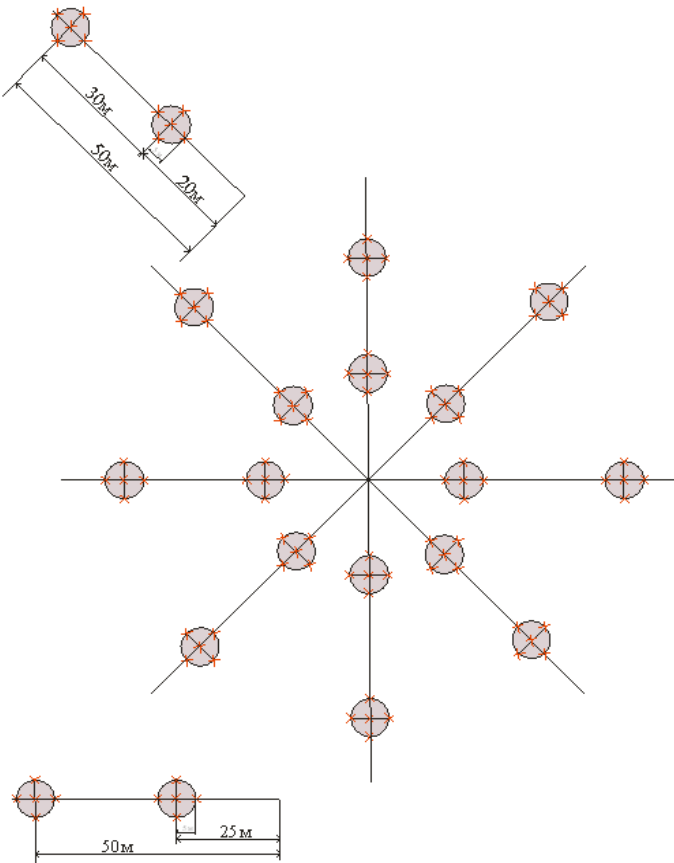


Fig.2. Scheme of locating soil sampling points to determine the concentration of petroleum products in 8 directions (SPIop8)

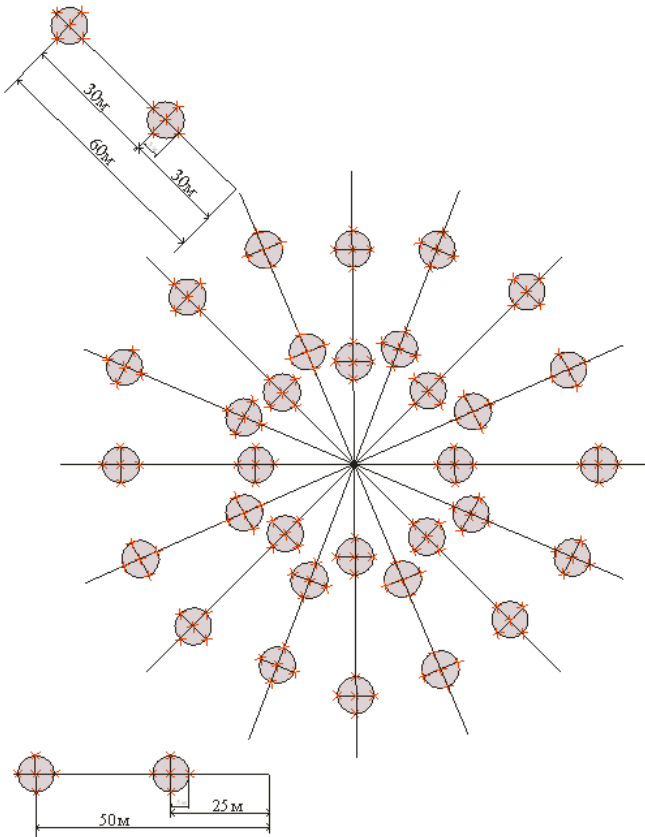


Fig.3. Scheme of locating soil sampling points to determine the concentration of petroleum products in 16 directions (SPIop16)

Regardless of the direction type (primary or secondary), each soil sample can be taken with a deviation of up to 5 meters and radially in relation to the sampling line [1-3]:

To control the soil contamination level, we have proposed sampling at different depths and in terms of the concentration of petroleum products. Determining the contamination load at different depths will help to obtain information on the status of soil profile and make forecasts for further degradation of the territory or to identify the areas that are at risk. The proposed monitoring schemes will enable a more effective use of the methods of soil cleaning from pollutants and will allow developing new methods of soil reclamation due to the information on the spread dynamics of pollutants (oil or petroleum products) in the soil profile [3].

Conclusions. This work draws attention to the issue of studying the areas exposed to hydrocarbons production. This article deals with landfills in drilling mud pits, heavy and light oil fractions, and drilling waste. Such drilling waste management affects the soil and causes a systematic land degradation and impossibility of further land use. That's why, monitoring these territories deserves attention and requires new approaches to studying them and obtaining adequate and dynamic data.

The proposed monitoring schemes will help to predict risk areas in different geographical locations. These schemes draw attention to the need of developing a special scientific approach, which takes into account geographical features and the unique distribution of the studied pollutant in the environment.

For the first time, this article deals with dependencies, which help to develop a better understanding of the spreading processes of pollutants in the pedosphere and to find new ways of eliminating the consequences of pollution.

The paper also proposes a soil sampling scheme that differs from the existing ones. By applying this scheme, the obtained information can become more flexible and complex. Dividing the sampling into three types will provide grounds for its use in the large-scale territory development.

The proposed soil monitoring method in depleted oil and gas fields and the location of sampling points create a system that has already demonstrated its effectiveness in obtaining adequate information on the exploration of areas at risk of being polluted with hydrocarbons.

References

- 1 Prohnozne zabrudnennya naftoproduktamy transkordonnykh terytoriy / YA. O. Adamenko, T. B. Kachala, A. Deskalesku, V. Oros // *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannya: naukovo-tekh. zhurnal.* – Ivano-Frankivs'k, 2014. – № 1(9). – S. 4-8.
- 2 Upravlinnya zemel'nyy dilyankamy zabrudnenymy naftoproduktamy tekhnichna otsinka ta vidnovlennya zabrudnenykh naftoproduktamy hruntiv rumuns'ko-ukrayins'ka transkordonna merezha / Adamenko YA. O., Prykhod'ko M. M., Adamenko O. M., Mandryk O. M., Arkhypova L. M., Shkitsa L. YE., Mishchenko L. V., Zorin D. O., Susak O. M., Radlovs'ka K. O., Kachala T. B. // *Posibnyk.* – Ivano-Frankivs'k, PP Holiney O. M., 2015. – 100 s.
- 3 Rumuns'ko-Ukrayins'ka transkordonna merezha: upravlinnya zemel'nyy dilyankamy zabrudnenymy naftoproduktamy / Adamenko YA. O., Prykhod'ko M. M., Adamenko O. M., Mandryk O. M., Arkhypova L. M., Shkitsa L. YE., Mishchenko L. V., Zorin D. O., Susak O. M., Radlovs'ka K. O., Kachala T. B. // *Informatsiynyy byuleten'.* – Ivano-Frankivs'k, PP Holiney O. M., 2015. – 100 s.
- 4 Pol'chyna S. M. *Profil'no-dyferentsiyovani ohleyeni grunty Peredkarpattya: geneza, variabel'nist', systematyka.* – Chernivtsi: Chernivets'kyi natsional'nyy universytet. – 271 s.
- 5 Min K., Freeman C., Kang H. The regulation by phenolic compounds of soil organic matter dynamics under a changing environment // *Biotechnology in Environmental Monitoring and Pollution Abatement* 2015. – Access mode: <http://downloads.hindawi.com/journals/bmri/2015/825098.pdf> doi: 10.1155/2015/825098.
- 6 Neumann D., Heuer A., Hemkemeyer M., Martens R., Tebbe C. C. Importance of soil organic matter for the diversity of microorganisms involved in the degradation of organic pollutants // *ISME Journal.* – 2014. – No 8. – P. 1289–1300. doi: 10.1038/ismej.2013.233
- 7 Zvit pro vykonannya proektno-tekhnologichnykh ta naukovo-doslidnykh robot u 2013 rotsi; za red. YU. YU. Bandurovy cha. – Uzhhorod.: «Karpaty», 2014. – 91s.
- 8 Hebryn L. V. Zastosuva nnya aerokosmi chnykh metodiv dlya vyznachenn ya efektyvno sti vykorysta nnya zemel'nykh resursiv Zakarpatt ya / L. V. Hebryn, O. O. Zheleznyak // *Naukoyemni tekhnolohi yi.* – 2014. – Vyp. № 4. – S. 518-521.

9 Gebrin L. V. Comprehensive technique for constitution estimation based on satellite observation methods / L. V. Gebrin, O. O. Zeleznyak, Y. I. Velikodsky, Y. Y. Bandurovich // Proceedings of the National Aviation University, 2015. – № 3 (64). – P. 91–97.

10 Gebryn-Baydi L. V. Application of remote sensing methods to evaluation of soil fertility indicators of Zakarpattia lands / L. V. Gebryn-Baydi // Geodesy, cartography and aerial photography. – 2017. – № 85. – Pp. 47–58.

Т. Б. Качала, С. В. Качала

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

МОНІТОРИНГ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ НА ТЕРИТОРІЇ РОДОВИЩ

Одним з основних методів вирішення проблеми забруднення педосфери можна назвати моніторинг, оскільки тільки за допомогою масштабного цільового дослідження можна одержати необхідну інформацію для подолання проблем. Сьогодні вже існують деякі програми моніторингу, які намагаються розв'язати проблеми, але вони є недостатньо ефективними, а отже, не можуть повністю вирішувати поставлені перед ними завдання.

Сучасні проблеми здійснення моніторингу земель в Україні пов'язані насамперед з його організацією, що могла б забезпечити проведення всебічного і систематичного обліку й оцінки стану земель з метою захисту і поліпшення якості ґрунтів сільськогосподарського призначення. Виникає необхідність у створенні постійної системи обліку, спостереження, порівняння, вимірювання, інвентаризації і прогнозування екологічного стану земель із виявленням і реєстрацією змін на тлі природних і антропогенних процесів, тобто в постійному функціонуванні служби екологічного моніторингу земель. Аналізуючи дослідження у сфері моніторингу ґрунтового покриття, забрудненого нафтопродуктами на території нафтогазових родовищ, постає необхідність у розробленні нових методів екологічного моніторингу ґрунтового покриття виснажених нафтогазових родовищ з метою дослідження проблеми забруднення педосфери нафтопродуктами.

Розглянуто результати розробки нового методу екологічного моніторингу ґрунтового покриття виснажених нафтогазових родовищ. Розроблений метод дозволяє отримати адекватну інформацію про досліджувану територію. Важливу роль у новій схемі моніторингу закладено у методі розміщення точок для відбору проб ґрунтового покриття, переваги якого полягають у гнучкості системи відносно території, яка розглядається та різномасштабністю власне дослідження, яке не обов'язково залежить від розмірів ділянки. Запропоновані схеми вносять новий погляд на розвиток моніторингу ґрунтового покриття, який потрапив під важкий антропогенний вплив гірничо-видобувної діяльності. Розглянуті схеми дозволяють розробити нові методи рекультивзації ґрунтового покриття, який знаходиться на територіях виснажених нафтогазових родовищ та забруднюється вуглеводнями та відходами буріння.

Ключові слова: методи моніторингу, нафтопродукти, ґрунт, експерт, забруднення, деградація, екологічна безпека, родовище, вуглеводні.

Література

1 Прогнозне забруднення нафтопродуктами транскордонних територій / Я. О. Адаменко, Т. Б. Качала, А. Дескалеску, В. Орос // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-техн. журнал. – Івано-Франківськ, 2014. – № 1(9). – С. 4-8.

2 Управління земельними ділянками забрудненими нафтопродуктами технічна оцінка та відновлення забруднених нафтопродуктами ґрунтів румунсько-українська транскордонна мережа / Адаменко Я. О., Приходько М. М., Адаменко О. М., Мандрик О. М., Архипова Л. М., Шкіца Л. Є., Міщенко Л. В., Зорін Д. О., Сусак О. М., Радловська К. О., Качала Т. Б. // Посібник.- Івано-Франківськ, ПП Голіней О. М., 2015.-100 с..

3 Румунсько-Українська транскордонна мережа: управління земельними ділянками забрудненими нафтопродуктами / Адаменко Я. О., Приходько М. М., Адаменко О. М., Мандрик О. М., Архипова Л. М., Шкіца Л. Є., Міщенко Л. В., Зорін Д. О., Сусак О. М., Радловська К. О., Качала Т. Б. // Інформаційний бюлетень.- Івано-Франківськ, ПП Голіней О. М., 2015. – 100 с.

- 4 Польчина С. М. Профільно-диференційовані оглеєні ґрунти Передкарпаття: генеза, варіабельність, систематика. – Чернівці: Чернівецький національний університет. – 271 с.
- 5 Min K., Freeman C., Kang H. The regulation by phenolic compounds of soil organic matter dynamics under a changing environment//Bio Med Res. – 2015. doi: 10.1155/2015/825098.
- 6 Neumann D., Heuer A., Hemkemeyer M., Martens R., Tebbe C. C. Importance of soil organic matter for the diversity of microorganisms involved in the degradation of organic pollutants//ISME J. – 2014. – No 8. – P.: 1289–1300. doi: 10.1038/ismej.2013.233
- 7 Звіт про виконання проектно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2013 році; за ред. Ю. Ю. Бандуровича. – Ужгород: «Карпати», 2014. – 91с.
- 8 Гебрин Л. В. Застосування аерокосмічних методів для визначення ефективно сті використання земельних ресурсів Закарпаття / Л. В. Гебрин, О. О. Железняк // Наукоємні технології. - 2014. – Вип. № 4. – С. 518-521.
- 9 Gebrin L. V. Comprehensive technique for constitution estimation based on satellite observation methods. / L. V. Gebrin, O. O. Zeleznyak, Y. I. Velikodsky, Y. Y. Bandurovych // Proceedings of the National Aviation University, 2015. - № 3 (64) – P. 91 – 97.
- 10 Gebryn-Baydi L. V. Application of remote sensing methods to evaluation of soil fertility indicators of Zakarpattia lands / L. V. Gebryn-Baydi // Geodesy, cartography and aerial photography. – 2017. – № 85. – PP.47 – 58.

Надійшла до редакції 18 листопада 2019 р

*Д. В. Касіянчук, М. М. Шимонюк
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ БАСЕЙНОВОГО ПРИНЦИПУ ПРИ ОЦІНЦІ ЕКОЛОГО-ГЕОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ РОЗВИТКУ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ У МЕЖАХ РІЧКИ ПРУТ

Дослідження еколого-геологічних ризиків у межах адміністративних комплексів не дає чіткого розуміння впливу зсувних процесів на навколишнє середовище та господарську діяльність. Використання геоінформаційних технологій для моделювання ризиків значно спрощує визначення локальних зон розвитку зсувних процесів та їх еколого-геологічної оцінки. Запропонований новий підхід на основі ГІС для оцінки ризиків окремих територій за басейновим принципом. Сформовано картографічну та атрибутивну базу даних геологічних, геоморфологічних та ландшафтних факторів. Це дозволило виконати просторовий аналіз зсувної активності у межах окремих суббасейнів басейну річки Прут на основі просторового поширення зсувів та їх локалізації в річковій мережі. Виконаний статистичний аналіз даних, який дозволив обґрунтувати вибір факторних характеристик для оцінки еколого-геологічних ризиків. Розрахований інтегральний показник і порашована оцінка еколого-геологічного ризику у кожній точці зсувопрояву з інтерполяцією в межах суббасейнів річки Прут. Побудована картографічна модель рельєфу, карта ймовірностей активізації та розвитку зсувних процесів на основі комплексного вибору природно-техногенних факторів і карта еколого-геологічних ризиків розвитку зсувних процесів у межах суббасейнів басейну річки Прут. Результати моделювання свідчать що басейновий принцип оцінки ризиків значно краще виділяє зони з найбільшою ймовірністю негативного впливу на населення, яке проживає у межах суббасейнів. Найбільшим ризиком відзначаються території верхньої частини басейну Прута, зон з активною господарською діяльністю, з розподілом на суббасейну, що категоріально підтверджує основні морфометричні характеристики суббасейну, його геології та геоморфології як потенційно небезпечної зони для розвитку та активізації зсувів.

Ключові слова: зсув; басейн; суббасейн; факторні характеристики; ризики; оцінка.

Постановка проблеми. Проблема вивчення зсувних процесів та їх попередження є досить критичною щодо вибору системи оцінки негативних наслідків від їх проявів. Запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям та катастрофам є ключовим елементом загальної системи державного управління у сфері екологічної безпеки, та виділяється авторами [1], як основу розробки моделі взаємозв'язку між гілками влади.

Процес зсувоутворення знаходиться в прямій лінійній залежності від метеорологічних умов та інтенсивності господарського освоєння території, про що свідчать дані Національних доповідей про стан техногенної та природної безпеки в Україні.

Проблема просторово-часового прогнозування зсувних процесів викладена в праці [2], де розглянуто питання регіонального прогнозування зсувів на кількісному рівні та визначено можливість прогнозування зсувів на локальному рівні геофізичними методами.

Тому існує проблема у виборі просторового розрахунку оцінок еколого-геологічних ризиків на основі статистичного аналізу даних з використанням ГІС та побудови карт просторового розвитку ЕГП для окремих локальних зон.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У праці [3] просторово-часова ймовірність прояву природної складової залежить від просторової ураженості території та часової динаміки розвитку зсувів. Для оцінки ризиків у межах населених пунктів враховувався як рівень поширеності зсувів так і кількість населення.

Метод аналогій у межах локальних зсувів [4], дозволив виділити топології зсувних сценаріїв на основі оцінки їх ризиків з урахуванням базових факторів.

У роботі [5] ризик розраховується як структура кількісної оцінки небезпеки зсувів, в яких наслідки оцінюються індивідуально з урахуванням параметрів, що впливають на розвиток зсуву та зон з особливими умовами.

Дослідження [6] пропонує основу для районування ризику та зменшення небезпеки стихійних лих у найбільш уразливих регіонах. Проте тут не врахований комплексний підхід до

інженерно-геологічного районування території, як можливої територіальної основи для оцінки ризику. Автори вперше запропонували різні підходи до оцінки небезпеки на основі їх аналізу. Це дозволило запропонувати системні і ефективні стратегії управління для зниження економічних і соціальних втрат від зсувів.

Основною метою дослідження [7] було виявлення та аналіз територій, схильних до зсувів та оцінка ризиків впливу на об'єкти культурної спадщини в межах окремих ділянок річки.

Запропонована методологія кількісної прогностичної оцінки ризиків від екзогенних геологічних процесів, яка ґрунтується на результатах досліджень просторово-часового прогнозування їх розвитку дозволила обґрунтувати методику визначення приведенного колективного селевого ризику у межах басейну річки [8].

Проведена деталізація на основі статистичного аналізу по роках, а також по місяцях усередині року з використанням взаємозалежних факторів (опаді, температура), сонячної активності (числа Вольфа), сейсмічності і т.д. дозволила авторам [9] оцінити ймовірність зсувів у майбутньому.

У роботі [10] запропонований новий метод кількісної еколого-геологічної оцінки ризиків зсувної небезпеки. Наведено алгоритм розрахунків, який включає вибір екзогенних геологічних процесів (ЕГП); аналіз просторово-часового розвитку ЕГП; створення прогностичних моделей розвитку; системи оцінки ризиків; побудову карт оцінок ризиків; узагальнення оцінок та побудова інтегральної карти. Побудовано картограму еколого-геологічної оцінки ризиків зсувної небезпеки на основі адміністративно-територіального поділу території.

Постановка завдання. Динамічність екзогенних геологічних процесів, зсувів зокрема, потребує пошуку нових методів аналізу ймовірного негативного впливу від їх активізації і розвитку на навколишнє природне середовище та людей. Тому постає проблема вибору способів оцінки еколого-геологічних ризиків у межах локальних територій, як продовження дослідження [10]. Для оцінки ризиків від проявів зсувних процесів вибрано територію басейну річки Прут у межах України, як територію, де найбільш поширені зсувні процеси, а негативна складова від їхньої активізації формує в кінцевому випадку значні фінансові втрати і може загрожувати життю людей.

Для досягнення мети був виконаний факторний аналіз на основі картографічних матеріалів, їх статистична обробка, виконано структурування суббасейнів у межах досліджуваної території, побудовано карту ймовірностей активізації та розвитку зсувних процесів на основі комплексного вибору природно-техногенних факторів і карту еколого-геологічних ризиків розвитку зсувних процесів на території басейну р. Прут.

Виклад основного матеріалу. На сучасному етапі виокремився напрямок кількісної ймовірнісної оцінки у прогнозуванні ЕГП, чому значною мірою посприяв розвиток ГІС-технологій, який дозволяє визначати ступінь екологічної небезпеки за факторами, які ініціюють процес. Алгоритм [10] передбачає розрахунок кількісних факторних характеристик у точках проявів ЕГП, статистичний аналіз отриманих рядів даних з подальшим розрахунком інтегрального показника, на основі якого створюються прогностичні карти екологічної небезпеки.

Вибір методів представлення інформації щодо просторової оцінки зсувів та їх ймовірного впливу на людей з урахуванням головних зсувоініціативних факторів, дає передумови вибрати новий метод представлення результатів аналізу еколого-геологічних ризиків. Басейновий принцип в умовах, де поширення зсувних процесів є дуже активним, є чи не найбільш визначальним з огляду на геоморфологічні фактори, які впливають на розвиток небезпечних екзогенних процесів дуже сильно. Зокрема просторові характеристики, як базис ерозії, відстань до водотоку є досить визначальними факторними характеристиками на рівні з такими часовими факторами, як опади, сонячна активність, сейсмічна активність.

Адміністративно-територіальний поділ безумовно стосується фінансової складової оцінки ризиків, дає краще представлення та не може деталізувати зони, які можуть мати різні морфометричні характеристики, що є дуже важливим етапом моделювання ризиків.

У процесі аналізу було обрано 3 групи факторів для природно-техногенної складової із 8 факторними характеристиками, тобто мірами визначеності фактору (табл. 1).

Для аналізу факторних характеристик була сформована картографічна база даних, яка містила інформацію про дорожню мережу, водні об'єкти, населені пункти, висоти, лісові насадження, інженерно-геологічне районування та районування басейнів для досліджуваної території.

Окремо сформований шар із зсувами для того, щоби можна було працювати із просторовою інформацією в середовищі програми ГІС MapInfo. Картографічні шари необхідні для розрахунку просторових параметрів факторних характеристик, які є мірою визначення фактора.

Таблиця 1

Фактори активізації зсувних процесів (природно-техногенна складова)

Група факторів	Фактор	Характеристика його дії на процес	Факторна характеристика
Геологічні	Інженерно-геологічний район	Характеризує: – клімат і ґрунти; – характер рельєфу; – геологічну структуру; – характер порід; – гідрогеологічні умови; – сучасні фізико-геологічні процеси	Коефіцієнт ураженості в межах району (в т.ч. іншими ЕГП)
Геоморфологічні	Базис ерозії	Характеризує зміну гідродинамічного тиску	Відстань до базису ерозії
	Висота	Визначає тип і склад гірських порід, визначає мікрогеоклімат	Абсолютна оцінка над рівнем моря
	Крутість схилу	Визначає напружений стан схилу	Кут нахилу денної поверхні
	Вододіл	Визначає гідрологічні умови стоку	Ураженість річкового басейну
	Напрямок схилу		Експозиція схилу
	Наявність населених пунктів	Зменшення опірності ґрунтів гірських порід, зміна мікрокліматичних й гідрологічних умов	Відстань до населеного пункту
Ландшафтні	Рослинність	Визначає характер поверхневого стоку та об'єм зсувного тіла	Зміна лісових площ, відстань до границі лісу

У MapInfo є ряд вбудованих функцій інструменти (Tools), складний запит (SQL select), оновлення колонки (Update Column), які дозволяють швидко розрахувати будь-які параметри.

Важливим етапом є аналіз геоморфологічних характеристик зсуву. Для цього будують картографічну модель із використанням вбудованого додатку Vertical Mapper. На рисунку 1 представлено результати моделювання рельєфу у форматі 3D.

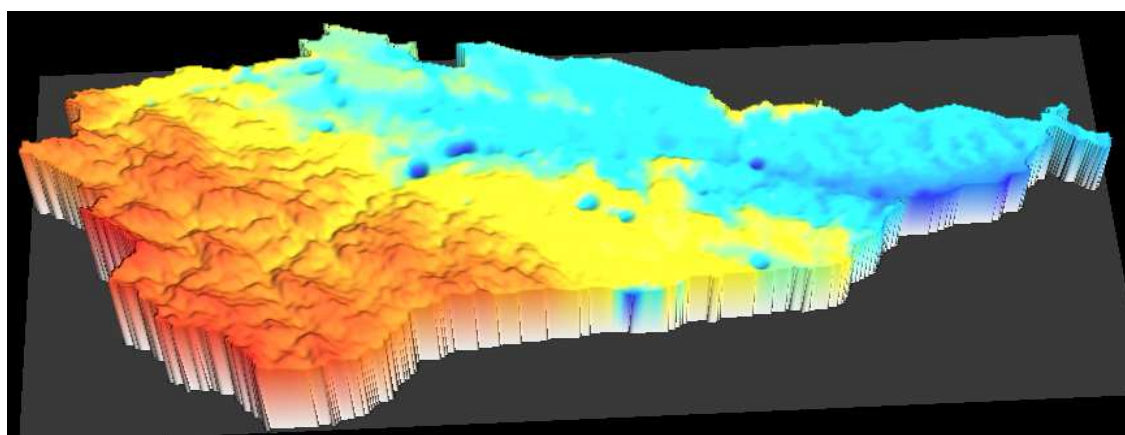


Рис.1. 3D модель басейну р. Прут у межах України

У процесі аналізу було обрано 1681 зсувну ділянку, для яких розраховано всі факторні характеристики на основі даних картографічних матеріалів (за допомогою програми ГІС MapInfo Professional). Статистичний аналіз проведено з допомогою програми STATISTICA.

Територія басейну (рис. 2) значною мірою уражена зсувними процесами, що вказує на необхідності оцінки ризиків у межах території дослідження.

Важливість перетворення значень факторних характеристик так, щоб закони розподілу даних відповідали нормальному, полягає в приведенні закону розподілу до теоретичного. Для цього слід прологарифмувати значення факторної характеристики та представити відповідні їм гістограми розподілів абсолютних значень і логарифмів факторних характеристик та їхні теоретичні аналоги (рис. 3).

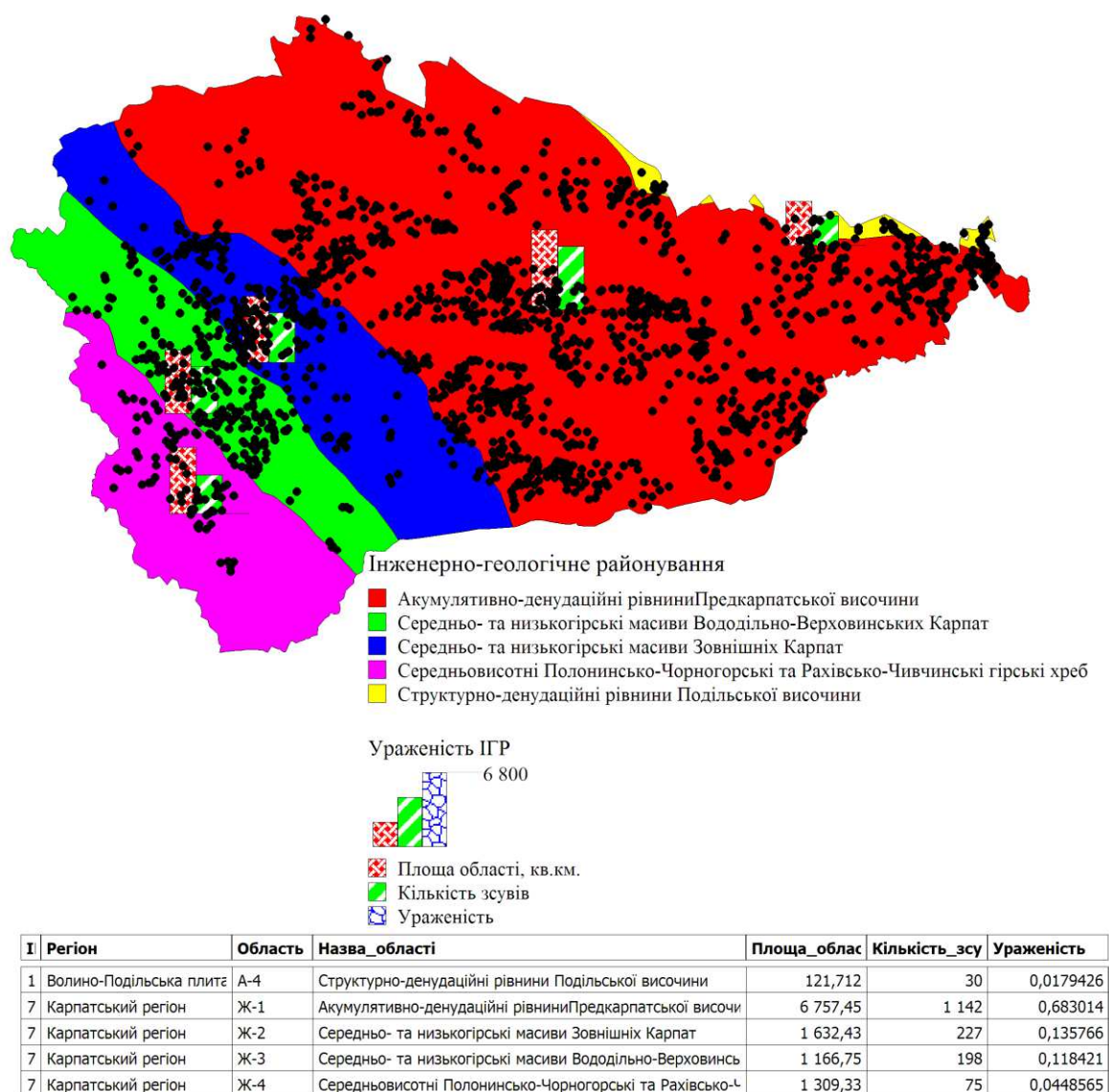


Рис.2. Ураженість зсувними процесами на основі інженерно-геологічного районування

Регуляризація даних значно впливає на зміну закону розподілу. Зменшення об'єму вибірки та відсутність уражених значень позитивно позначається на достовірності значень вибірки та законі розподілу, а з другої сторони відбувається «штучно», завдяки процедурі інтерполяції чи екстраполяції, а не реальним картографічним розрахунковим даним. Підтвердженням цього є аналіз на відповідність одному із законів розподілу (рис. 3).

Окремим важливим етапом дослідження є оцінювання внеску окремих факторних характеристик у процес розвитку й активізації зсувів. Вагові коефіцієнти інформативності є оцінні значення, що вказують на відносну важливість або вплив кожної факторної характеристики. Мета визначення вагових коефіцієнтів полягає в можливості встановити окреслені пріоритети роботи, тобто підтвердити або спростувати висунуту гіпотезу. Їх визначають з метою підтвердження правильності вибору факторів та означення «ваги» факторних характеристик.

Для їх оцінки необхідно провести кореляційний аналіз між факторними характеристиками. Їх результат представлений на рисунку 4.

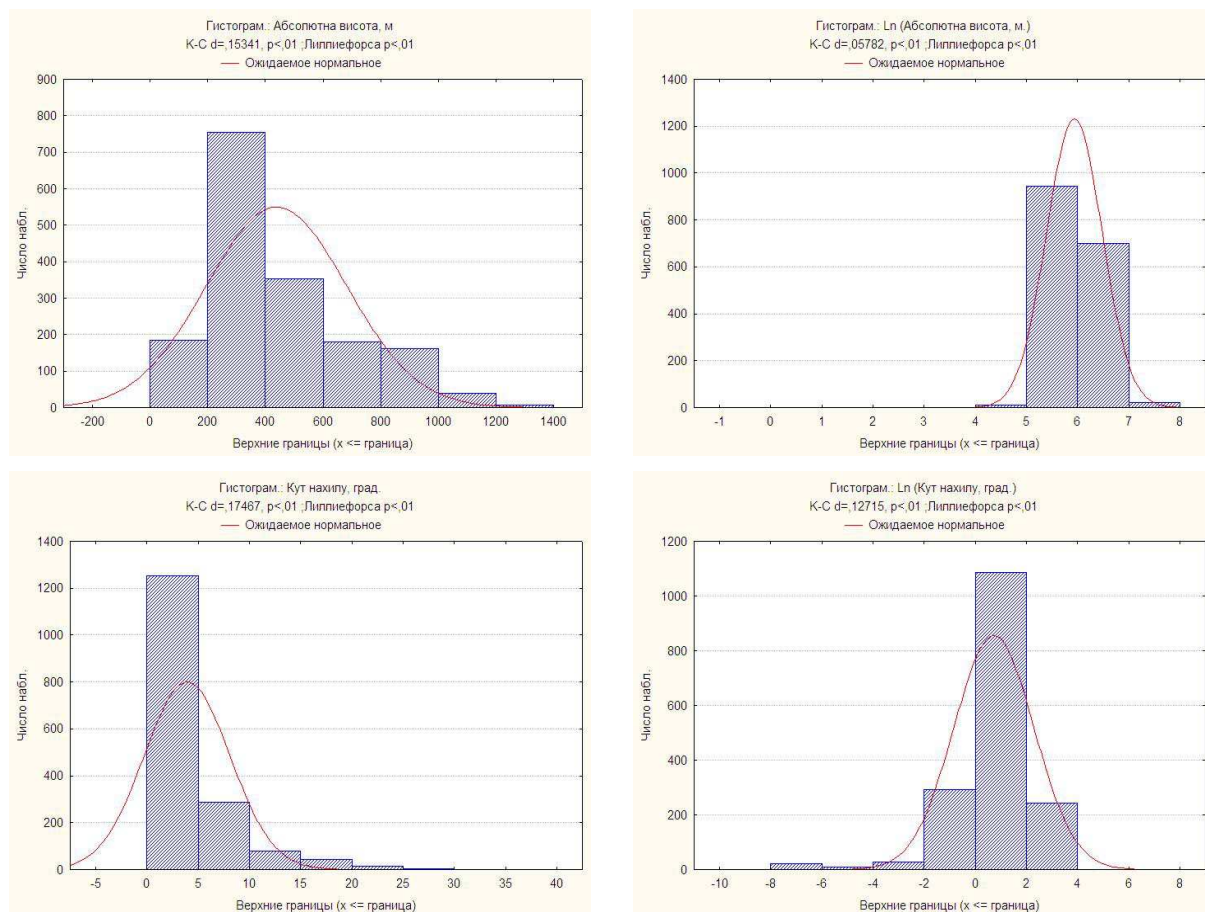


Рис. 3. Гістограми законів розподілу факторних характеристик розвитку зсувів (перша колонка – вихідні дані, друга – прологарифмовані значення)

Як видно з гістограм, закони розподілу даних не є однорідними, що знову буде продемонстровано нижче на рисунку 4. Це говорить про різну природу фактору та його ймовірний вплив на процеси розвитку та активізації зсувів.

Оценки параметров для всех распределений (зсуви31)						
Перемен.: Абсолютна висота, м N = 1681						
(p-уровни вычисляются для известных параметров)						
Распредел.	Заданный Парам 1	Заданный Парам 2	Парам 1	Парам 2	К-С d	К-С p-уров.
Негауссов. (асимметрия, эксцесс)			1,0622	0,2575	0,048834	p<.01
Логнормальное (порог, масштаб, форма)	0,00		5,9419	0,5286	0,063785	p<.01
Экстрем. значение (полож., масштаб)			331,2350	169,3499	0,080240	p<.01
Гамма (порог, масштаб, форма)	0,00		119,2778	3,6783	0,083667	p<.01
Вейбулла (порог, масштаб, форма)	0,00		498,2197	1,9387	0,111683	p<.01
Релея (порог, масштаб)	0,00		355,0375		0,119516	p<.01
Нормал. (среднее, сигма)			438,7428	244,2203	0,153405	p<.01
Экспоненциальное (порог, масштаб)	0,00		438,7428		0,295505	p<.01
Бета (порог, сигма, форма, форма)	0,00	1,000000				--

Оценки параметров для всех распределений (зсуви31)						
Перемен.: Ln (Абсолютна висота, м.) N = 1681						
(p-уровни вычисляются для известных параметров)						
Распредел.	Заданный Парам 1	Заданный Парам 2	Парам 1	Парам 2	К-С d	К-С p-уров.
Гамма (порог, масштаб, форма)	0,00		0,057425	103,4183	0,052881	p<.01
Нормал. (среднее, сигма)			5,938848	0,5447	0,057822	p<.01
Логнормальное (порог, масштаб, форма)	0,00		1,776673	0,1066	0,067392	p<.01
Негауссов. (асимметрия, эксцесс)			-0,384419	4,9678	0,097697	p<.01
Экстрем. значение (полож., масштаб)			5,667349	0,9510	0,212211	p<.01
Вейбулла (порог, масштаб, форма)	0,00		7,922654	1,4025	0,422237	p<.01
Релея (порог, масштаб)	0,00		4,217016		0,499858	p<.01
Экспоненциальное (порог, масштаб)	0,00		5,938848		0,560821	p<.01
Бета (порог, сигма, форма, форма)	0,00	1,000000				--

Рис. 4. Оцінка параметрів розподілу для окремих факторних характеристик

Справа представлені гістограми вихідного ряду, зліва – їх прологарифмовані значення. Закон розподілу, навіть якщо оцінювати його візуально або аналізуючи результати основного статистичного аналізу, змінився для кожної із факторних характеристик. Це підтверджує теорію, про необхідність логарифмування ознак, з метою визначення їх приналежності до природної або техногенної складової процесу розвитку зсувів.

Закони розподілу факторних характеристик, які оцінювалися за критерієм Колмогорова-Смірнова показали, що закони розподілу змінилися для усіх факторів із логнормального, екстремального, експоненційного, Вейбула на негаусівський або, іншими словами, на нормальний закон розподілу. Це дає передумови для подальшого аналізу факторів з метою проведення оцінки ризиків для досліджуваної території.

Часто зв'язок між різними факторами та їх факторними характеристиками при аналізі геологічного середовища взагалі не піддається поясненню з генетичного чи причинно-наслідкового поглядів, оскільки спостережувані взаємозалежності можуть бути пов'язані не з досліджуваними геологічними процесами, а наприклад, з методикою вимірювання або іншими причинами.

Перевірка законів розподілу на відповідність важлива та за своєю суттю передбачає уявлення природних процесів, як системи, що можна описати якоюсь періодичністю.

Вивчення взаємозв'язків між факторними характеристиками за допомогою кореляційного та кластерного аналізу (рис. 5) дозволяє виявити та глибше зрозуміти фізику явища, визначити найбільш інформативні факторні характеристики, що впливають на досліджуваний процес.

Корреляції (зсуви32.sta) Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,05000$ N=1681 (Построчное удаление ПД)								
Переменная	Абсолютна висота, м	Кут нахилу, град.	Експозиція, град.	Відстань до води, м	Відстань до дороги, м	Відстань до населеного пункту, м	Ураженість ІГР	Ураженість басейна
Абсолютна висота, м	1,00	0,44	-0,04	-0,18	0,06	0,18	-0,80	-0,04
Кут нахилу, град.	0,44	1,00	-0,06	0,00	-0,01	0,01	-0,43	0,05
Експозиція, град.	-0,04	-0,06	1,00	0,00	0,01	0,03	0,04	-0,07
Відстань до води, м	-0,18	0,00	0,00	1,00	-0,01	-0,09	0,17	0,03
Відстань до дороги, м	0,06	-0,01	0,01	-0,01	1,00	0,26	-0,02	-0,02
Відстань до населеного	0,18	0,01	0,03	-0,09	0,26	1,00	-0,15	-0,13
Ураженість ІГР	-0,80	-0,43	0,04	0,17	-0,02	-0,15	1,00	-0,04
Ураженість бас	-0,04	0,05	-0,07	0,03	-0,02	-0,13	-0,04	1,00

Корреляції (зсуви32.sta) Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,05000$ N=1681 (Построчное удаление ПД)								
Переменная	Ураженість ІГР	Ураженість басейну	Ln Абсолютна висота, м.)	Ln (Кут нахилу, град.)	Ln Експозиція, град.)	Ln (Відстань до води, м.)	Ln (Відстань до дороги, м.)	Ln (Відстань до населеного пункту, м.)
Ураженість ІГР	1,00	-0,04	-0,72	-0,36	0,00	0,17	0,05	-0,13
Ураженість бас	-0,04	1,00	-0,05	0,12	-0,08	0,03	-0,03	-0,11
Ln (Абсолютна висота, м.)	-0,72	-0,05	1,00	0,27	-0,00	-0,09	-0,00	0,13
Ln (Кут нахилу, град.)	-0,36	0,12	0,27	1,00	-0,11	0,06	0,01	0,04
Ln (Експозиція, град.)	0,00	-0,08	-0,00	-0,11	1,00	0,03	0,00	0,04
Ln (Відстань до води, м.)	0,17	0,03	-0,09	0,06	0,03	1,00	0,03	-0,03
Ln (Відстань до дороги, м.)	0,05	-0,03	-0,00	0,01	0,00	0,03	1,00	0,12
Ln (Відстань до населен	-0,13	-0,11	0,13	0,04	0,04	-0,03	0,12	1,00

Рис. 5. Кореляційний зв'язок між факторними характеристиками до і після логарифмування (червоним відзначено вагомі значення)

Аналізуючи матрицю коефіцієнтів кореляції, слід зазначити, що жоден фактор не має переваги у своїй кореляційній залежності від іншого. Вагомим є лише значення оберненого взаємозв'язку між факторними характеристиками «Абсолютна висота» – «Ураженість ІГР». Це насамперед пояснюється тим, що інженерно-геологічне районування формується на геологічних, геоморфологічних, літологічних та тектонічних особливостях регіону. Однак цікавим є те, що найбільша ураженість ІГР там, де висоти найменші.

Кластерний аналіз вихідних та прологарифмованих даних не вказав на зміну залежностей між факторами. Для вихідних даних найближчою мірою подібності володіли морфометричні характеристики «кут нахилу – експозиція – абсолютна висота».

Логарифмування показало, що фактори змінили свою взаємозалежність, що, по-перше, свідчить про правильність їх вибору, по-друге, їх незалежний вплив, по-третє, необхідність використання у подальшому аналізі. Факторні характеристики «абсолютна висота – відстань до дороги – відстань до води» найбільш тісно знаходяться. Проте така близькість не несе вагомego впливу на загальний вибір факторів, бо їхня фізика впливу на процеси зсувоутворення є надто різною.

Результати розрахунку вагових коефіцієнтів, що представлені на круговій діаграмі (рис. 6), вказують на рівноцінність впливу факторних характеристик активізації та розвитку природної складової розвитку зсувів. Навіть такі факторні характеристики як “Кут нахилу денної поверхні” та “Експозиція схилу”, які не досягали високих значень кореляційного зв’язку, мають право на існування, що підтверджено додатковим кластерним аналізом. Порівняно високі значення інформативності “Абсолютна оцінка над рівнем моря”, “Кількість (інтенсивність) опадів”, про які йшла мова раніше, підтверджують тільки їхній істотний вплив з огляду на умови формування природного явища.

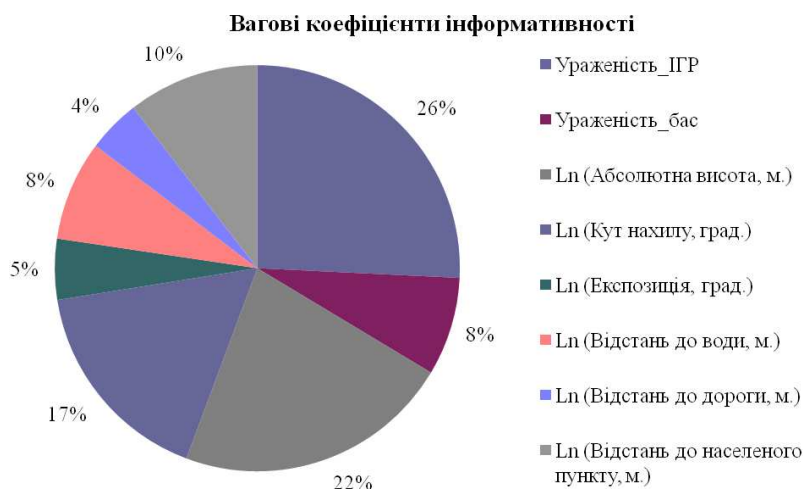


Рис. 6. Кругова діаграма вагового внеску факторів

Незалежність груп факторів, а особливо їхніх факторних характеристик, що представлені на круговій діаграмі, вказує на нерівномірний загальний внесок факторів, але їх зрозумілу з погляду фізики процесу впливу вагомисть. Абсолютна висота, ураженість ІГР як найбільш вагомi факторні характеристики зумовлені, по-перше, чіткою градацією активності зсувів за висотою, по-друге, те, що ІГР містять значну інформацію про геологію окремого району загалом, що теж значно впливає на процеси зсувоутворення.

Розрахунок інтегрального показника і оцінки еколого-геологічного ризику. Критерієм підбору факторів активізації ЕГП є фізичні передумови, проаналізовані в літературних джерелах та запропоновані згідно з уявленнями про механізм їх формування й активізації.

Використовуючи формулу, що характеризує криву нормального закону розподілу ймовірностей випадкової величини $f(P_{ij})$, включаючи перерахунок усіх ймовірностей таким чином, щоб її максимальне значення дорівнювало одиниці ($\max(f(P_{ij}))^{-1}$), оцінюються ймовірність зсувної небезпеки в кожній точці обраної ділянки дослідження (1):

$$f(P_{ij}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{P_{ij}^2}{2}} \times \max(f(P_{ij}))^{-1}. \quad (1)$$

За їх результатами побудовані відповідні карти ймовірностей екологічної небезпеки активізації та розвитку небезпечних ЕГП (рис. 7).

Карта ймовірностей, що представлена на рис. 7, дає уявлення про просторове представлення зсувної небезпеки. Як видно з рисунку, ймовірнісна складова розвитку зсувних процесів, а отже, їх ризик розподілені нерівномірно у межах басейну. Окрім того, представлення дослідження зсувних процесів для річкового басейну може слугувати як основа для такого роду досліджень, на противагу дослідженням у межах адміністративних областей. У південній та північній частині

басейну ймовірність розвитку зсувів близька до нуля. Це в основному продиктоване тим, що ці території є рівнинними, кути нахилу схилів невеликі, а лісистість є високою.

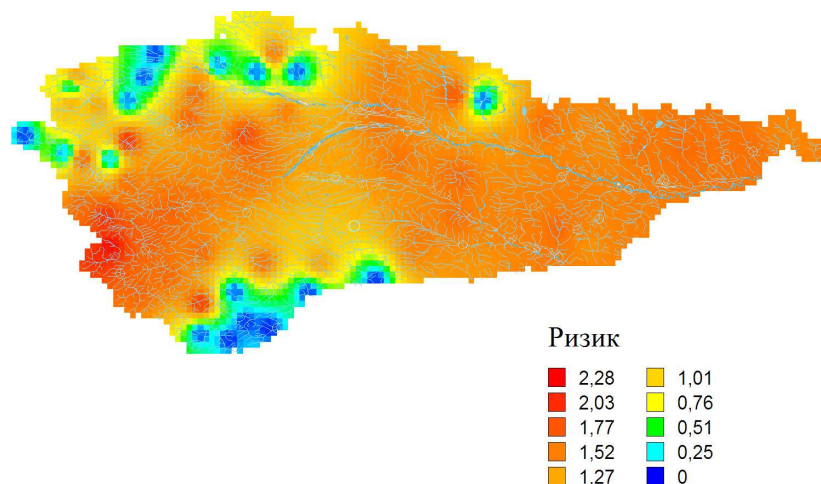


Рис. 7. Схематична карта ймовірності зсувної небезпеки басейну р. Прут (для різних складових)

Найбільша ймовірність розвитку спостерігається у високогір'ї, та скибовій частині Чернівецької області, що вкрита ґрунтами, які легко піддаються до масопереносу через інтенсивні опади, активну господарську діяльність тощо.

Сформована карта дозволяє оцінити ймовірність у будь-якій точці, а отже, є аналітично змістовною та може бути використана для створення прогнозної ГІС-моделі оцінки еколого-геологічних ризиків.

Таким чином кінцевим результатом зазначених досліджень є моделі ризиків для зсувних процесів. Карти еколого-геологічної оцінки ризиків, розраховані за формулою (2) [8,10]:

$$Rpr_{i,t} = \bar{P}_{i,t} \times N_i \times \frac{\sum_{i=1}^k s_i}{S_i^2} \times Z_i, \quad (2)$$

де $\bar{P}_{i,t}$ – середнє значення небезпеки прояву ЕГП для i -тої ділянки, s_i - площа зсувів в кількості k , S_i - площа ділянки, N_i - кількість населення на ділянці, Z_i – коефіцієнт, що враховує наявність захисних об'єктів, част. од.

Відсутність захисних комплексів, що могли би послабити негативний вплив ЕГП процесів на екологічний стан та безпеку життєдіяльності людини, дозволяє нам прирівняти значення коефіцієнту Z до одиниці.

Басейн річки Прут було розподілено на 70 суббасейнів, на основі щільності річкової мережі, розподілу зсувів та морфометричних характеристик території. Мінімальна площа суббасейну складає 18,9 км² – р. Кам'янка, а найбільша – 703,8 км² – р. Черемош (її нижня частина).

На основі сформованої картографічної інформації та значення інтегрального показника з урахуванням кількості населення побудована карта еколого-геологічних ризиків (рис. 8).

Як видно з карти ризик комплексного впливу природно-техногенних факторів з урахуванням кількості населення значно покращує модель оцінки ризиків, оскільки збільшує деталізацію та не обмежується адміністративними межами, а природними бар'єрами у вигляді вододілів басейну. Найбільший ризик для населення є в південно-західній частині басейну та уздовж ділянок дельт менших річок, що пояснюється значною ураженістю силовими процесами ділянок через підрізання схилів, навантаження їх та порушення режиму підземних вод. Усього з найвищими ризиками виділено 17 суббасейнів, які розміщені в основному локалізовані, а отже добре інтерпретують дані інтегральних показників і репрезентують коректно значення оцінок ризиків.

Висновки. Оцінюючи ризики, які представлені у вигляді карти за басейновим принципом, варто відзначити, що такий підхід значно чіткіше дає розуміння про можливий негативний вплив на навколишнє середовище та господарську діяльність. Карта, для окремих басейнів, побудована на основі усереднення значень ризиків конкретного суббасейну.

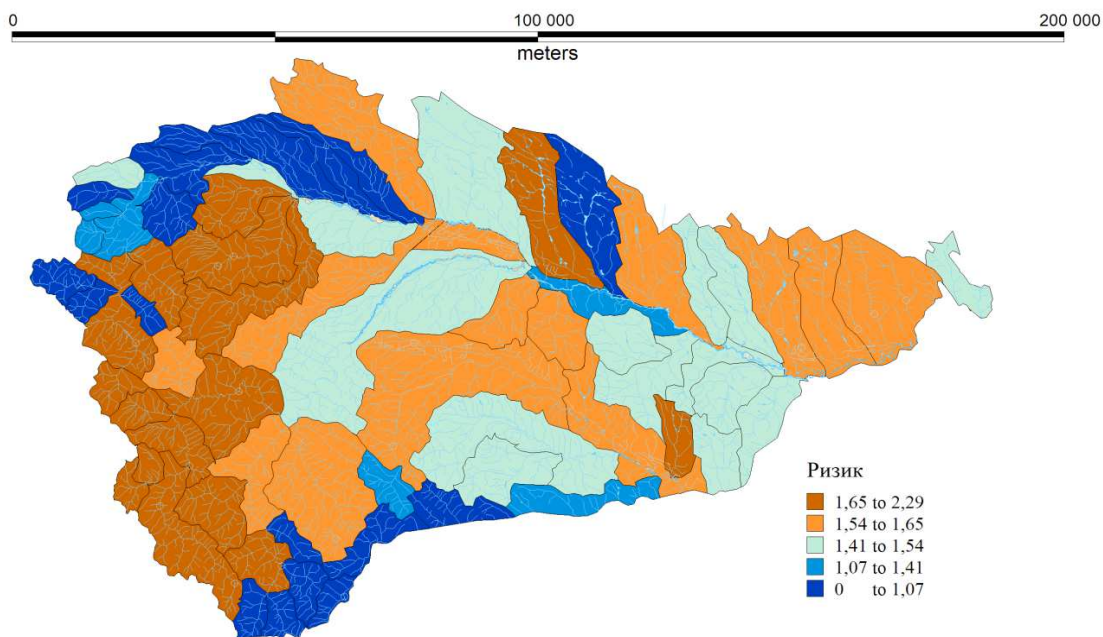


Рис. 8. Карта еколого-геологічних ризиків розвитку зсувних процесів на території басейну р. Прут (у межах України)

Слід відзначити, що градація басейну, на внутрішні виконано з розрахунку просторового представлення існуючих зсувних ділянок, висотності ділянки басейну. Такий поділ, може бути використаний для подальших досліджень, шляхом категоризації басейну за морфометричними характеристиками та гідрологічними особливостями окремих суббасейнів принципом із деталізацією факторів у межах кожного із них.

Література

- 1 Концептуальні підходи щодо організації моніторингу геологічного середовища і мінеральних ресурсів України в сучасних умовах / Трофимчук О. М. та ін. // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. пр. Київ, 2018. №4(28), С.7-26.
- 2 Прогнозування зсувів: монографія / Е.Д. Кузьменко, П.В. Блінов, О.П. Вдовина [та ін.]. Івано-Франківськ, 2016. 601 с.
- 3 Биченок М.М. Іванюта С.П., Яковлев Є.О. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. Київ, 2008. 160 с.
- 4 M. Bednarik, I. Yilmaz, M. Marschalko. Landslide hazard and risk assessment: a case study from the Hlohovec–Sered' landslide area in south-west Slovakia // Natural Hazards, 2012. Volume 64, Issue 1, P. 547–575. doi.org/10.1007/s11069-012-0257-7.
- 5 Quantitative risk assessment of landslide by limit analysis and random fields / J.Huang et al. // Computers and Geotechnics, 2013. Volume 53, P. 60-67. doi.org/10.1016/j.compgeo.2013.04.009.
- 6 Jia H. Risk mapping of integrated natural disasters in China / H. Jia, D. Pan, W. Wang, W. Zhang // Natural Hazards, 2015. Volume 80, Issue 3., P. 2023-2035. doi.org/10.1007/s11069-015-2057-3.
- 7 I.C. Nicu. Natural risk assessment and mitigation of cultural heritage sites in North-eastern Romania (Valea Oii river basin) // Area, 2019. Volume 51, Issue 1, P. 142-154. DOI: 10.1111/area.12433.
- 8 Методологія кількісної прогновної оцінки ризиків від розвитку екзогенних геологічних процесів: селеві ризики / Т.Б. Чепурна, Д.В. Касіянчук, Е.Д. Кузьменко, І.В. Чепурний // Геоінформатика. Київ, 2016. №2(58), С. 79-85.
- 9 Methodology of time forecast of exogenous geological processes / D. Kasiyanchuk, L. Shtohryn, N. Yazlovetska, M. Levitska // 17th International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects, Kyiv. Retrieved from www.scopus.com.
- 10 Розрахунок еколого-геологічної оцінки ризиків зсувної небезпеки / Д.В. Касіянчук, Е.Д. Кузьменко, Т.Б. Чепурна, І.В. Чепурний // Східно-Європейський журнал передових технологій, 2016. Т.1, N10(79). С. 18-25. doi: 10.15587/1729-4061.2016.59687

D. Kasiianchuk, M. Shymoniuk

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

PREREQUISITES FOR USING BASIN PRINCIPLE IN THE ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL RISKS ASSESSMENT OF LANDSLIDES DEVELOPMENT WITHIN THE PRUT RIVER

The study of ecological and geological risks within the administrative complexes does not give a clear understanding of the impact of landslides on the environment and economic activity. The use of geoinformation technologies for risks modeling greatly simplifies the identification of local zones of landslide development and their ecological-geological assessment. A new GIS-based approach to basin-based risk assessment of individual areas was proposed. A mapping and attribution database of the geological, geomorphological and landscape factors was developed. This helped to perform the spatial analysis of landslide activity within separate subbasins of the Prut River Basin based on the spatial distribution of landslides and their localization in the river network. The performed statistical data analysis helped to substantiate the choice of factor characteristics for the ecological and geological risks assessment. The integrated index was calculated and the ecological and geological risk assessment was performed at each point of landslide occurrence with the interpolation within the Prut River Subbasins. The authors developed a terrain mapping model, a probabilities map of landslides intensification and development based on the complex selection of natural and man-made factors and a map of ecological and geological risks of landslides development within the Subbasins of the Prut River Basin. The modelling results show that the basin principle of risk assessment has better identified the areas with the highest probability of negative impact on the population living within Subbasins. The highest risk is observed in the upper part of the Prut Basin, areas with active economic activities, spread over the Subbasin, which categorically confirms the main morphometric characteristics of the Subbasin, its geology and geomorphology as a potentially dangerous zone for the development and intensification of landslides.

Key words: landslide, basin, subbasin, factor characteristics, risks, assessment.

References

- 1 Kontseptualni pidkhody shchodo orhanizatsii monitorynhu heolohichnoho seredovyshcha i mineralnykh resursiv Ukrainy v suchasnykh umovakh / Trofymchuk O. M. ta in.// *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannya: zb. nauk. pr.* Kyiv, 2018. №4(28), С.7-26.
- 2 Prohnozuvannya zsuiv: monohrafiia / E.D. Kuzmenko, P.V. Blinov, O.P. Vdovyna [ta in.]. Ivano-Frankivsk, 2016. 601 s.
- 3 Bychenok M.M. Ivaniuta S.P., Yakovliev Ye.O. Ryzyky zhyttiediialnosti u pryrodno-tekhnohennomu seredovyshchi. Kyiv, 2008. 160 s.
- 4 M. Bednarik, I. Yilmaz, M. Marschalko. Landslide hazard and risk assessment: a case study from the Hlohovec–Sered' landslide area in south-west Slovakia // *Natural Hazards*, 2012. Volume 64, Issue 1, P. 547–575. doi.org/10.1007/s11069-012-0257-7.
- 5 Quantitative risk assessment of landslide by limit analysis and random fields / J.Huang et.al // *Computers and Geotechnics*, 2013. Volume 53, P. 60-67. doi.org/10.1016/j.compgeo.2013.04.009.
- 6 Jia H. Risk mapping of integrated natural disasters in China / H. Jia, D. Pan, W.Wang, W. Zhang // *Natural Hazards*, 2015. Volume 80, Issue 3., P. 2023-2035. doi.org/10.1007/s11069-015-2057-3.
- 7 I.C. Nicu. Natural risk assessment and mitigation of cultural heritage sites in North-eastern Romania (Valea Oii river basin) // *Area*, 2019. Volume51, Issue1, P. 142-154. DOI: 10.1111/area.12433.
- 8 Metodolohiia kilkisnoi prohnoznoi otsinky ryzykiv vid rozvytku ekzohennykh heolohichnykh protsesiv: sevi ryzyky / T.B. Chepurna, D.V. Kasiianchuk, E.D. Kuzmenko, I.V. Chepurnyi // *Heoinformatyka*. Kyiv, 2016. №2(58), S. 79-85.
- 9 Methodology of time forecast of exogenous geological processes / D. Kasiianchuk, L. Shtohryn, N. Yazlovetska, M. Levitska // 17th International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects, Kyiv. Retrieved from www.scopus.com.
- 10 Rozrakhunok ekoloho-heolohichnoi otsinky ryzykiv zsuivnoi nebezpeky / D.V. Kasiianchuk, E.D. Kuzmenko, T.B. Chepurna, I.V. Chepurnyi // *Skhidno-ievropeyskyi zhurnalпередovykh tekhnolohii*, 2016. T.1, N10(79). S. 18-25. doi: 10.15587/1729-4061.2016.596878.

Надійшла до редакції 29 листопада 2019 р.

*С. В. Качала, Т. Б. Качала
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

УДОСКОНАЛЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ГІДРОЕКОСИСТЕМУ (НА ПРИКЛАДІ ВЕРХНЬОГО ДНІСТРА)

Розвиток світової економіки призвів до безпрецедентного за масштабом негативного впливу на біосферу. Виникло протиріччя між зростаючими потребами світової спільноти і обмеженими можливостями біосфери щодо їх задоволення. Гармонійний розвиток природи і техніки можливий тільки внаслідок науково обґрунтованого компромісу між компонентами природного середовища та соціальною та господарською діяльністю людини. На сьогоднішній день єдиний прийнятний варіант прогресивного руху людства – це рух в «рамках сталого розвитку».

Реалізація концепції гармонійного розвитку потребує розробки науково-технічного обґрунтування і створення системи екологічного забезпечення та супроводу господарської діяльності. Під екологічним супроводом слід розуміти систему постійного контролю, аналізу та цілеспрямованого впливу на умови, чинники і характеристики, що впливають на показники природно-техногенного ризику, з метою встановлення, забезпечення і підтримки необхідного рівня екологічної безпеки в процесі проектування, виробництва, експлуатації, утилізації технічних об'єктів.

Основними причинами формування паводків на річках Карпатського регіону є природно-кліматичні особливості. Формування паводків тут відбувається шляхом різкого підняття рівнів води в річках внаслідок тривалих інтенсивних опадів, що спричинює затоплення територій населених пунктів, виробничих об'єктів і завдає значних народногосподарських збитків. Аналіз попередніх досліджень показує, що роботи, котрі проводились у цій галузі, як правило, не охоплювали всього спектру необхідних компонентів та не враховували їхнього взаємозв'язку. Головними недостатньо вивченими аспектами існуючих досліджень є недостатня реалізація екосистемного підходу до вирішення проблем комплексного визначення та прогнозування гідроекологічної небезпеки, створення умов гармонійного функціонування гідроекосистеми, недостатня необхідність врахування кліматичних факторів при дослідженні гідроекологічних небезпек, природні та техногенні навантаження на гідроекосистему, не достатньо ефективна система моніторингу водних об'єктів. Внаслідок сукупності наведених факторів відбувається порушення стану гідроекосистеми та неефективне управління ризиками. Дослідження кліматотворчих факторів, закономірностей їх зміни, а також їх вплив на стан водних об'єктів та формування стоку річок Карпатського регіону є ключовим напрямом проведення вказаних досліджень. Це питання потребує аналізу методів дослідження гідроекосистем за басейновим підходом, виділення основних елементів, які впливають на формування гідроекологічних небезпек, та створення методу визначення природно-техногенного впливу.

Ключові слова: екологічна безпека, гідроекосистема, верхня течія Дністра, зміни клімату, природно-техногенний вплив, басейновий підхід, гідроекологічний моніторинг.

Постановка проблеми. Недостатній рівень прогнозованості розвитку повеней, паводків і затоплення, а також відсутність сучасного, повноцінного та цілісного захисного комплексу в державі призводить до щорічних збитків в аграрному, промисловому та соціальному секторах економіки. Обсяги здійснення заходів щодо захисту населення та територій не відповідають темпам морального та фізичного старіння об'єктів інженерної інфраструктури захисного протипаводкового комплексу. Через те збитки, що завдаються населенню та галузям економіки держави, призводять до необхідності щорічного виділення значних коштів з резервного фонду Державного бюджету України на ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій, не сприяють стабілізації соціально-економічного стану країни та створенню передумов зростання економіки. Отже, проведення превентивного оцінювання природно-техногенного впливу на гідроекосистему є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Масштабні дослідження взаємозв'язку між кліматичними факторами та коливаннями рівнів водних об'єктів проводять на глобальному рівні по всьому світу. Прогнозні тенденції змін у водних об'єктах в Україні досліджували численні українські та закордонні вчені Intergovernmental Panel on Climate Change [1-4].

Вагомий внесок у вирішення проблеми контролю і прогнозування паводкових вод, з метою забезпечення екологічної безпеки довкілля, зробили у своїх наукових працях українські вчені Волошкіна О. С., Лук'янець О. І., Сусідко М. М., Архипова Л. М., Кирилюк М. І., Адаменко О. М., Семчук Я. М., Приходько М. М., а також зарубіжні вчені Егидарев Е. Г (Росія), К. Крістенсен (Данія), Moss Ian (Canada), Wang Zhenyu, He Zhiguo (China), B. Zadrozny, K. Mantripragada (USA), Ward R. C. (UK), S. Shigemi (Japan) [1-6].

Постановка завдання. Метою даної роботи є підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем шляхом наукового обґрунтування комплексного підходу до визначення природно-техногенного впливу, удосконалення системи екологічного моніторингу поверхневих водозборів. Важливим аспектом даного дослідження було проаналізувати методи оцінки природно-техногенного впливу на гідроекосистему з метою удосконалення системи гідроекологічного моніторингу та технічних засобів контролю за станом навколишнього середовища. Було поставлено завдання дослідити та обґрунтувати функціональні закономірності зміни стоку від кліматичних факторів для верхньої течії Дністра, розробити метод комплексної оцінки природно-техногенного впливу на басейнову гідроекосистему для подальшого обґрунтування заходів з підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем. А також удосконалити систему екологічного моніторингу поверхневих водозборів та апробувати її для малих ГЕС Карпатського регіону [7-9].

Виклад основного матеріалу. З метою вирішення поставлених завдань запропоновано методологічну схему етапів оцінки природно-техногенних впливів на гідроекосистему, яка стала підґрунтям проведення досліджень (рис.1).

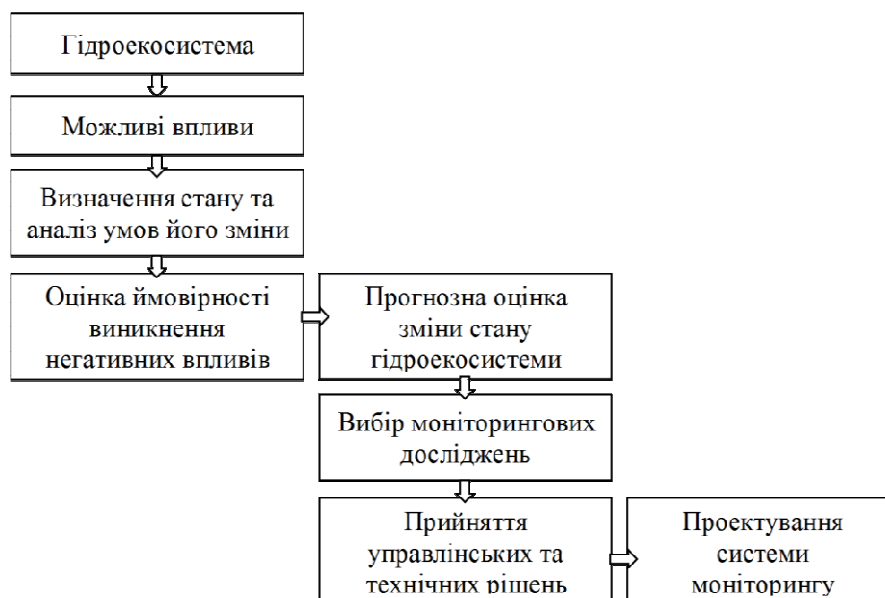


Рис. 1. Методологічна схема етапів оцінки впливу на гідроекосистему

Ця схема передбачає покрокове дослідження гідроекосистеми та впливів, які формують виникнення ризику водозабезпечення. З урахуванням можливих впливів проводиться визначення стану гідроекосистеми та аналіз умов, при яких він буде порушений. На наступному етапі проводиться оцінка виникнення порушень та прогноз подальшої зміни стану гідроекосистеми [10-11].

Виконання таких етапів забезпечує вибір ефективних моніторингових досліджень, удосконалює процес прийняття управлінських та технічних рішень та дозволяє спроектувати оптимальну мережу моніторингу.

Також під час досліджень було проведено аналіз середнього арифметичного відхилення температури за період 1981-2018 рр., за даними по м. Івано-Франківську, демонструє, збільшення відхилення $\uparrow 0,23^{\circ}\text{C}$ (рис. 2). Аналіз середнього арифметичного відхилення показника сумарних річних опадів за період 1981-2018рр., за даними по м. Івано-Франківську, демонструє, збільшення відхилення кількості опадів і становить $\uparrow 15,86$ мм (рис.3). Таким чином, вдалося помітити зростання температури та опадів, що підтверджує досліджувані тенденції та вплив глобальних кліматичних змін.

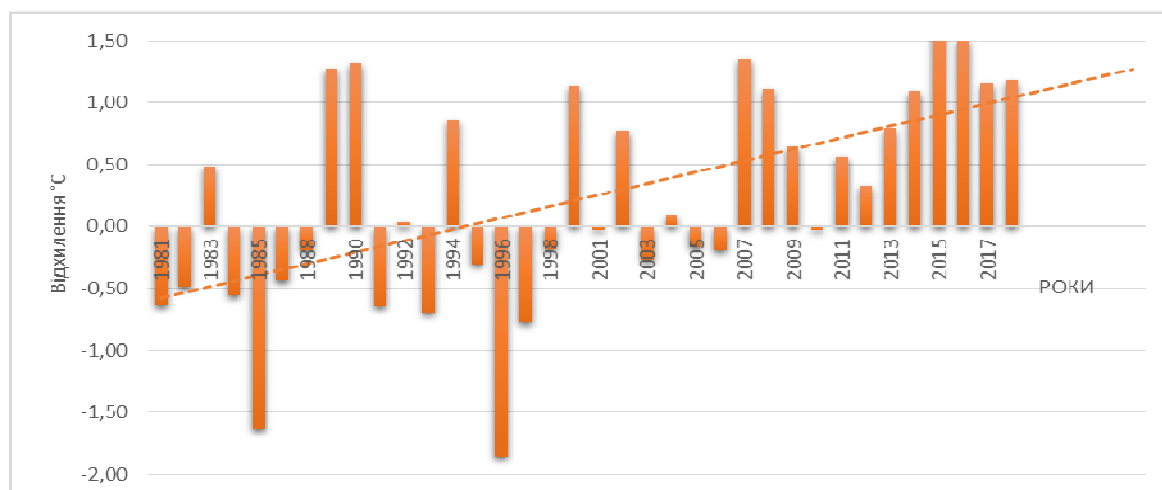


Рис. 2. Відхилення сумарної середньорічної температури від норми середньобагаторічного значення за період 1981-2018 рр. по м. Івано-Франківськ

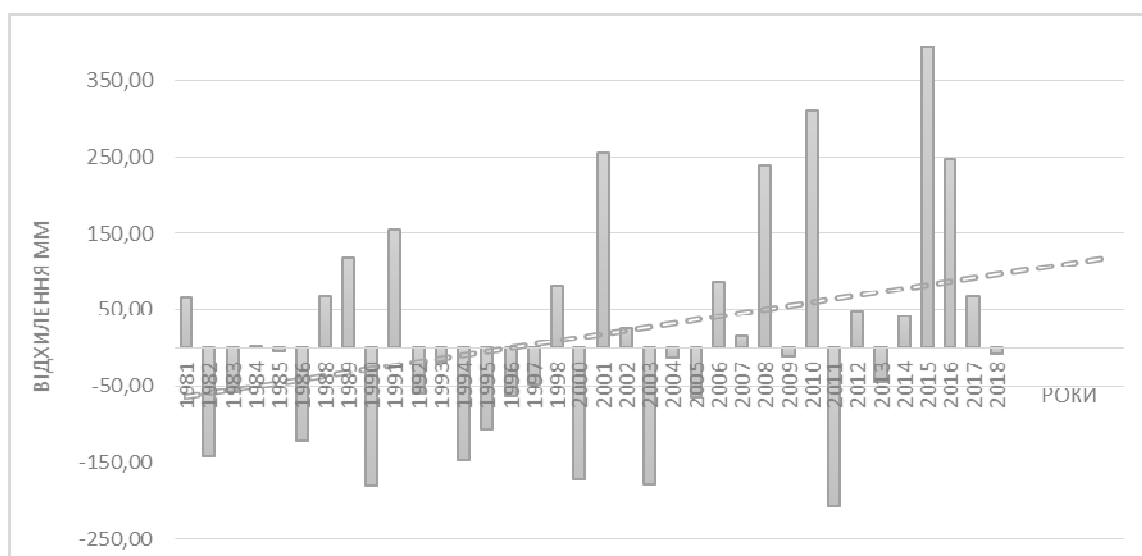


Рис. 3. Середнє арифметичне відхилення показника сумарних річних опадів від норми за період 1981-2018 рр. по м. Івано-Франківськ

За результатами досліджень встановлено багаторічні тенденції і закономірності часового розподілу кількісної складової гідроекологічних небезпек верхньої течії р. Дністер в межах Карпатського регіону. За допомогою сингулярного спектрального аналізу SSA розроблено прогностну модель об'єму стоку м³/рік за період спостереження та прогностний період до 2028 р. у створі р. Дністер - м. Галич (рис. 4).

Досліджено сценарні подібності гідроекологічних небезпек, що аналізують паводки 1969 та 2008 років по 14 пунктах спостереження басейну верхнього Дністра.

Отримано функціональну залежність кількості паводкоутворюючих опадів під час паводків 1969 та 2008 років (для басейну верхнього Дністра). Коефіцієнт детермінації з поправкою на ступені вільності $D=r^2=0,94$ та показує, що зв'язок між ознаками не випадковий (суттєвий) (рис. 5).

Також отримано функціональну залежність подібності показників максимальної витрати води (м.куб/с) під час паводків 1969 та 2008 років. Коефіцієнт детермінації з поправкою на ступені вільності для даної залежності становить $D=r^2=0,914$ та показує, що зв'язок між ознаками не випадковий (суттєвий) (рис. 6).

Перевірка суттєвості зв'язку здійснюється за допомогою F-критерія Фішера. Це свідчить, що існує залежність між сценаріями розвитку циклічних явищ. Виходячи з цього, при використанні таких залежностей можна виділити підстави для проведення прогностуючих обрахунків та визначення імовірності розвитку гідрометеорологічних явищ.

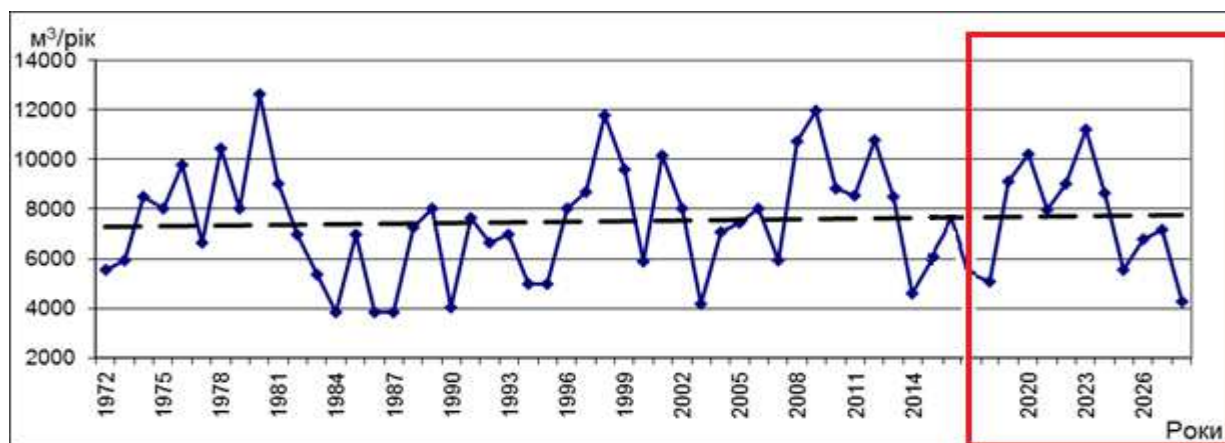


Рис. 4. Прогнозна модель об'єму стоку м³/рік за період спостереження та прогностичний період до 2028 р. у створі р. Дністер - м. Галич

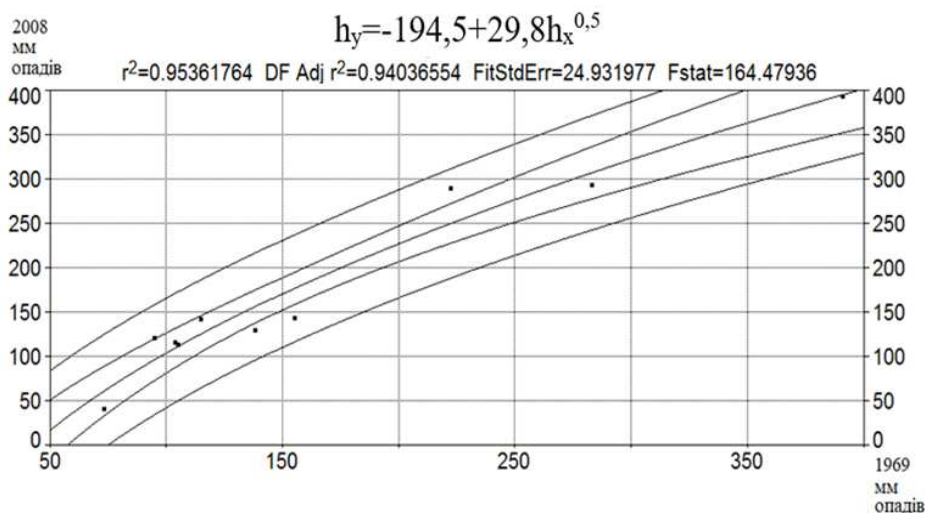


Рис. 5. Функціональна залежність кількості паводкоутворюючих опадів під час паводків 1969 та 2008 років (для басейну верхнього Дністра)

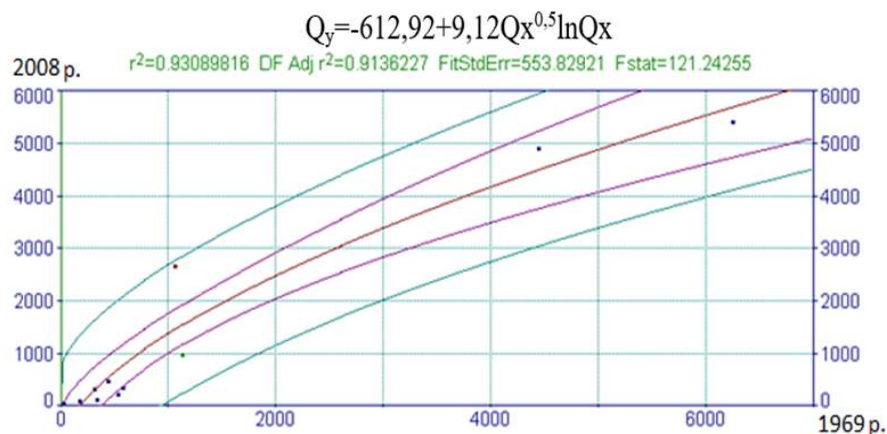


Рис. 6. Функціональна залежність подібності показників максимальної витрати води (м.куб/с) під час паводків 1969 та 2008 років

Проведено аналіз ряду спостережень та отримано функціональну залежність середньобаторічних помісячних показників температури та помісячних сум опадів за період 1981-2018 рр. для території верхньої течії Дністра.

Коефіцієнт детермінації з поправкою на ступені вільності для функціональної залежності середньобаторічних помісячних показників температури та помісячних сум опадів за період 1981-2018 рр. для верхнього Дністра становить $D=r^2=0,86$ та показує, що зв'язок між ознаками не випадковий (суттєвий) (рис. 7). Таким чином було встановлено функціональні закономірності

гідроекологічних параметрів водних об'єктів верхньої течії Дністра від кліматичних характеристик на основі аналізу і обробки даних багаторічних спостережень, що дозволяє прогнозувати процес їх формування із врахуванням глобальних кліматичних змін.

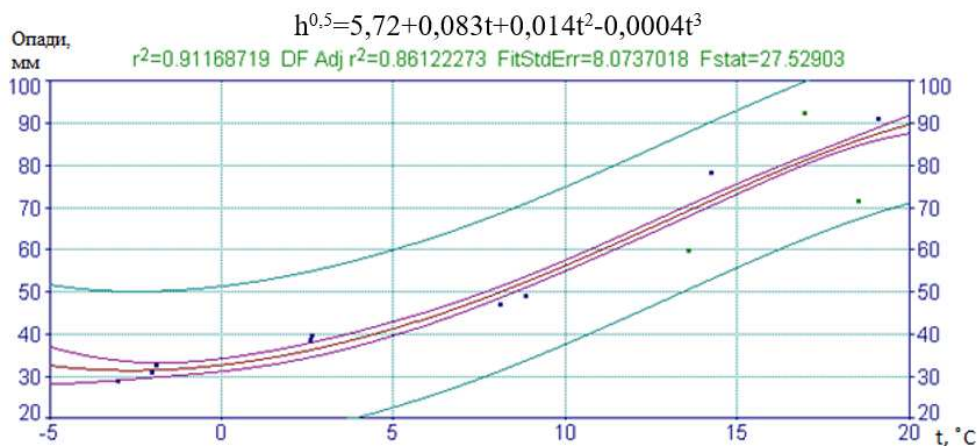


Рис. 7. Функціональна залежність середньобагаторічних помісячних показників температури та помісячних сум опадів за період 1981-2018 рр. для верхнього Дністра

У зв'язку із глобальними змінами клімату та наростаючими ризиками водозабезпечення, сьогодення вимагає використання організації системи ефективного управління взаємодією гідроенергетичних об'єктів з навколишнім середовищем, основою якої є моніторинг, що включає в себе режимні спостереження за компонентами гідроєкосистеми, інтерпретацію спостережень, розробку управлінських рішень (рис. 8).



Рис. 8. Вдосконалена функціональна схема організації моніторингу гідроєкосистеми

В зв'язку з цим, нами удосконалено систему організації гідроекологічного моніторингу із врахуванням басейнового підходу, гідроекологічних впливів малих ГЕС з метою підвищення рівня екологічної безпеки гідроекосистем.

Найважливішою метою гідроекологічного моніторингу є своєчасне виявлення небезпечного розвитку процесів і формування управлінських рішень, що включають розробку рекомендацій по запобіганню розвитку прогнозованих негативних тенденцій, заходів локалізації або мінімізації негативних наслідків взаємодії об'єкта з навколишнім середовищем [12-13].

Висновки. У цьому дослідженні вирішується актуальне науково-прикладне завдання підвищення рівня екологічної безпеки гідроекосистем шляхом дослідження закономірностей кліматичних змін та їх взаємозв'язку з факторами формування стоку, розроблення наукових методів дослідження, комплексної оцінки та визначення природно-техногенного впливу, підвищення ефективності управління впливами через удосконалення системи екологічного моніторингу поверхневих водозборів.

Досліджено закономірності зміни кліматичних факторів та встановлено їх функціональний зв'язок з гідроекологічними небезпеками та показниками стоку в межах верхньої течії Дністра на основі аналізу та обробки даних багаторічних спостережень, що дає змогу прогнозувати процес формування природно-техногенних впливів з врахуванням глобальних кліматичних змін. Апробовано метод сингулярного спектрального аналізу для виконання прогнозу гідроекологічних параметрів водних об'єктів верхньої частини басейну р. Дністер. Аналіз та обробка гідрокліматичних баз даних дозволили підтвердити тенденцію до зміни клімату на території Карпатського регіону на прикладі верхньої течії Дністра, що виражається підвищенням показників температури та опадів порівняно з нормою, збільшення кількості екстремумів і їх тривалості як в середині року, так і в багаторічному розрізі.

Досліджено основні проблеми організації моніторингу поверхневих водних об'єктів, удосконалено систему організації гідроекологічного моніторингу з урахуванням басейнового підходу, природно-техногенних впливів з метою підвищення рівня екологічної безпеки гідроекосистем.

Література

- 1 Fernandes Cavalcante V. System, method and program product for flood aware travel routing / V. Fernandes Cavalcante, B. Da Costa Flach, M. Athanzio de Cerqueira Gatti, R. Guimaraes Herrmann, K. Mantripragada, M. Aurelio Stelmar Netto, L. Correia Villa Real, P. Aida Sesini, C. Ronald Botelho De Souza, B. Zadrozny // International Business Machines Corporation, Armonk, NY (US). – 13/290,334; application Date 07. 11. 2011; publication 03. 05. 2013.
- 2 Moss I. System and method for predication flooding / I. Moss, R. Tremblay // Insurance bureau of Canada. – PCT/CA2012/050772; international filing 31. 10. 2012; publication 10. 05. 13.
- 3 IPCC Special report / Global Warming of 1.5°C. October 2018 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- 4 IPCC Special report / Climate Change and Land. August 2019[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ipcc.ch/report/srccl/>
- 5 Клапоущак О. І. Встановлення тісноти взаємозв'язку між даними метеорологічних станцій та даними рівня води річки Прут / О. І. Клапоущак // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2014. – № 1-2. – С.30–34.
- 6 Пернеровська С. В. Прогноз гідрологічних параметрів водних об'єктів методом сингулярного спектрального аналізу / С. В. Пернеровська, Л.М. Архипова // Науковий вісник національного гірничого університету 2015. №2. - С. 45-50.
- 7 Каскад ГЕС на Дністрі / О. Стіновський [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://teren.in.ua/2016/01/04/kaskad_hes_na_dnistri_buty_chy_ne_buty_foto/.
- 8 Погребенник В.Д., Шибанова А.М., Ядчишин О.В Міжнародна науково-практична конференція Прикладні науково-технічні дослідження 5–7 квітня, Івано-Франківськ 2017 Будівництво ГЕС на Дністрі: економічна вигода чи екологічне лихо? – С. 4–5.
- 9 Сташук В. А. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом: монографія / В. А. Сташук. – Херсон : Грінь ДС 320, 2014. – 77 с.
- 10 Kachala S. Improvement of the organization of network monitoring water bodies / S. Kachala // Proceedings of V International scientific conference “Science of the third millennium” Morrisville, Apr. 29, 2017. – P. 13–16.

11 Качала С. В. Значення басейнового підходу в контексті гідроекологічного ризику / С. В. Качала // Збірник тез доповідей XX Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 10-річчю створення екологічного факультету «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2017», м. Харків, 19–22 квітня 2017 року. – С. 107–108.

12 Аналіз урядової програми розвитку гідроенергетики України на період до 2026 року (схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 липня 2016 р. № 552-р.) / Київський місцевий відокремлений підрозділ національного екологічного центру України «Вітер змін» Київ – 2016 93 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://necu.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/Hydropower_Report_WoC_2017.pdf

13 Качала С. В. Проблематика та методика дослідження комплексного гідроекологічного ризику / С. В. Качала // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, науково-технічний журнал. – Івано-Франківськ – 2016. – № 1 (13). – С. 136–140.

S. Kachala, T. Kachala

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

IMPROVING THE COMPLEX ASSESSMENT OF NATURAL TECHNOGENIC IMPACT ON THE HYDROECOSYSTEM (THE CASE STUDY OF THE UPSTREAM OF THE DNISTER RIVER)

World economic development has led to the unprecedented negative impact on the biosphere. It has caused a contradiction between the growing needs of the world community and the limited capacity of the biosphere to meet them. The harmonious development of nature and technology is possible only due to a scientifically based compromise between the natural environment components, and human social and economic activities. Nowadays, the only acceptable variant of the progressive development of humankind is the activities within the “framework of sustainable development”.

The implementation of harmonious development concept requires the scientific and technical substantiation and creation of the environmental support and management system for economic activities. Environmental management should be considered as a system of constant control, analysis and purposeful impact on conditions, factors and characteristics that affect the natural and technogenic risk indicators in order to establish, provide and maintain the required level of environmental safety in the design, production, operation, and utilization of technical objects.

The main causes of flooding on the rivers of the Carpathian region are natural and climatic features. Floods are caused by a sharp rise in water levels in rivers due to a prolonged heavy rainfall, which causes the flooding of settlements, production facilities and significant economic losses. Analysis of the previous studies shows that the activities in this field usually did not cover the full range of necessary components and did not take into account their interrelation. The main underinvestigated aspects of the existing studies are the insufficient implementation of ecosystem approach to the comprehensive identification and forecasting of hydroecological hazards, creating conditions for the harmonious functioning of hydroecosystem, the need to take into account climatic factors when studying hydroecological hazards, natural and man-made loads on the hydroecosystem, a rather inefficient monitoring system of water objects. The combination of these factors leads to disruption of the hydroecosystem and ineffective risk management. Climatic factors, regularities of their changes, their impact on the condition of water objects and formation of river flows in the Carpathian region are the key areas of research. To study these issues, the research methods of hydroecosystems with basin approach should be analyzed, the main elements affecting the development of hydroenvironmental hazards should be identified, the method of determining the natural and technogenic impact should be developed.

Key words: ecological safety, hydroecosystem, Upstream of the Dniester River, climate changes, natural and technogenic impact, basin approach, hydroecological monitoring.

Reference

1 Fernandes Cavalcante V. System, method and program product for flood aware travel routing / V. Fernandes Cavalcante, B. Da Costa Flach, M. Athanzio de Cerqueira Gatti, R. Guimaraes Herrmann, K. Mantripragada, M. Aurelio Stelmar Netto, L. Correia Villa Real, P. Aida Sesini, C. Ronald Botelho

- De Souza, B. Zadrozny // International Business Machines Corporation, Armonk, NY (US). – 13/290,334; application Date 07. 11. 2011; publication 03. 05. 2013.
- 2 Moss I. System and method for predication flooding / I. Moss, R. Tremblay // Insurance bureau of Canada. – PCT/CA2012/050772; international filing 31. 10. 2012; publication 10. 05. 13.
- 3 IPCC Special report / Global Warming of 1.5°C. October 2018 [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- 4 IPCC Special report / Climate Change and Land. August 2019 [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <https://www.ipcc.ch/report/srccl/>
- 5 Klapoushchak O. I. Vstanovlennya tисnoty vzayemozv'yazku mizh danymy meteorolohichnykh stantsiy ta danymy rivnya vody richky Prut / O. I. Klapoushchak // Lyudyna ta dovkilliya. Problemy neoeholohiyi. – 2014. – № 1-2. – S.30–34.
- 6 Pernerovs'ka S. V. Prohnoz hidrolohichnykh parametriv vodnykh ob'yektiv metodom synhulyarnoho spektral'noho analizu / S. V. Pernerovs'ka, L.M. Arkhypova // Naukovyy visnyk natsional'noho hirnychoho universytetu 2015. №2. - S. 45-50.
- 7 Kaskad HES na Dnistri / O. Stinovs'kyi [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: http://teren.in.ua/2016/01/04/kaskad_hes_na_dnistri_buty_chy_ne_buty_foto/.
- 8 Pohrebennyk V.D., Shybanova A.M., Yachyshyn O.V Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya Prykladni naukovo-tekhnichni doslidzhennya 5–7 kvitnya, Ivano-Frankivs'k 2017 Budivnytstvo HES na Dnistri: ekonomichna vyhoda chy ekolohichne lykho? – S. 4–5.
- 9 Stashuk V. A. Naukovi zasady ratsional'noho vykorystannya vodnykh resursiv Ukrayiny za baseynovym pryntsygom: monohrafiya / V. A. Stashuk. – Kherson : Hrin' DS 320, 2014. – 77 s.
- 10 Kachala S. Improvement of the organization of network monitoring water bodies / S. Kachala // Proceedings of V International scientific conference “Science of the third millennium” Morrisville, Apr. 29, 2017. – P. 13–16.
- 11 Kachala S. V. Znachennya baseynovoho pidkhodu v konteksti hidroekolohichnoho ryzyku / S. V. Kachala // Zbirnyk tez dopovidey XKH Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi, prysvyachenoyi 10-richchyu stvorennya ekolohichnoho fakul'tetu «Ekolohiya, okhrona navkolyshn'oho seredovyscha ta zbalansovane pryrodokorystuvannya: osvita – nauka – vyrobnytstvo – 2017», m. Kharkiv, 19–22 kvitnya 2017 roku. – S. 107–108.
- 12 Analiz uryadovoyi prohramy rozvytku hidroenerhetyky Ukrayiny na period do 2026 roku (skhvalenoyi rozporядzhennyam Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 13 lypnya 2016 r. № 552-r.) / Kyyivs'kyi mistsevyi vidokremnenyy pidrozdil natsional'noho ekolohichnoho tsentru Ukrayiny «Viter zmin» Kyiv – 2016 93 s. [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: http://necu.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/Hydropower_Report_WoC_2017.pdf
- 13 Kachala S. V. Problematyka ta metodyka doslidzhennya kompleksnoho hidroekolohichnoho ryzyku / S. V. Kachala // Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannya, naukovo-tekhnichnyy zhurnal. – Ivano-Frankivs'k – 2016. – № 1 (13). – S. 136–140.

Надійшла до редакції 18 листопада 2019 р.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 504.064.2+504.53

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-2(20)-102-111

*Р. В. Петрук¹, Т. Ф. Яковишина²**¹Вінницький національний
технічний університет,**²Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури*

АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ ПЕСТИЦИДАМИ ҐРУНТІВ

Як відомо, у сучасному сільськогосподарському виробництві для інтенсифікації росту рослин, запобігання їх захворюваності, збільшення урожайності, зокрема, зернових культур, боротьби з гризунами та бур'янами тощо використовуються у величезних об'ємах хімічні засоби захисту рослин і, у першу чергу, високоефективні пестицидні препарати. При цьому на території України до цього часу ще зберігаються значні об'єми невикористаних, некондиційних пестицидних препаратів та мінеральних добрив, що з часом стали у напівзруйнованих складах та сховищах невідомими небезпечними сумішами хімікатів. В результаті багаторічного і тривалого застосування вони накопичуються у ґрунтах підвищуючи екологічну небезпеку, тобто ризиків для людини та інших живих систем і довкілля. Тому існує гостра проблема створення високоефективних методів ремедіації та рекультивації забруднених ними ґрунтів. При цьому для досягнення максимально можливого екологічного ефекту здається доцільним поєднати декілька різнонаправлених за принципом дії, але з однаковою кінцевою метою, методів, а саме: біодеградацію пестицидів з використанням резистентних мікроорганізмів та фіторемедіацію рослинами-гіперакумуляторами з можливим залученням ефекторів фітоекстракції для підвищення виносу пестицидів із ґрунту. Стосовно Лісостепу України з його значними запасами чорноземів, то найбільш прийнятним методом, з нашої точки зору, є комплексний метод, що базується переважно на біодеградації пестицидів з використанням резистентних мікроорганізмів та фіторемедіації рослинами-гіперакумуляторами з можливим залученням ефекторів фітоекстракції та стимуляторів росту для підвищення виносу пестицидів із ґрунту, зокрема, за допомогою азотфіксуючих бактерій в поєднанні з використанням таких рослин як: квасоля, соняшник, полин тощо.

Ключові слова: екологічна безпека, пестициди, забруднення ґрунтів, методи ремедіації забруднених ґрунтів.

Мета дослідження – аналіз методів відновлення та обґрунтування комплексного методу ремедіації забруднених пестицидами ґрунтів.

Постановка проблеми. Аналіз досліджень і публікацій. В результаті аналізу сучасних досліджень та публікацій обґрунтовано вибір найбільш перспективних методів ремедіації та рекультивації для створення комплексного методу з відновлення ґрунтів забруднених пестицидами з урахуванням природно-кліматичних умов Лісостепу України. При цьому зазначається, що забруднення ґрунтів пестицидами потребує відновлення їх екологічних функцій з метою запобігання подальшої міграції в екосистемах (рис. 1), що є вкрай важливим для антропогенно порушених екосистем, тому потребує розробки комплексних заходів з фіторемедіації безпосередньо самого ґрунту та біодеградації пестицидів у ньому для досягнення норм екологічної безпеки техногенно навантажених територій. При усуненні пестицидного навантаження на ґрунт, зазвичай, використовують тільки один метод, який здебільшого стосується біодеградації пестицидів за допомогою мікроорганізмів. Проте використання рослин для виносу надлишкових кількостей пестицидів із ґрунту є досить перспективним, адже їх фіторемедіаційний потенціал згідно значень коефіцієнту біологічного поглинання та тканинного коефіцієнту за даними [25-28] досить високий, що надає можливість майже повного усунення забруднення.

Результати досліджень і їх обговорення

1. Деградація пестицидів за допомогою мікроорганізмів. При накопиченні пестицидів у ґрунті відбувається процес їх біотрансформації. Відповідно роботі [1] розкладання пестицидів супроводжується як їх детоксикацією, що позначається через втрату токсичних властивостей вихідною речовиною, так і токсифікацією, а саме: утворенням більш небезпечних речовин із її залишкових мас, які беруть участь в реакціях двох або більше пестицидів за умов впливу температури, вологості, освітлення та інших абіотичних факторів та участі живої речовини, а також залучення антропогенних систем деградації (ультразвукова обробка, озонування тощо) (рис. 2).



Рис. 1. Мігрування пестицидів у навколишньому середовищі

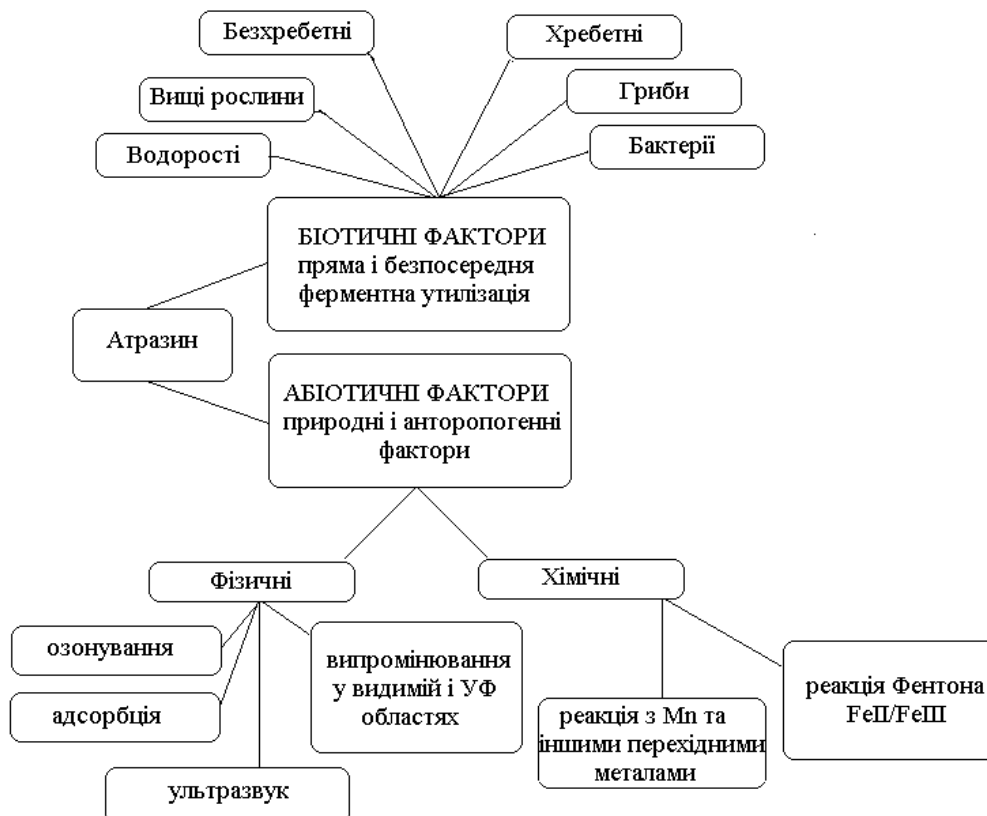


Рис. 2. Фактори, які впливають на акумуляцію та розкладання пестициду на прикладі препарату атразину

При цьому мікроорганізми та їх ферменти виконують провідну роль у біотрансформації пестицидів, адже за їх участю відбуваються процеси гідролізу, окиснення та відновлення, в результаті яких останні можуть використовуватись як джерело вуглецю, азоту, фосфору та енергії

для живих організмів і, насамперед, вищих рослин, що є досить важливим при створенні стійкого біоценозу на забруднених ґрунтах.

Наявність значної кількості резистентних до дії пестицидів мікроорганізмів з високою біодеградаційною здатністю зумовлює їх перспективність використання для очищення ґрунтів від пестицидного навантаження. Із загально біологічних позицій, зокрема [1], визначають резистентність як зміну популяцій в результаті переходу від чутливого до стійкого штаму того ж виду мікроорганізмів внаслідок відбору спричиненого пестицидами, що зумовлено генетичною, фізіологічною та біологічною перебудовою організмів. Згідно зазначених вище джерел внесок мікроорганізмів в процеси деградації становить від 10 до 70%. Ефективність проходження процесу біодеградації пестицидів у ґрунтах визначається наявністю резистентних мікроорганізмів, здатних до їх розкладання; синтезуванням ферментів, що пришвидшують процеси трансформації пестицидів; створенням умов, достатніх для проходження ферментативних реакцій трансформації. За умов порушення будь-якої з вище означених вимог деградація пестицидів у ґрунті стає неможливою. Треба додати, що у деградації пестицидів беруть участь мікроорганізми різних груп. У табл. 1 систематизовано інформацію щодо їх використання з прив'язкою до конкретних пестицидів.

Таблиця 1

Мікроорганізми, що використовуються для біодеградації пестицидів у ґрунті

Мікроорганізми	Пестицид	Джерело
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	Атразин	9
<i>Pseudomonas sp.</i>		13
<i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Micrococcus sp.</i> , <i>Proteus sp.</i>	Ліндан	10
<i>Xanthomonas sp.</i>	Паратіон	11
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> , <i>A. nannoselene</i> , <i>Selenastrum capricornutum</i> , <i>S. gracile</i> , <i>S. minutum</i>	Флуометурон	12
<i>Streptomyces griseolus</i>	Похідні сульфонілсечовини	14
<i>Ps. fluorescens</i> , <i>Ps. paucimobilis</i>	Іпродіон	15
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Хлор- та фосфорорганічні інсектициди і гербіциди	16
<i>Alcaligenes faecalis</i>	Хлорпіріфос	17
<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	Органофосфорні інсектициди	18
<i>Anabaena variabilis</i>	Арезин, бута хлор, алахлор та 2,4-Д	19

Проте у виробничих умовах більш простим для біодеградації пестицидів у ґрунті передбачається використання мікробіологічних препаратів, що містять потрібні мікроорганізми, наприклад: азотобактерин, до складу якого входять азотфіксуючі бактерії, зокрема *Azotobacter*.

2. Обґрунтування вибору рослин для фіторе mediaції ґрунтів забруднених пестицидами.

Крім мікроорганізмів, екологічно виваженим напрямом боротьби із забрудненням ґрунтів пестицидами є фіторе mediaція, а саме: відновлення забруднених ґрунтів за допомогою рослин, що ґрунтуються на таких стратегіях [19, 25-26]:

1. Фітоекстракція – технологія заснована на поглинанні токсичних сполук корінням з подальшим їх транспортом у надземну частину рослини, яку наприкінці вегетаційного періоду скошуюють, а видалену біомасу переробляють шляхом спалювання, компостування або екстракції розчинниками. Перевагою даної стратегії є вилучення небезпечних речовин з екосистеми.

2. Фітодеградація (або фітотрансформація) ґрунтується на ферментативному розкладанні забруднювальних речовин переважно органічної природи (аліфатичні, ароматичні і поліциклічні вуглеводні, феноли, гербіциди та ін.) безпосередньо в організмі рослин. Проте ця стратегія програє деградації з використанням мікроорганізмів щодо ефективності за такими показниками як швидкість та повнота розкладання.

3. Фітоволоталізація полягає у поглинанні забруднювальних речовин корінням рослин, транспорті і розкладанні в надземній частині з наступним виділенням у повітря менш токсичних продуктів розкладання, що дозволяє очищати ґрунт від надзвичайно токсичних сполук, таких як: хлорорганічні пестициди, сполуки селену і ртуті тощо. В подальшому менш небезпечні та

нетоксичні форми піддаються фотохімічному розкладанню або окисненню в атмосфері. Фітоволоталізація є досить перспективним напрямом, який, на жаль, обмежується відомою наявністю рослин, що здатні рости в умовах Лісостепу України.

4. Фітогідраліка спрямована на очищення ґрунтових вод від забруднення, адже вони є основним шляхом міграції забруднювальних речовин. Це досягається за допомогою біогенної акумуляції небезпечних сполук. Для фітогідраліки здебільшого використовують деревні породи з глибоко проникаючою кореневою системою.

5. Фітостабілізація, яка, на відміну від вище наведених стратегій, побудована на інших механізмах, а саме: в її основі лежить здатність рослин знижувати рухомість забруднювачів в ґрунті завдяки корневим ексудатам. Фітостабілізація ефективна тільки за умов низького рівня забруднення.

6. Різофільтрація полягає в накопиченні та іммобілізації забруднювальних речовин безпосередньо в кореневій системі рослин. При цьому кореневі ексудати регулюють умови середовища, сприяючи адсорбції та поглинанню забруднювачів корінням. Проте, порівняно до фітоекстракції утворену у ґрунті біомасу складніше вилучати.

7. Різодеградація – руйнування токсичних сполук у ґрунті ще до їх надходження в організм рослин. Вона відбувається за рахунок ексудатів коренів рослин, що містять цілий комплекс сполук (амінокислоти, цукри, ферменти, органічні кислоти тощо) та сприяють утворенню специфічних мікробних угруповань, які здійснюють досить ефективне ферментативне розкладання токсичних сполук до менш небезпечних або простих, наприклад: аміак, метан, сірководень та ін. При цьому вільні ферменти корневих ексудатів різко підвищують швидкість трансформації забруднювальних речовин, що є досить перспективним при відновленні ґрунтів забруднених органічними сполуками. Однак простішим підходом буде застосування мікробіологічних препаратів, що містять резистентні види мікроорганізмів, які здатні розкласти пестициди до безпечних для довкілля сполук.

Практичне застосування конкретної стратегії очищення ґрунтів в істотній мірі визначається властивостями забруднювачів, а також такими характеристиками ґрунтів, як гранулометричний склад, особливо: співвідношення піщаних і глинистосуглинкових частинок, вміст гумусу тощо. Значення має також ступінь однорідності фізико-хімічних властивостей вздовж ґрунтового профілю та розподіл небезпечних речовин по ґрунтовим горизонтам. З практичної точки зору, за доцільне вважається типізувати ділянки ґрунту, що підлягають очищенню за ступенем інтенсивності техногенного навантаження, звертаючи увагу на рівень забруднення та його локалізацію в генетичних горизонтах з урахуванням можливого надходження в ґрунтові води і утворення небезпеки для екосистеми в цілому.

Застосування конкретної стратегії ремедіації викликане такими характеристиками забруднювачів, як: леткість, розчинність в воді або органічних розчинах, хімічна та термічна нестійкість, здатність до біохімічного розкладання, поведінка в процесах ад(б)сорбції, магнітні та електричні властивості, поверхневі властивості, розмір, форма часток та ін. Здатність деяких пестицидів утворювати небезпеку у ґрунтах за умов нейтральної реакції середовища представлена в табл. 2.

Таблиця 2

Поведінка пестицидів у ґрунтах з нейтральною реакцією ґрунтового середовища

Пестицид	Хімічна природа	Адсорбція		Стійкість (розпадання 75-100%)	Рухомість
		Глина	Гумус		
Дихлор-дифенітрихлоретан	Хлор-вуглеводень	Сильна	Сильна	Понад 2 роки	Низька
Ліндан		Низька		Понад 2 роки	
Паратіон	Ефір фосфорної кислоти	Від низької до середньої		1-12 тижнів	
Манеб	Дитіо-карбамат			1-12 тижнів	

Проаналізувавши існуючі стратегії фіторемердіації та враховуючи особливості пестицидного забруднення, варто зупинитися на фітоекстракції, як найбільш простій для виконання у

виробничих умовах, економічно маловитратній, екологічно безпечній, що усуває загрозу можливості вторинного забруднення навколишнього середовища, адже залишки пестицидів майже цілковито вилучаються з ґрунту.

Отже, рослина, яку збираються використовувати для фітореMediaції, повинна відповідати наступним вимогам:

- витримувати рівень забруднення пестицидами без явно виражених проявів фітотоксичних ефектів (знебарвлення, пігментація, некрози, затримка росту й розвитку);

- відзначатися високою швидкістю росту, формувати значну надземну біомасу, мати глибоко розрошену кореневу систему, не вимагати особливої агротехніки, бути стійкою до хвороб і шкідників, не привабливою для тварин і людини з точки зору запобігання отруєння.

Стійкість рослин до пестицидів згідно [21] ґрунтується на їх здатності підтримувати синтез білка, рівновагу аденілової системи (АМФ, АДФ, АТФ), синтезі амінокислот. Нормальний вміст моносахаридів (глюкози) в рослинах сприяє іммобілізації пестицидів. Також важливу роль в механізмах стійкості до токсичної дії пестицидів відіграє антиоксидантна система, що усуває вільні радикали і активні форми кисню.

При цьому під час вибору порід деревних рослин необхідно враховувати характер і напрямок руху вітру, а, отже, і характер випадання пиловатих частинок, і поширення запаху тощо. Враховуючи, що хвойні рослини більш стійкі (особливо в зимовий час) до забруднення, доцільно створювати змішані насадження. Проте, навпаки, плодові дерева та ягідники, незважаючи на дуже хорошу стійкість і здатність вилучати пестициди з ґрунтів, води і повітря, висаджувати не рекомендується. Головним недоліком деревної рослинності є швидкість росту. Доцільніше звернути увагу на трав'янистий рослинності, здійснюючи відбір як дикоростучих видів, так і пошуки серед культурних рослин, адже досить часто на забруднених ділянках проводиться сільськогосподарська діяльність. Рослини-акумулятори пестицидів наведено в табл. 3.

Таблиця 3

ФітореMediaційний потенціал деяких рослин щодо відновлення ґрунтів забруднених пестицидами

Рослина	Пестицид	Ефективність	Ґрунт	Джерело інформації
Кабачок (<i>Cucurbita pepo</i> L.), квасоля (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	ДДТ	Накопичення 10-90%	Сірий лісовий	Л. І. Моклянчук, Г.Г. Андрієнко, Є. А. Слободенюк, Інститут агроекології та біотехнології УААН, м. Київ
Квасоля (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Трифлуралін, 10 ГДК	Надземна частина 373,9 мкг/кг сухої речовини	Чорнозем типовий малогумусний важкосуглинковий	Л. І. Моклянчук, Ю. О. Зацарінна, Інститут агроекології природокористування НААН, м. Київ

Для умов Лісостепу найбільш перспективним може бути використання серед дикоростучих видів рослин – полину звичайного (*Artemisia vulgaris*), а при сільськогосподарському виробництві – квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) та соняшнику однорічного (*Helianthus annuus*). Особливої уваги варто приділити саме квасолі звичайній (*Phaseolus vulgaris* L.), яка завдяки здатності фіксувати молекулярний азот із атмосфери дає змогу залучення цього мікроелементу до ґрунту, а, отже і підвищення його екологічних властивостей. Ще Дж. Б. Буссенго розпочав вивчення фізіології бобових рослин щодо процесів фіксації молекулярного азоту бульбочковими бактеріями. Так, зокрема, ним було встановлено, що процеси накопичення азоту в бульбах перебігають у такий спосіб: з початку утворення бульбочок на коренях рослини, а це період від моменту появи перших листочків і до повного цвітіння, коли запас азоту в бульбах збільшується, а після цвітіння різко зменшується. Фаза цвітіння бобової рослини є переломним моментом життєдіяльності бульбочкових бактерій. Характер фізіологічних і біохімічних процесів, які відбуваються в бобовій рослині до цвітіння і після нього, є досить різним, а саме: бактерії, які оселились в кореневій паренхімі бобових рослин, фіксують молекулярний азот з повітря і переводять його в білкові речовини, але через деякий період під впливом рослини бактерії переходять в бактеріодну форму, і з цього моменту фіксація азоту різко спадає, а потім і зовсім припиняється.

Активний період життєдіяльності бульбчових бактерій щодо фіксації ними азоту повітря, обмежується у кормових трав, до яких відноситься і люцерна посівна (*Medicago sativa*) 180-200 днями. Нажаль, фактори, що обумовлюють підвищену фіксацію азоту бульбчовими бактеріями, до цих пір залишаються ще недостатньо вивченими. Невідомі також можливі внутрішні причини, які гальмують життєдіяльність бобової рослини і бульбчових бактерій, що заселяють її кореневу систему. Однак, за вегетаційний період при звичайних умовах температури і опадів Північного Степу України вони можуть привнести по вмісту у кореневій системі і надземній біомасі рослин 180-200 кг азоту на площі в 1 га.

Отже, для досягнення максимально можливої ефективності очищення ґрунтів від пестицидів запропоновано використовувати комплексний метод з відновлення ґрунтів забруднених пестицидами, а саме: біодеградацію за допомогою азотфіксуючих бактерій *Azotobacter* при застосуванні мікробіологічного препарату азотобактерин в поєднанні з фітоекстракцією квасолею звичайною (*Phaselus vulgaris* L.), соняшником однорічним (*Helianthus annuus*) та полином звичайним (*Artemisia vulgaris*). Крім того, рекомендується застосовувати ефектор фітоекстракції + стимулятор росту рослин – 2,4-динітрофенілгідазон, а також семікарбазон 2,2-диметілоксанону. (рис. 3).



Рис. 3. Загальна схема очищення ґрунтів від пестицидів

Висновки. Єдиного універсального методу відновлення ґрунтів забруднених хімічними засобами захисту рослин, зокрема, пестицидними препаратами, не існує. Для кожного окремого випадку треба застосовувати відповідні агрохімічні засоби та сучасні методики їх ремедіації, зокрема, біологічні, мікробіологічні, хімічні, механічні та інші. При цьому неодмінно варто враховувати безліч факторів і, у першу чергу, властивості самого ґрунтового покриву, специфіку застосованих пестицидів, вологість, кислотність(лужність) ґрунтового середовища, глибину і профіль просякання пестицидів тощо, а також передбачити можливі шляхи утилізації насиченої аб(д)сорбованими пестицидами біомаси та ін. Стосовно Лісостепу України з його значними запасами чорноземів, то найбільш прийнятним методом, з нашої точки зору, є комплексний метод, що базується переважно на біодеградації пестицидів з використанням резистентних мікроорганізмів та фітореємедіації рослинами-гіперакумуляторами з можливим залученням ефекторів фітоекстракції та стимуляторів росту для підвищення виносу пестицидів із ґрунту, зокрема, за допомогою азотфіксуючих бактерій в поєднанні з використанням таких рослин як: квасоля, соняшник, полин тощо.

Література

- 1 Шильникова Н. В., Андрияшина Т. В. Влияние пестицидов на биоценоз почвенного покрова. Вестник Казанского технологического университета. 2012. Том. 15. № 7. С. 140-144.
- 2 Добровольский Г.В., Гришина Л.А. Охрана почв. М. Изд-во МГУ. 1985. 224 с.
- 3 Brusa T., Puppo E. Microbial degradation of the sulfonylurea herbicides. Current knowledge, 1995. V. 45. № 2. P. 321-330.

- 4 Feng Y., Minard R. D., Bollag J.-M., Photolytic and microbial degradation of 3,5,6-trichloro-2-pyridinol. *Environ. Toxicol and Chem.* 1998. V. 17. № 5. P. 814-819.
- 5 Ашихмина Т. Я., Колупаев А. В., Широких А. А. Биотрансформация пестицидов в наземных экосистемах (обзор литературы) // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 2. С. 4-12.
- 6 Головлева Л. А., Финкельштейн З. И., Перцова Р. Н. Роль микроорганизмов в разложении пестицидов в окружающей среде // Результаты научных исследований в практику сельского хозяйства. М. Наука. 1982. С. 64-73.
- 7 Круглов Ю. В. Микрофлора почвы и пестициды. М.: Агропромиздат, 1991. 128 с.
- 8 Домрачева Л. И., Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В., Березин Г. И. Реакция почвенной микробиоты на действие пестицидов (обзор) Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 3. С. 4-18.
- 9 Struthers J. K., Jayachandran K., Moorman T. B. Biodegradation of atrazine of *Agrobacterium radiobacter* J14a and use of this strain in bioremediation of contaminated soil // *Appl. And Environ. Microbiol.* 1998. V. 64. № 9. P. 3368-3375.
- 10 Ponneelan K. T. P. B., Subramanian C., Suchitra R., Ganesh K. G. Studies on the pesticide (Lindane) utilizing in the paddy field // *J. Ecotoxicol and Environ Monit.* 2006. № 3. V. 16. P. 211-214.
- 11 Masaphy S., Fahima T., Levanon D., Henis Y., Mihgelgrin U. Paration degradation by *Xanthomonas* sp. And its crude enzyme extract in clay suspensions // *J. Environ Qual.* 1996. V. 26. № 6. P. 1248-1255.
- 12 Zablotowicz R. M., Schrader K. K., Locke M. A. Algal transformation of flumeturon and atrazine by Ndealkylation // *J. Environ Sci and Health*, 1998. V. 33. № 5. P. 511-528.
- 13 Shapir N., Mandelbaum T. Atrazine degradation in subsurface soil by indigenous and introduced microorganisms // *J. Agr and Food Chem.* 1997. V. 45. № 45. P. 4481-4486.
- 14 Kulowski K., Zirbes E. L., Thede B. M., Rosazza J. N. Microbial transformations of prosulfuron // *J. Agr and Food Chem.* 1997. V. 45. № 4. P. 1479-1485.
- 15 Mercadier C., Vega D., Bastide J. Iprodione degradation by isolated soil microorganisms // *Fems Microbiol. Ecol.* 1997. V. 23. 3. P. 207-215.
- 16 Maloney S. E. Degradation of insecticides and herbicides by Fungi // *J. Chem Technol and Biotechnol.* 1998. V. 71. № 4. P. 360-362.
- 17 Yang L., Zhao Y., Zhang B. Выделение и характеристика бактерий, разлагающих хлорпирифос и их использование для биовосстановления почвы // *Shengming kexue yanjiu.* 2005. V. 9. № 3. P. 247-253.
- 18 Zhang D., Tan X., Luo X., He M., Dai J., Zhang Z., Oiu Y. Выделение фотосинтезирующей бактерии HP-1, способной к деградации органофосфорных инсектицидов // *Shengming kexue yanjiu.* 2005. V. 9. № 3. P. 247-253.
- 19 Захарченко М. А., Рыжкова М. Н., Рижикова И. А., Мельник Л. В., Рыжиков А. М. К вопросу об использовании фитотехнологий для ремедиации почв, загрязненных пестицидами. Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. 2010. № 93. С. 388- 392.
- 20 Barth E. F., An overview of the history, present status and future direction of solidification / stabilization technologies for hazardous waste treatment. *Proc 2nd Ann Symp Solidification / Stabilization Mechanisms and Applications*, Beaumont (USA). Beaumont, 1990. P. 1-6.
- 21 Пронина Н. Б. Экологические стрессы (причины, классификация, тестирование, физиолого-биохимические механизмы). М. Изд-во Мос. сельхоз. акад., 2000. 310 с.
- 22 Кайгородов Р. В. Устойчивость растений к химическому загрязнению. Пермь. Изд-во Перм. гос. ун-та. 2010. 151 с.
- 23 McGuinness M., Dowling D. Plant-Associated Bacterial Degradation of Toxic Organic Compounds in Soil. *J. Environ. Res. Public Health.* 2009. № 6(8) P. 2226-2247.
- 24 Гарипова С. Р. Перспективы использования эндофитных бактерий в биоремедиации почв агроэкосистем от пестицидов и других ксенобиотиков. Успехи современной биологии. 2014. Т. 134. № 1. С.35- 47.
- 25 Моклячук Л. И., Андриенко Г. Г., Слободенюк Е. А. Фиторемедиационные технологии - метод восстановления загрязненных пестицидами почв. Сотрудничество для решения проблемы отходов : Тезисы докладов Международной конференции, 9-10 февраля 2005 г. Харьков, 2005. URL: <https://waste.ua/cooperation/2005/theses/moklyanchuk.html>

- 26 Моклячук Л. І., Зацарінна Ю. О. Наукові основи фітореMediaції забруднених трифлураліном ґрунтів при вирощуванні лікарських рослин. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2012. № 1 (30). URL: http://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12mpi.pdf
- 27 Волгина Т. В., Новиков В. Т., Регужева Д. В. Пути распространения пестицидов в объектах окружающей среды. Региональные проблемы. 2010. Том. 13. № I.C. 76-81.
- 28 Калугин С. Н., Нуржанова А. А., Байжуманова Р. А., Митрофанова А. А., Жумашева Ж. Е. Индуцированная фитореMediaция почв с помощью производных оксана. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т 3. № 3 (4). С. 1306-1310.
- 29 Горбатова О. Н., Жердев А. В., Королева О. В. Триазиновые пестициды: структура, действие на живые организмы, процессы деградации. Успехи биологической химии. 2006. Том 46. С. 323-348.
- 30 Самохвалова В. Л. Біологічні методи реMediaції ґрунтів, забруднених важкими металами / Біологічні студії. – 2014. т. 8, № 1. – С. 217-236.
- 31 Штика О. С. Оцінка ефективності сучасних технологій реMediaції ґрунтів, забруднених важкими металами / Київ: НАУ, 2014. – С. 47-60.
- 32 Городинська І. М. реMediaція забрудненого хлорорганічними пестицидами ґрунту за допомогою лужних агентів: дис. канд. с.-г. наук: 03.00.16 / інституту агроекології УААН. – Київ: 2006. – 184 с.
- 33 Слободенюк О. А. ФітореMediaція ґрунтів, забруднених стійкими хлорорганічними пестицидами: дис. канд. наук: 03.00.16, 2018.
- 34 Національний стандарт. Якість ґрунту. ДСТУ ISO 11074-4: 2004.
- 35 Моклячук Л. І., Слободенюк О. А., Петришина В. А. Науково-методичні підходи до фітореMediaції забруднених пестицидами ґрунтів // Агроекологічний журнал. – 2008. – С. 188-190.
- 36 Патики В., Багнюк В. Хлороорганічні речовини і біотехнології очищення ґрунтів // Вісник НАНУ. – 2004. - № 6. – С. 22-31.
- 37 Моклячук Т. О. Еколого-економічна оцінка реMediaції забруднених земель сільськогосподарського призначення: автореф. дис. канд. екон. наук: 08.00.06. – Київ, 2015. – 21 с.
- 38 Іванків М. Я., Вовк С. О. Агроекологічні заходи зниження рівня хлорорганічних пестицидів та їх похідні у ґрунтах // Науково-технічний бюлетень ІБТ і ДНДКІВП та КД. – 2014. – Вип. 15, № 1. – С. 164-170.
- 39 Пацула О. І., Фецюх А. Б., Буньо Л. В. Використання SALIX VIMINALIS L. для фітореMediaції ґрунтів, забруднених важкими металами // Екологічні науки. – Том 2, № 1 (20), 2011. – С. 101-106.

R. Petruk¹, T. Yakovyshyna²

¹Vinnitsia National Technical University,

²Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTALLY FRIENDLY RESTORATION METHODS OF PESTICIDE-POLLUTED SOILS

It is known that in modern agricultural production, huge quantities of crop protection chemicals, namely highly effective pesticide products, are used to intensify plant growth, prevent their diseases, increase their yield, in particular, of grain crops, to control rodents and weeds, etc.

At the same time, in the territory of Ukraine there are still significant volumes of unused, failed pesticide products and mineral fertilizers, which have over time become unidentified dangerous chemical mixtures in dilapidated warehouses and storage facilities. As a result of the long-term application, they accumulate in soils and increase environmental hazards, that is, serious risks for humans and other living systems and the environment. Therefore, there is a pressing issue of creating highly efficient remediation and reclamation methods of contaminated soils. To achieve the maximum possible ecological effect, it seems good to combine several methods, which differ in their working principles, but have the same ultimate goal: biodegradation of pesticides using resistant microorganisms and phytoremediation with hyperaccumulator plants with the possible involvement of phytoextraction effectors to increase the removal of pesticides from the soil.

In the case of the Ukrainian forest steppe with its considerable reserves of black soils, the most appropriate method, from our point of view, is a complex method based mainly on biodegradation of pesticides with the use of resistant microorganisms and phytoremediation with hyperaccumulator plants with the possible involvement of phytoextraction effectors and growth stimulators to increase the removal of pesticides from the soil, in particular by means of nitrogen-fixing bacteria in combination with such plants as beans, sunflowers, sage, etc.

Key words: ecological safety, pesticides, soil contamination, remediation methods of contaminated soils.

References

- 1 Shylnykova N. V., Andriashyna T. V. Vlyanye pestytsydov na byotsenoz pochvennoho pokrova. Vestnyk Kazanskoho tekhnolohyetskoho unyversyteta. 2012. Tom. 15. № 7. S. 140-144.
- 2 Dobrovolskyi H.V., Hryshyna L.A. Okhrana pochv. M. Yzd-vo MHU. 1985. 224 s.
- 3 Brusa T., Puppo E. Microbial degradation of the sulfonylurea herbicides. Current knowledge, 1995. V. 45. № 2. P. 321-330.
- 4 Feng Y., Minard R. D., Bollag J.-M., Photolytic and microbial degradation of 3,5,6-trichloro-2-pyridinol. Environ. Toxicol and Chem. 1998. V. 17. № 5. P. 814-819.
- 5 Ashykhmya T. Ya., Kolupaev A. V., Shyrokykh A. A. Byotransformatsiya pestytsydov v nazemnykh zkosystemakh (obzor lyteraturi) // Teoretycheskaia y prykladnaia zkolohyia. 2010. № 2. S. 4-12.
- 6 Holovleva L. A., Fynkelshtein Z. Y., Pertsova R. N. Rol mykroorhanyzmov v razllozheny pestytsydov v okruzhaiushchei srede // Rezultati nauchnykh yssledovanyi v praktyku selskoho khoziaistva. M. Nauka. 1982. S. 64-73.
- 7 Kruhlov Yu. V. Mykroflora pochvi y pestytsydi. M.: Ahropromyzzdat, 1991. 128 s.
- 8 Domracheva L. Y., Ashykhmya T. Ya., Kondakova L. V., Berezhyn H. Y. Reaktsyia pochvennoi mykrobyoti na deistvie pestytsydov (obzor) Teorytycheskaia y prykladnaia ekolohyia. 2012. № 3. S. 4-18.
- 9 Struthers J. K., Jayachandran K., Moorman T. B. Biodegradatoin of atrazine of *Agrobacterium radiobacter* J14a and use of this strain in bioremediation of contaminated soil // Appl. And Environ. Microbiol. 1998. V. 64. № 9. P. 3368-3375.
- 10 Ponneelan K. T. P. B., Subramanian C., Suchitra R., Ganesh K. G. Studies on the pesticide (Lindane) utilizing in the paddy field // J. Ecotoxicol and Environ Monit. 2006. № 3. V. 16. P. 211-214.
- 11 Masaphy S., Fahima T., Levanon D., Henis Y., Mihgelgrin U. Paration degradation by *Xanthomonas* sp. And its crude enzyme extract in clay suspensions // J. Environ Qual. 1996. V. 26. № 6. P. 1248-1255.
- 12 Zablotowicz R. M., Schrader K. K., Locke M. A. Algal transformation of flumeturon and atrazine by Ndealkylation // J. Environ Sci and Health, 1998. V. 33. № 5. P. 511-528.
- 13 Shapir N., Mandelbaum T. Atrazine degradation in subsurface soil by indigenous and introduced microorganisms // J. Agr and Food Chem. 1997. V. 45. № 45. P. 4481-4486.
- 14 Kulowski K., Zirbes E. L., Thede B. M., Rosazza J. N. Microbial transformations of prosulfuron // J. Agr and Food Chem. 1997. V. 45. № 4. P. 1479-1485.
- 15 Mercadier C., Vega D., Bastide J. Iprodione degradation by isolated soil microorganisms // Fems Microbiol. Ecol. 1997. V. 23. 3. P. 207-215.
- 16 Maloney S. E. Degradation of insecticides and herbicides by Fuhgi // J. Chem Technol and Biotechnol. 1998. V. 71. № 4. P. 360-362.
- 17 Yang L., Zhao Y., Zhang B. Videlenye y kharakterystyka bakteryi, razlahaiushchykh khlorpyryeb y ykh yspolzovanye dlia byovosstanovleniya pochvi // Shengming kexue yanjiu. 2005. V. 9. № 3. P. 247-253.
- 18 Zhang D., Tan X., Luo X., He M., Dai J., Zhang Z., Oiu Y. Videlenye fotosyntezyruiushchei bakteryy NR-1, sposobnoi k dehradatsyy orhanofosfornikh ynsektysydov // Shengming kexue yanjiu. 2005. V. 9. № 3. P. 247-253.
- 19 Zakharchenko M. A., Rizhkova M. N., Ryzhykova Y. A., Melnyk L. V., Rizhykov A. M. K voprosu ob yspolzovanny fyotekhnolohyi dlia remedyatsyy pochv, zahriaznennykh pestytsydami. Kommunalnoe khaziaistvo horodov. Nauchno-tekhnicheskyy sbornyk. 2010. № 93. S. 388- 392.
- 20 Barth E. F., An overview oh the history, present status and future direction of solidification / stabilization technologies for hazardous waste treatment. Proc 2nd Ann Symp Solidificstion / Stabilization Mechanisms and Applications, Beaumont (USA). Beaumont, 1990. P. 1-6.

- 21 Pronyna N. B. Zkolohycheskye stressi (prychyni, klasyfykatsiya, testyrovanye, fyzyoloho-byokhymycheskye mekhanizmy). M. Yzd-vo Mos. selkhoz. akad., 2000. 310 s.
- 22 Kaihorodov R. V. Ustoichyvost rastenyi k khymycheskomu zahriaznenniyu. Perm. Yzd-vo Perm. hos. un-ta. 2010.151 s.
- 23 McGuinness M., Dowling D. Plant-Associated Bacterial Degradation of Toxic Organic Compounds in Soil. J. Environ. Res. Public Health. 2009. № 6(8) P. 2226-2247.
- 24 Harypova S. R. Perspektyvi yspolzovannya endofytnikh bakteriy v byoremedyatsiyi pochyv ahroekosystem ot pestytsydov y druhykh ksenobyotykiv. Uspekhy sovremennoi byolohyy. 2014. T. 134. № 1. S.35- 47. rastenyi k khymycheskomu zahriaznenniyu. Perm. Yzd-vo Perm. hos. un-ta. 2010.151 s.
- 25 Mokliachuk L. Y., Andryenko H. H., Slobodeniuk E. A. Fytoremedyatsionnye tekhnolohyy - metod vosstanovleniya zahriaznennikh pestytsydami pochyv. Sotrudnychestvo dlia resheniya problemy otkhodov : Tezysy dokladov Mezhdunarodnoi konferentsyy, 9-10 fevralia 2005 h. Kharkov, 2005. URL: <https://waste.ua/cooperation/2005/theses/moklyanchuk.html>
- 26 Mokliachuk L. I., Zatsarina Yu. O. Naukovi osnovy fitoremedyatsii zabrudnennykh tryfluralinom gruntiv pry vyroshchuvanni likarskykh roslyn. Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. 2012. №1(30).URL: http://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12mpi.pdf
- 27 Volhyna T. V., Novykov V. T., Rehuzova D. V. Puty rasprostraneniya pestytsydov v obekтах okruzhaiushchei sredy. Rehyonalnye problemy. 2010. Tom. 13. № 1. S. 76-81.
- 28 Kaluhyn S. N., Nurzhanova A. A., Baizhumanova R. A., Mytrofanova A. A., Zhumasheva Zh. E. Yndutsyrovannaia fytoremedyatsiya pochyv s pomoshchiu proyvodnykh oksan. Yzvestiya Samarskoho nauchnogo tsentra Rossyiskoi akademyy nauk. 2013. T 3. № 3 (4). S. 1306-1310.
- 29 Horbatova O. N., Zherdev A. V., Koroleva O. V. Tryazynovie pestytsydi: struktura, deistvie na zhyvie orhanyzmy, protsessi dehradatsyy. Uspekhy byolohycheskoi khymyy. 2006. Tom 46. S. 323-348.
- 30 Samokhvalova V. L. Biologichni metody remediatsii hruntiv, zabrudnennykh vazhkymy metallamy / Biologichni studii. – 2014. t. 8, № 1. – S. 217-236.
- 31 Shtyka O. S. Otsinka efektyvnosti suchasnykh tekhnolohii remediatsii hruntiv, zabrudnennykh vazhkymy metallamy / Kyiv: NAU, 2014. – S. 47-60.
- 32 Horodynska I. M. remediatsiia zabrudnenoho khlororhanichnykh pestytsydami hruntu za dopomohoiu luzhnykh ahentiv: dys. kand. s.-h. nauk: 03.00.16 / instytutu ahroekolohii UAAN. – Kyiv: 2006. – 184 s.
- 33 Slobodeniuk O. A. Fitoremedyatsiia hruntiv, zabrudnennykh stiikymy khlororhanichnykh pestytsydami: dys. kand. nauk: 03.00.16, 2018.
- 34 Natsionalnyi standart. Yakist hruntu. DSTU ISO 11074-4: 2004.
- 35 Mokliachuk L. I., Slobodeniuk O. A., Petryshyna V. A. Naukovo-metodychni pidkhody do fitoremedyatsii zabrudnennykh pestytsydami hruntiv // Ahroekologichnyi zhurnal. – 2008. – S. 188-190.
- 36 Patyka V., Bahniuk V. Khlororhanichni rehovyny i biotekhnolohii ochyshchennia hruntiv // Visnyk NANU. – 2004. - № 6. – S. 22-31.
- 37 Mokliachuk T. O. Ekologo-ekonomichna otsinka remediatsii zabrudnennykh zemel silskohospodarskoho pryznachennia: avtoref. dys. kand. ekon. nauk: 08.00.06. – Kyiv:, 2015. – 21 s.
- 38 Ivankiv M. Ya., Vovk S. O. Ahroekologichni zakhody znyzhennia rivnia khlororhanichnykh pestytsydiv ta yikh pokhidni u hruntakh // Naukovo-tekhnichnyi biuleten IBT i DNDKIVP ta KD. – 2014. – Vyp. 15, № 1. – S. 164-170.
- 39 Patsula O. I., Fetsiukh A. B., Buno L. V. Vykorystannia SALIX VIMINALIS L. dlia fitoremedyatsii hruntiv, zabrudnennykh vazhkymy metallamy // Ekologichni nauky. – Tom 2, № 1 (20), 2011. – S. 101-106.

Надійшла до редакції 12 листопада 2019 р.

USING MISCANTHUS RAW MATERIAL FOR SOLID BIOFUEL PRODUCTION

Nowadays, the most relevant issue for Ukraine is the search for non-traditional renewable energy sources, among which energy crops deserve special attention, as they are the main carbon dioxide absorbent and provide high yields of biomass, which could be used for energy purposes, for biofuel production. Energy crops are plants that are specially cultivated to be used as a fuel or for biofuel production. Plant by-products (straw, sunflower husks, corn stalks, etc.) and specially cultivated plants – miscanthus, switchgrass (thatch grass), willow, and poplar – can be the sources of energy feedstock.

The tendency of rising prices of traditional fuels gives impetus to the use of solid fuel combustion appliances burning biomass not only in the private sector, but also in the municipal heat supply facilities. When choosing the type of solid biomass, its value and availability in the region as well as the technologies and equipment for its combustion should be taken into account.

This paper represents the experimental findings of miscanthus filtration drying. The main technical characteristics (bulk density, porosity, equivalent diameter) of chipped miscanthus are provided. The dependence of the drying rate of chipped miscanthus on its moisture content is shown. The dependence of filtration drying on the technological parameters of heat agent and material layer height is analyzed. The authors show that the filtration drying rate during full saturation of the heat agent with moisture vapour does not depend on the height of chipped miscanthus layer.

Key words: dynamics, miscanthus, rate of filtration drying, stationary layer.

Problem statement. The development and use of renewable energy sources, in particular plants biomass, is essential in reducing Ukraine's energy dependence [3]. In recent decades, the increasing demand for renewable energy has led to the increased interest in energy crops. Ukraine has great potential of available biomass and good preconditions for expanding its use in fuel production [3].

At present, *Miscanthus giganteus* biomass production ranks fourth in the world in terms of biomass production. Its share in the total primary energy production reaches 10% [3]. In the production of biofuels, perennial crops have significant advantages over traditional ones: high biomass productivity, positive energy balance, unpretentious soil, drought resistance. Therefore, these plants can be grown in low-yielding soils unsuitable for the cultivation of food crops [4]. The authors [3] found that *Miscanthus giganteus* L., *Silphium perfoliatum* L., *Polygonum sachalinense* L., *Polygonum wyrichii* L., *Sida hermaphrodita* L., *Helianthus tuberosus* L., and *Helianthus annuus* L. are the most productive among perennial crops.

Agastache foeniculum L. and *Hyssopus officinalis* L., which are oil crops, are the least productive. In particular, *Miscanthus giganteus* L. provides 12.0 t/ha of dry weight, 210 GJ/ha and 7.2 t/ha of conventional fuel. In recent years, *Miscanthus giganteus* has been cultivated in Ukraine with the aim of investigating the possibility of its industrial use in biofuel production [4]. It is known that *Miscanthus giganteus* is the most productive and energy-efficient in the natural conditions of Ukraine. It can be used in many different ways: as an alternative energy source, as a building material, in animal husbandry, as bedding and animal feedstuff, etc.

Energy analysis of the main stages of biofuel production allows identifying the main areas that affect energy efficiency and production cost. Thermal drying is the most energy-intensive process in the production of biofuels. About 90% of thermal energy is spent on moisture evaporation. On average, this process consumes 12–20% of the biofuel product produced at the enterprise [5].

Biomass is by far the fourth largest fuel resource in the world and produces about 1.25 million tonnes of fuel per year, which accounts for 15% of all primary energy, and in some countries this figure exceeds 30%. According to the program “Energy Strategy of Ukraine for the Period until 2030”, biomass share in the fuel and energy system is estimated at 7.8% (6.3 million tonnes) in 2020 [6]. As an object of drying, solid biofuel has a complex natural structure due to its primary origin, physical condition, etc. Therefore, it is necessary to consider these factors in the process of convective drying that is most widely used for biomass processing (mainly up to 70%), in drum- and conveyor-type dryers [6].

As the crop is unpretentious to soil conditions, it is recommended to grow miscanthus in marginal or unproductive lands. There are from 3 to 5 million hectares of such lands in Ukraine, which have been removed from cultivation due to their low fertility, susceptibility to erosion processes, etc. Growing perennial crops in these lands for biofuel production will protect the humus layer from erosion and improve the country's environmental and energy situation.

Miscanthus should be fertilized about every 5 years to improve its growth processes during the growing season.

Miscanthus yield in Ukraine depends directly on the climatic and soil conditions of its cultivation. It is best suited for medium-density soils. Due to the branched root system, it can be grown in sandy soils. Miscanthus is well-adapted to unfavorable growing conditions, in particular to the high content of salts in the soil. Another amazing property of the plant is that *Miscanthus giganteus* can absorb heavy metals from the soil.

Literature review. *Miscanthus giganteus* has been known for a long time on three continents – in Asia, Africa and Australia. It appeared in Europe in the early 1900s and gained popularity only a century ago when energy dependence became a very serious issue. At that time, the plant was recognized as a revolutionary crop in agriculture, as a biofuel feedstock and raw material for energy production by means of direct combustion. At present, *Miscanthus giganteus* is grown and processed for sale in the form of pellets or briquettes in many European countries: Austria, Denmark, France, Germany, Hungary, Poland, Sweden, United Kingdom and others. Moreover, the cultivation area of this crop is constantly increasing.

Experts from the National Bioenergy Union, who have studied *Miscanthus giganteus*, say that if 10% of Europe's fields are planted with this wonderful plant, up to 91% of electricity can be saved. By the way, the EU's Common Agricultural Policy obliges the farmers owning more than 15 hectares of land to allocate at least 5% of the area – buffer strips, landscape areas, arable land and others – to grow perennial energy crops without using pesticides and chemical fertilizers or with their minimum use.

In Ukraine, this plant is not grown on a large scale, only its small cultivation areas appear from time to time in some regions. Thus, in 2007, an experiment on miscanthus cultivation began in Zhytomyr and Kharkiv oblasts.

Miscanthus giganteus is propagated by the so-called rhizome, a part of the underground stem that contains the buds and can be used for vegetative propagation by division. This is one of the most time-consuming parts in miscanthus cultivation technology. Typically, rhizomes are taken from one- or two-year-old miscanthus plants. The clumps of miscanthus are usually dug in spring. During wintering, the clumps of miscanthus can be damaged by low temperatures. Such rhizomes are not suitable for planting. In the Ukrainian climate, miscanthus begins to sprout in April, when the soil temperature reaches 10 ... 12°C at a depth of 10 cm, and stops growing with the onset of frosts in October–November. Late spring frosts are dangerous to plants, as they cause shoots dying and reduce the total crop growing period. The plant is the most vulnerable during the first wintering – in the first year of planting rhizomes. Under favorable natural conditions, the perennial miscanthus can reach the height of up to 4 m or more, and the diameter of the stems reaches 2 cm.

In the Ukrainian realities, *Miscanthus giganteus* grows quite well and can withstand frosts up to – 25°C with sufficient snow cover. Since *Miscanthus giganteus* is a perennial crop that can grow in one place for up to 20–25 years, soil preparation and planting rhizomes are among the most important elements in its growing process.

During the growing season, miscanthus requires about 700 mm of precipitation. Its demand for water is much higher than the average annual precipitation in Ukraine. Such extensive needs for water despite its low consumption (about 250 l) for producing 1 kg of dry weight can be explained by a large biomass yield per unit area.

The authors [6] discovered that the method of partial waste heat recovery (recirculation) was better and more efficient (by 18–26%). In the recirculation dryer, the amount of circulating air increased by 1.3–1.9 times.

In the article [7], the drying process of straw biofuel was investigated. It was established that when making briquettes from straw with high moisture content it was advisable to dry them in two stages. At the first stage, fuel briquettes were dried with atmospheric air, at the second – the air after the first stage was heated by a heater, which provided more efficient drying.

In the work [8] the kinetics of drying chips as a raw material for producing fuel briquettes was investigated. The optimum drying temperatures of the material with different fractional composition were obtained, the dependence of the raw material moisture on drying time and the influence of fractional

composition on the drying process were studied. The characteristics of the drying equipment, optimal for the production technology of fuel briquettes, were established.

Methods and materials. The purpose of this paper is a theoretical and experimental study of the filtration drying dynamics of chipped miscanthus, which is a perennial rhizome plant used to produce solid biofuels.

To assess the basic parameters of the studied material, the main technical characteristics of chipped miscanthus are shown in Table 1.

Table 1

Main technical characteristics of chipped *Miscanthus giganteus* L.

$\rho, \text{kg/m}^3$	$\rho_{ef}, \text{kg/m}^3$	$\varepsilon_p, \text{m}^3/\text{m}^3$	$d_e, 10^{-3} \text{ m}$	$a, \text{m}^2/\text{m}^3$
122.23	562	73.75	4.18	705

The bulk density (ρ) of chipped miscanthus was determined according to the standard procedure provided by GOST 10840, the total porosity of the investigated materials (ε_p) was defined by the picnometer method. The equivalent diameter of the channels (d_e), through which the heat agent is filtered, was determined by the dependence:

$$d_e = \frac{4 \cdot \varepsilon_p}{a}, \quad (1)$$

where a is the specific surface area of the chipped miscanthus layer determined by the PMC-500 device according to the method described in [8].

Drying kinetics describes the change in the material's moisture over time depending on the dried material properties and determines the drying time and energy consumption. Therefore, experimental studies of the filtration drying kinetics of chipped miscanthus were performed according to the methods described in the articles [8-10].

Results and discussion. Figure 1 shows the dependence of the drying rate of chipped miscanthus on its moisture content. Point b corresponds to the end of the full saturation period of the heat agent with moisture vapour, i.e. mass transfer front of the perforated plate and transition from the filtration drying process to the partial saturation of the heat agent.

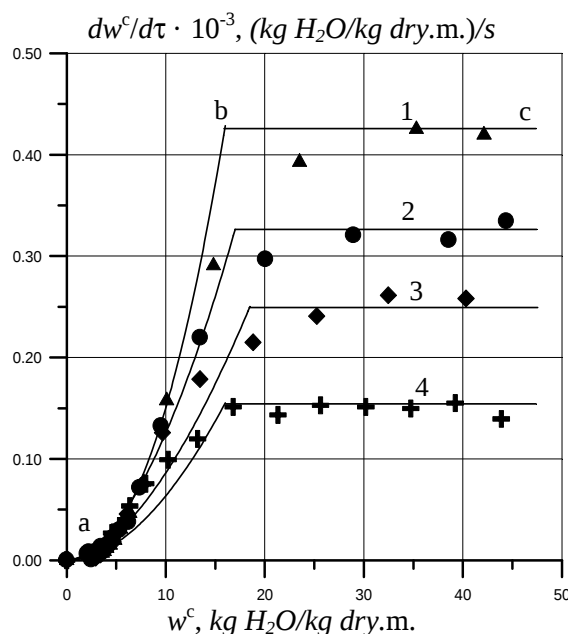


Fig 1. Filtration drying rate of chipped miscanthus at different filtration rates of the heat agent
 ($H = 60 \text{ mm}$, $t = 60^\circ\text{C}$), 1 – $\omega = 0.68 \text{ m/s}$; 2 – $\omega = 1.14 \text{ m/s}$; 3 – $\omega = 1.6 \text{ m/s}$; 4 – $\omega = 2.05 \text{ m/s}$

Due to the fact that the filtration rate of the heat agent varies from $\omega_0 = 0.68 \text{ m/s}$ to $\omega_0 = 2.05 \text{ m/s}$, the drying rate increases from $dw^c/d\tau = 0.002 \cdot 10^{-3} \text{ (kg H}_2\text{O/kg dry.m.)/s}$ to $dw^c/d\tau = 0.0047 \cdot 10^{-3} \text{ (kg H}_2\text{O/kg dry.m.)/s}$, which is explained by the increase in heat and mass transfer coefficients. This also

applies to Figure 2 in the case when the heat agent temperature rises and, as a consequence, the drying potential of the heat agent rises, which leads to the drying rate increase.

The analysis of Figure 2 shows that the drying rate increases when the layer height decreases. This is explained by the fact that the moisture content change of the layer was determined by the weight method based on the dry material weight.

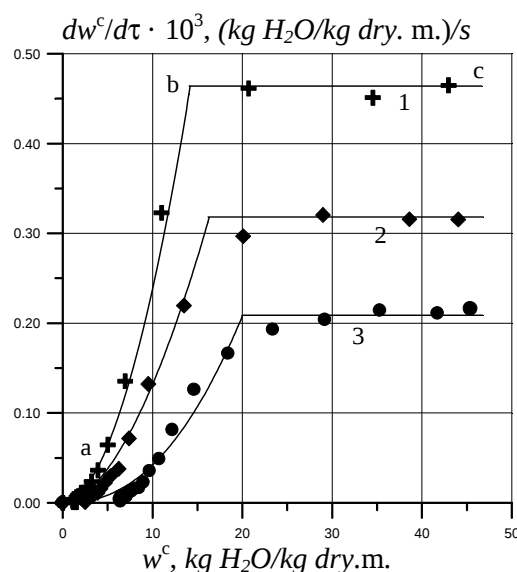


Fig 2. Filtration drying rate of chipped miscanthus at different heat agent temperatures
 ($H = 60 \text{ mm}$, $\omega_o = 1,6 \text{ m/s}$), $1 - t = 40^\circ\text{C}$; $2 - t = 60^\circ\text{C}$; $3 - t = 80^\circ\text{C}$

It is evident that as the height increases, the moisture content in the layer and the mass of dry material increase too. In Figure 3, the drying rate during full saturation of the heat agent is the highest for the smallest layer height.

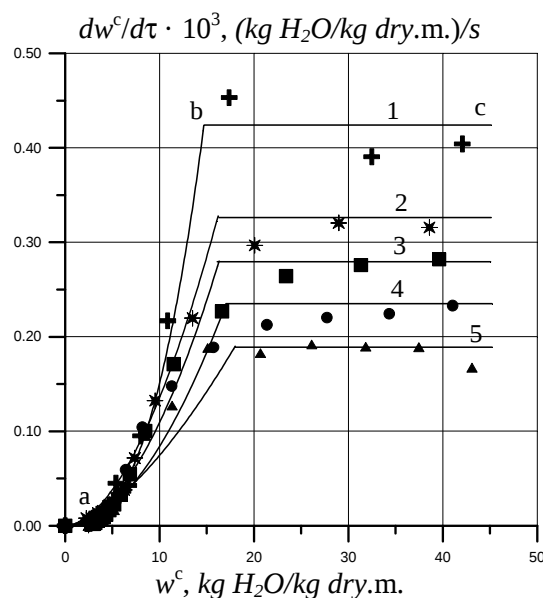


Fig 3. Filtration drying rate of chipped miscanthus at different layer heights ($\omega_o = 1,6 \text{ m/s}$, $t = 60^\circ\text{C}$)

However, as shown above (Fig. 2), the drying rate during full saturation of the heat agent with moisture vapour does not depend on the layer height, which can be explained by the stability of drying potential at the same temperature and filtration rate of the heat agent (the amount of moisture removed per unit of time is a constant).

Conclusions. The dynamics of filtration drying of chipped miscanthus was investigated. The existence of two stages in the filtration drying of chipped miscanthus was substantiated. The dependence of filtration drying on the technological parameters of heat agent (drying potential) and the material layer

height were analyzed. It was proved that the filtration drying rate does not depend on the material layer height during full saturation of the heat agent with moisture vapour.

References

- 1 Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku bioenerhetyky v Ukraini / [Heletukha H.H., Zheliezna T.A., Kucheruk P.P., Oliinyk Ye.M.] // Analitychna zapyska BAU №9. – Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy, 2014. – 32 s. – Rezhym dostupu: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-9-ua.pdf>
- 2 Enerhetychni roslyny yak alternatyva tradytsiynym vydam palyva / [Khivrych O. B., Kvak V. M., Kaskiv V. V. ta in.] // Ahrobiolohiia. – 2011. – Vyp. 6. – S. 153–157.
- 3 Roik M.V. Perspektyvy vyroshchuvannya enerhetychnoi verby dlia vyrobnytstva tverdogo biopalyva / Roik M.V., Humentyk M. Ya., Mamaisur V. V. // Bioenerhetyka. – 2013. – № 2. – S. 18–19.
- 4 Ivakhiv V. Enerhetychna verba yak rishennia dlia malykh mist Ukrainy [Elektronnyi resurs] / V. Ivakhiv / – Rezhym dostupu: <http://ua-energy.org/post/27476>.
- 5 Kurhak V. H. Enerhetychna tsinnist bahatorichnykh travianykh fitotsenoziv / V. H. Kurhak, H. V. Yefremova, Yu. V. Leshchenko, A. M. Tkachenko // Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru "Instytut zemlerobstva NAAN". - 2015. - Vyp. 2. - S. 164-173.
- 6 Stefanovska T. R. Struktura entomokompleksu miskantusu hihantskoho Miscanthus Giganteus [Elektronnyi resurs] / T. R. Stefanovska // "Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy". – 2012. – Rezhym dostupu do resursu: http://nd.nubip.edu.ua/2012_4/12str.pdf.
- 7 Sniezhkin Yu. F. Enerhetychnyi analiz tekhnolohii vyrobnytstva tverdogo biopalyva / Yu. F. Sniezhkin, D. M. Korinchuk, M. M. Bezhin, I. V. Stepchuk // Naukovi pratsi [Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohiy]. – 2014. – Vyp. 45(3). – S. 187-190.
- 8 Dubrovin V. Metody ta rezultaty teoretychnykh doslidzhen sushinnia syrovyny dlia tverdych biopalyv / V. Dubrovin, O. Yeremenko, S. Vyhovskiy, M. Dakhno // Tekhniko-tekhnolohichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoi tekhniki i tekhnolohii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy. – 2013. – Vyp. 17(2). – S. 255-266. – Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2013_17%282%29__35
- 9 Semirnenko Yu. I. Udoskonalennia protsesu sushky palyvnykh bryketiv iz solomy / Yu. I. Semirnenko // Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii : Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychkykh protsesiv. – 2015. – Vyp. 11. – S. 72-75. – Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_mekh_2015_11_17
- 10 Issledovanie kinetiki sushki opilok i struzhki v intensivnom rezhime / I. A. Telnov [i dr.] // Vestnik Nats. tekhn. un-ta "KhPI" : sb. nauch. tr. Temat. vyp. : Innovatsionnye issledovaniya v nauchnykh rabotakh studentov. – Kharkov : NTU "KhPI". – 2012. – № 10. – S. 139-144.
- 11 Atamaniuk V.M. Kinyetika filtratsiynoho sushinnia sh laku teplovykh elektrostantsii [Tekst] / V.M. Atamaniuk, I.R. Barna // Zbirnyk naukovykh prats ONAKhT. – Odesa. – 2012, – T.2, Vyp.41, – S. 89-93.
- 12 Mosiuk M. I. Hidrodynamika i teplomasoobmin pid chas sushinnia podribnenoï "enerhetychnoi" verby v statsionarnomu shari [Tekst]: Avtoref. dys...kand. tekhn. nauk: 05.17.08. / M. I. Mosiuk; [NU Lvivska politekhnika]. – Lviv, 2012. – 22 s.

М. І. Мосюк, Ю. Д. Михайлюк, Л. В. Плаксі́й
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу

ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ МІСКАНТУСА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

Найактуальнішим сьогодні для України є пошук нетрадиційних відновлювальних джерел енергії, серед яких на особливу увагу заслуговують енергетичні рослини, які є головним абсорбентом вуглекислого газу, утворюють високі врожаї біомаси, яку можна було б використати на енергетичні цілі для виробництва біопалива. Енергетичні культури – це рослини, які спеціально вирощуються для використання безпосередньо як паливо або для виробництва біопалива [1]. Джерелом енергетичної сировини можуть бути як побічні продукти рослинного походження (солома, соняшникове лушпиння, стебла кукурудзи тощо), так і спеціально призначені для цього рослини – міскантус, свічграс (лозоподібне просо), верба, тополя [2].

Тенденція здорожчання традиційних видів палива дає поштовх до використання твердопаливних котлів на біомасі не тільки у приватному секторі, але і в комунальному теплопостачаючому господарстві. При виборі форми твердої біомаси потрібно враховувати її вартість та доступність в регіоні, а також від технічно доступні рішення та обладнання для її спалювання.

У цій статті представлено результати експериментальних досліджень динаміки фільтраційного сушіння подрібненого міскантуса. Наведено основні технічні характеристики (насипна густина, пористість, еквівалентний діаметр) подрібненого міскантуса. Показана залежність швидкості сушіння подрібненого міскантуса залежно від її вологості та проаналізовано залежність фільтраційного сушіння від технологічних параметрів теплового агенту і висоти шару матеріалу. Показано, що швидкість фільтраційного сушіння в період повного насичення теплового агента парами вологи не залежить від висоти шару подрібненого міскантуса.

Ключові слова: динаміка, міскантус, швидкість фільтраційного сушіння, стаціонарний шар.

Література

- 1 Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / [Гелетука Г.Г., Железна Т.А., Кучерук П.П., Олійник Є.М.] // Аналітична записка БАУ №9. – Біоенергетична асоціація України, 2014. – 32 с. – Режим доступу: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-9-ua.pdf>
- 2 Енергетичні рослини як альтернатива традиційним видам палива / [Хіврич О. Б., Квак В. М., Каськів В. В. та ін.] // Агробіологія. – 2011. – Вип. 6. – С. 153–157. 3. Роїк М.В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива / Роїк М.В., Гументик М.Я., Мамайсур В.В. // Біоенергетика. – 2013. – № 2. – С. 18–19. 4. Івахів В. Енергетична верба як рішення для малих міст України [Електронний ресурс] / В. Івахів / – Режим доступу: <http://ua-energy.org/post/27476>.
- 3 Кургак В. Г., Енергетична цінність багаторічних трав'яних фітоценозів / В. Г. Кургак, Г. В. Єфремова, Ю. В. Лещенко, А. М. Ткаченко // Збірник наукових праць Національного наукового центру "Інститут землеробства НААН". - 2015. - Вип. 2. - С. 164-173.
- 4 Стефановська Т. Р. Структура ентомокомплексу міскантусу гігантського *Miscanthus Giganteus* [Електронний ресурс] / Т. Р. Стефановська // "Наукові доповіді НУБіП України". – 2012. – Режим доступу до ресурсу: http://nd.nubip.edu.ua/2012_4/12str.pdf.
- 5 Снежкін Ю. Ф. Енергетичний аналіз технологій виробництва твердого біопалива / Ю.Ф. Снежкін, Д. М. Корінчук, М. М. Безгін, І. В. Степчук // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. - 2014. - Вип. 45(3). - С. 187-190.
- 6 Дубровін В., Методи та результати теоретичних досліджень сушіння сировини для твердих біопалив / В. Дубровін, О. Єременко, С. Виговський, М. Дахно // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. - 2013. - Вип. 17(2). - С. 255-266. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2013_17%282%29_35
- 7 Семірненко Ю. І., Удосконалення процесу сушки паливних брикетів із соломи / Ю. І. Семірненко // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Механізація та автоматизація виробничих процесів. - 2015. - Вип. 11. - С. 72-75. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_mekh_2015_11_17
- 8 Исследование кинетики сушки опилок и стружки в интенсивном режиме / И. А. Тельнов [и др.] // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Инновационные исследования в научных работах студентов. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2012. – № 10. – С. 139-144.
- 9 Атаманюк В.М. Кінетика фільтраційного сушіння шлаку теплових електростанцій [Текст] / В.М. Атаманюк, І.Р. Барна // Збірник наукових праць ОНАХТ. – Одеса. – 2012, – Т.2, Вип.41, – С. 89-93.
- 10 Мосюк М.І. Гідродинаміка і тепломасообмін під час сушіння подрібненої "енергетичної" верби в стаціонарному шарі [Текст]: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.17.08. / М.І. Мосюк; [НУ Львівська політехніка]. – Львів, 2012. – 22с.

Надійшла до редакції 27 листопада 2019 р.

*В. Б. Тарельник¹, О. П. Гапонова²,
Б. А. Саржанов¹*

¹Сумський національний аграрний університет,

²Сумський державний університет

СПОСІБ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ЛИСТОВОЇ СТАЛІ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОГО ЛЕГУВАННЯ ГРАФІТОВИМ ЕЛЕКТРОДОМ

В роботі проведений аналіз методів зміцнення, які використовують при виготовленні деталей з листових металів. При цьому застосовується велика кількість технологічних методів, як екологічно безпечних, так і шкідливих для навколишнього середовища. З метою захисту від абразивного зносу поверхню деталей піддають різним видам зміцнення: наплавлення твердими та зносостійкими матеріалами, плазмове напилювання, хіміко-термічна обробка (ХТО) й ін. Однак, зазначені методи є енерговитратними й пов'язані з підвищеною техногенною й екологічною небезпекою. В статті представлено технічне рішення, яке відноситься до галузі машинобудування та ремонту машин, зокрема до екологічно безпечного відновлення й одночасного зміцнення, шляхом цементації методом електроерозійного легування (ЦЕЕЛ) графітовим електродом деталей, виготовлених з листової сталі. Спосіб екологічно безпечного зміцнення деталей із листової сталі методом ЦЕЕЛ включає гартування і відпуск. На першому етапі здійснюють нагрівання сталевих деталей до температури гартування сталі, з якої вона виготовлена, з подальшим охолодженням на повітрі або у маслі, а на другому етапі виконують нагрівання обробленої на першому етапі деталі до температури відпуску з подальшим охолодженням на повітрі. Для досягнення температури гартування та відпуску при ЦЕЕЛ поверхню деталей з листової сталі товщиною від 1,0 до 10 мм застосовують енергію розряду 4,6-6,8 Дж і продуктивність 0,2-3,0 см²/хв., причому, для рівномірного розподілу мікротвердості за перетином при гартуванні на повітрі ЦЕЕЛ проводять з обох сторін деталі. Застосування способу супроводжується значним зниженням витрат електроенергії та часу на термооброблення, відсутністю жолоблень та деформацій, а отже і необхідності додаткової механічної обробки для усунення відхилень форми заготовки після термооброблення, застосуванням простого й екологічно чистого обладнання.

Ключові слова: екологічно безпечне зміцнення, електроерозійне легування, цементація, відпуск, мікроструктура, мікротвердість, шорсткість.

Вступ. В даний час для різних галузей промисловості (електроенергетики, паливної промисловості, чорної та кольорової металургії, космічної промисловості, хімічної та нафтохімічної промисловості, машинобудування, металообробки й ін.), сільського та комунального господарства виготовляється, відновлюється та зміцнюється величезна кількість деталей з листових металів. При цьому застосовується велика кількість технологічних методів, як екологічно безпечних, так і шкідливих для навколишнього середовища.

Нерідко, з метою більш ефективного захисту від абразивного зносу, поверхню деталей піддають різним видам зміцнення: наплавлення твердими й зносостійкими матеріалами [1-3], лазерне наплавлення [4, 5], плазмове напилювання [6], хіміко-термічна обробка (ХТО) [7] й ін.

Ремонтне зварювання й наплавлення деталей машин і механізмів на сьогоднішній день є одними з основних технологічних методів відновлення експлуатаційних властивостей деталей і зміцнення їх поверхонь. Наплавлення – це нанесення шару металу на поверхню заготовки або виробу за допомогою зварювання плавленням (ГОСТ 2601-84).

При виконанні наплавлення зварюванням та плазмовим напилюванням на працівників можуть впливати небезпечні й шкідливі виробничі фактори, до яких відносяться (ГОСТ 12.0. 003-74): підвищена запилюваність і загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень ультрафіолетової й інфрачервоної радіації; підвищена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; небезпека ураження електричним струмом; іскри, бризки, викид розплавленого металу й шлаків. Крім цього, під час наплавлення працівники можуть вдихати зварювальні аерозолі, що містяться у складі твердої фази, оксиди різних матеріалів та інші сполуки, а також токсичні гази. Вплив на організм шкідливих речовин, що виділяються, може бути причиною гострих і професійних хронічних захворювань і отруєнь.

Незважаючи на те, що в результаті ХТО значно підвищується якість поверхневих шарів деталей машин, цей метод має й ряд недоліків. Це деформації й жолоблення; громіздке й дороге технологічне оснащення; тривалість процесу; використання енергоємного встаткування й ін. Крім цього, окремі операції ХТО небезпечні для навколишнього середовища. Так, основним недоліком ціанування є отруйність ціаністих солей і необхідність у зв'язку із цим вживання спеціальних заходів з охорони праці та навколишнього середовища.

Слід зазначити, що усі вище розглянуті методи є енерговитратними і пов'язані з підвищеною техногенною й екологічною небезпекою.

Таким чином, незважаючи на наявність ряду відомих екологічно безпечних способів зміцнення, відновлення й заміни ділянок поверхонь деталей, що зношуються, проблема не втратила своєї актуальності, а розробка нових екологічно безпечних способів, зміцнення деталей з листових сталей є складовою екологічної безпеки.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. При відновленні дискових робочих органів, які часто виготовляють з листів сталей 65Г і 70Г з твердістю робочої зони дисків після термічної обробки HRC 35-45 при товщині леза 0,3-0,5 мм, можна застосовувати зміцнювальні технології: наплавлення твердими і зносостійкими матеріалами, хіміко-термічну обробку (борування), зміцнення методом електроерозійної обробки, нанесення полімерних і композиційних матеріалів, плакування зносостійкою стрічкою, зміцнення накаткою та ін. [8]. Ріжучі кромки дисків можуть бути також зміцнені лазерно-термічною обробкою на ширину 15-20 мм і на глибину 0,5-1,5 мм [9].

Відомий також спосіб підвищення зносостійкості ріжучих деталей, який полягає у тому, що деталь обробляють потужним джерелом енергії – газоплазмовим струменем, спрямованим під кутом 34-37° до поверхні заготовки, при цьому як матеріал для ножів використовують сталі, здатні загартовуватися на повітрі, переважно кремній-марганцевисті сталі. Відбувається одночасне формування кромок ножів, їх заточка і термічне зміцнення – гартування [10].

Однак відомі способи мають ряд недоліків, особливо такі, які пов'язані з термообробленням (ТО), зокрема, складність обладнання, неможливість зміцнення дрібних деталей складної форми, неможливість застосування на деталях зі сталей, нездатних гартуватися на повітрі.

Згідно з [11], до основного обладнання для ТО відносять нагрівальні печі, в яких здійснюється нагрівання і витримка виробів за заданим режимом при гартуванні і відпуску, а також гартівні ванни, в яких здійснюють охолодження при гартуванні та високому відпуску деяких легованих сталей. При цьому складність і негативний вплив технологічного обладнання на техногенну безпеку небезпечних виробництв, велика витрата електроенергії, тривалість процесу, жолоблення або деформація заготовок після ТО, необхідність проведення додаткової механічної обробки для усунення відхилень форми заготовки після ТО обмежують застосування об'ємного нагрівання.

Підсумком науково-технічного прогресу в розвинутих країнах стало створення екологічно небезпечних об'єктів, до яких відносяться електростанції, металургійні, хімічні, нафтохімічні і гірничодобувні підприємства, нафто- і газопроводи [12]. Істотно більшу шкоду навколишньому середовищу при короткочасних і довготривалих наслідках надають навіть не стаціонарні шкідливі викиди цих об'єктів, а аварійні ситуації, що в ряді випадків мають глобальний характер.

Основною технічною задачею пропонованого способу є підвищення рівня техногенної безпеки небезпечних виробництв, задіяних у технологічні процеси ТО при зміцненні відновлюваних деталей.

Одним з найбільш простих з технологічної точки зору методів зміцнення деталей є поверхневе електроерозійне легування (ЕЕЛ). Його перевагами є: локальність впливу, мала витрата енергії, відсутність об'ємного нагріву матеріалу та ін. Застосовуючи ЕЕЛ, можна підвищити твердість металевої поверхні нанесенням на неї матеріалу більш високої твердості або дифузійним введенням у поверхневий шар необхідних хімічних елементів з навколишнього середовища або з матеріалу анода [13].

Відомий спосіб цементації сталевих деталей електроерозійним легуванням (ЦЕЕЛ) [14], який має ряд переваг, основними з яких є: досягнення 100% суцільності зміцнення поверхневого шару; підвищення твердості поверхневого шару деталі за рахунок дифузійно-гартівних процесів; легування можна здійснювати в необхідних місцях, не захищаючи при цьому решту поверхні деталі; відсутність об'ємного нагрівання деталі і пов'язаних з цим жолоблень та деформацій; простота застосування технології; гнучка прив'язка до наявного обладнання; процес зміцнення не

вимагає спеціальної підготовки і високої кваліфікації робітника. В даному способі використовується енергія розряду (W_p) 0,036–6,8 Дж і продуктивність 1,0–0,2 см²/хв.

При ЦЕЕЛ товщина зміцненого шару залежить від енергії розряду і часу легування (продуктивності процесу). Зі збільшенням енергії розряду та часу легування товщина зміцненого шару збільшується. При цьому зростає шорсткість поверхні. Так, при ЕЕЛ вуглецем середньовуглецевої легованої сталі 40X ($R_a = 0,5$ мкм) з продуктивністю 0,2 см²/хв. при енергії розряду 6,8 Дж товщина шару підвищеної твердості становить понад 1,15 мм. Шорсткість поверхні при цьому відповідає $R_a = 11,7$ –14,0 мкм.

Найбільш близьким до пропонованого технічного рішення за сукупністю ознак є спосіб ЦЕЕЛ, який використовують для зниження шорсткості поверхні деталей машин і, отже, для розширення області їх застосування. Даний спосіб полягає в тому, що ЦЕЕЛ проводять поетапно, знижуючи на кожному етапі енергію розряду [15].

Незважаючи на наведені вище переваги, даний спосіб має ряд недоліків:

- зниження у результаті відпалу мікротвердості та товщини зміцненого поверхневого шару при поетапному впливі на нього електричного розряду при ЦЕЕЛ;
- тривалість процесу ЦЕЕЛ;
- складність у виборі необхідних режимів (енергії розряду та продуктивності) для забезпечення заданих результатів (потрібної твердості по перетину деталі) при ЦЕЕЛ деталей різної товщини, наприклад, деталей сільськогосподарських машин, що виготовляються з листової сталі 65Г.

Метою роботи є удосконалення технології зміцнення сталевих деталей з листової сталі, шляхом створення нового, екологічно безпечного способу цементації методом електроерозійного легування їх поверхонь графітовим електродом.

Методика дослідження. Для визначення впливу енергетичних параметрів ЕЕЛ на якісні параметри сталі 65Г, проводили ЦЕЕЛ на установці моделі «Елітрон 52А» зразків розміром 15х15х (1–10) мм із даної сталі із застосуванням різних режимів. Крім того, досліджували кілька зразків різної товщини зі сталей 30Х13 і 40Х. Кожному режиму ЦЕЕЛ відповідала своя енергія розряду (W_p) і продуктивність – площа сформованого покриття в одиницю часу (табл. 1).

Таблиця 1

Залежність продуктивності ЕЕЛ від енергії розряду

Енергія розряду (W_p), Дж	0,52	1,3	2,6	4,6	6,8
Продуктивність, см ² /хв.	1,0–1,3	1,3–1,5	1,5–2,0	2,0–2,5	2,5–3,0

Процес зміцнення зразків проводився у два етапи:

- перший етап – нагрівання до температур гартування обраної сталі та подальше охолодження на повітрі або у маслі;
- другий етап – нагрівання до температури відпуску і подальше охолодження на повітрі, (табл. 2).

Таблиця 2

Температура гартування і відпуску сталі методом ЦЕЕЛ

Марка сталі	Температура гартування, °С	Температура відпуску, °С
65Г	820–830	200
30Х13	950–1050	200
40Х	840–860	200

Для кожної товщини зразків реєстрували час досягнення необхідної температури гартування або відпуску (продуктивність процесу).

Температуру зразків у процесі ЕЕЛ графітовим електродом реєстрували пірометром моделі «СЕМ DT- 8866»

Структуру зразків вивчали на оптичному мікроскопі «Неофот-2». На мікротвердомірі ПМТ-3 проводили дюротричний аналіз на розподіл мікротвердості по перетину зразка при навантаженні на індентора $P = 0,5$ Н. Твердість обробленої ЦЕЕЛ та не обробленої (зворотної) поверхонь зразка вимірювали на приладі Роквелла ТК за шкалою С.

Шорсткість поверхні визначали на приладі профілограф-профілометр мод. 201 заводу «Калібр» шляхом зняття і обробки профілограм.

Результати досліджень. Для вирішення зазначеної вище технічної задачі створено спосіб [15] екологічно безпечного зміцнення деталей з листової сталі методом ЦЕЕЛ у два етапи, що включає, гартування і відпуск, в якому, відповідно до створеного технічного рішення, на першому етапі здійснюють нагрівання сталевих деталей до температури гартування сталі, з якої вона виготовлена, з подальшим охолодженням на повітрі або у маслі, а на другому етапі виконують нагрівання обробленої на першому етапі деталі до температури відпуску з подальшим охолодженням на повітрі, при цьому для досягнення температури гартування і відпуску при ЦЕЕЛ поверхонь деталей з листової сталі товщиною від 1,0 до 10 мм застосовують енергію розряду 4,6-6,8 Дж і продуктивність см²/хв. Крім того, для рівномірного розподілу мікротвердості по перетину при гартуванні на повітрі ЦЕЕЛ проводять з обох сторін деталі.

У результаті електроіскрового легування поверхні сталі графітовим електродом відбуваються процеси:

– насичення поверхні сталі вуглецем, причому за рахунок концентрованих потоків енергії спостерігається аномально висока дифузія вуглецю, при цьому вміст вуглецю в поверхневому шарі може становити 3-4% [16];

– надшвидкісне гартування при короткочасному нагріванні розрядом електричного струму до високої температури, а потім миттєве охолодження, що призводить до утворення нерівноважних структур з дрібним зерном, високою гетерогенністю за складом, структурою, з високим рівнем термічних напружень;

– пластичне деформування при локальній дії на матеріал імпульсного тиску.

Перераховані процеси впливають на формування певних властивостей отриманих поверхневих шарів. У таблиці 3 подані результати вимірювання твердості листового прокату зі сталей 65Г, 40Х та 30Х13 після електроерозійного легування за схемами:

- 1) електроерозійне легування графітовим електродом, охолодження на повітрі;
- 2) електроерозійне легування графітовим електродом, охолодження у маслі.

Таблиця 3

Технологічні параметри зміцнення зразків із сталевих листів методом цементатії електроерозійним легуванням

Товщина зразка, мм	Енергія розряду, W _и , Дж, гартування / відпуск	Продуктивність, см/хв., гартування/ відпуск	Твердість, HRC, сторона ЕЕЛ	Твердість, HRC, зворотна сторона зразка	Твердість, HRC, сторона ЕЕЛ	Твердість, HRC, зворотна сторона зразка	Шорсткість, Ra, мкм
			охолодження на повітрі		охолодження у маслі		
Сталь 65Г (прокат листовий, згідно з ГОСТ 19903-74)							
1	4,6/4,6	0,3/1,0	69/69	55/55	72/71	69/67	3,7
2	6,8/4,6	3,0/07	69/69	53/53	72/71	67/65	4,1
3	6,8/6,8	2,0/3,0	68/68	45/44	71/70	66/62	4,3
4	6,8/6,8	1,5/2,4	66/66	43/43	70/69	64/60	4,5
5	6,8/6,8	1,4/3,0	63/63	41/41	70/68	62/60	4,9
6	6,8/6,8	1,0/2,0	62/62	40/40	70/67	62/60	5,2
7	6,8/6,8	0,7/1,0	60/60	38/38	69/65	61/60	5,1
8	6,8/6,8	0,5/0,7	60/60	37/37	69/64	61/60	5,5
9	6,8/6,8	0,3/06	59/59	35/35	65/62	61/60	6,7
10	6,8/6,8	0,2/04	59/59	33/33	63/59	61/59	6,8
Сталь 30X13 (прокат листовий, згідно з ГОСТ 5582-75)							
4,0	6,8/6,8	1,5/2,4	65/64	42/40	67/65	60/59	4,3
Сталь 40X (прокат листовий, згідно з ГОСТ 19903-74)							
5.0	6.8/6.8	1.4/3.0	63/62	38/34	65/61	50/48	5.1

Необхідно відзначити, що в результаті цементатії і наступної локальної ТО методом ЕЕЛ відбувається значне підвищення твердості поверхневого шару. В результаті перерахованих вище процесів, що відбуваються при ЕЕЛ, можна досягти твердості до 72 HRC на поверхні, що піддається ЕЕЛ, і до 69 HRC на зворотному боці тонкої листової заготовки (табл. 3).

Результати металографічного і дюрOMETричного аналізу підтверджують утворення нерівноважних структур підвищеної твердості після ЕЕЛ графітовим електродом.

На рис. 1 зображені мікроструктура і розподіл мікротвердості у міру поглиблення від поверхні зразка сталі 65Г товщиною 3 мм після ЦЕЕЛ і охолодження на повітрі. Максимальна мікротвердість 9500 МПа властива поверхні зразка, що піддається легуванню. У міру поглиблення, мікротвердість знижується. На глибині 300 мкм мікротвердість становить 4000-4500 МПа і далі по всьому перетину змінюється незначно.

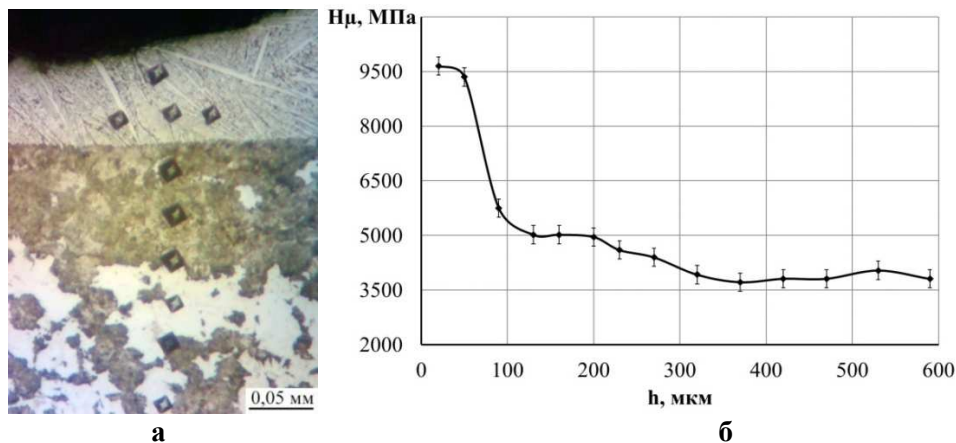


Рис. 1. Мікроструктура (а) і зміна мікротвердості (б) зразка товщиною 3 мм зі сталі 65Г після ЦЕЕЛ і охолодження на повітрі

На рис. 2 зображені мікроструктура і розподіл мікротвердості у міру поглиблення від поверхні зразка сталі 65Г товщиною 2 мм після ЦЕЕЛ і охолодження у маслі.

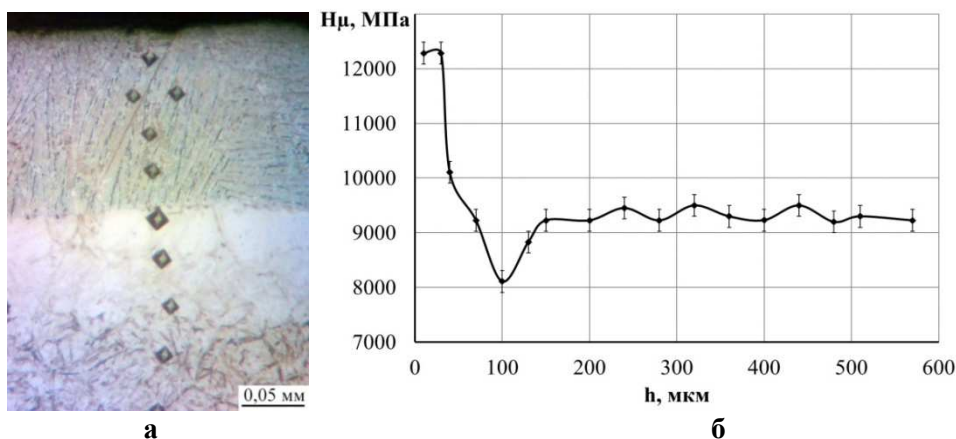


Рис. 2. Мікроструктура (а) і зміна мікротвердості (б) зразка товщиною 2 мм зі сталі 65Г після ЦЕЕЛ і охолодження у маслі

Максимальна мікротвердість 12500 МПа властива поверхні зразка, що піддається легуванню. У міру поглиблення, мікротвердість знижується. На відстані від поверхні 80-120 мкм спостерігається зменшення «провал» мікротвердості до 8000 МПа, після чого величина H_c підвищується до 9100-9600 МПа і далі по всьому перетину не змінюється.

На рис. 3 зображені мікроструктура і розподіл мікротвердості у міру поглиблення від поверхні зразка сталі 30Х13 товщиною 4 мм після ЦЕЕЛ і охолодження на повітрі.

Максимальна мікротвердість 9500-9700 МПа властива поверхні зразка, що піддається легуванню. Зі збільшенням відстані від поверхні мікротвердість знижується. На глибині 200 мкм мікротвердість становить 4000-4200 МПа і далі по всьому перетину змінюється незначно.

Шорсткість поверхні, що піддається легуванню, при використанні максимальних режимів установки «Елітрон 52А», що відповідають енергії розряду 6,8 Дж, на різних ділянках зразків з різних матеріалів змінюється незначно. Відзначається тенденція збільшення шорсткості поверхні зі збільшенням товщини зразка.

На рис. 4 показані профілограми з максимальною і мінімальною шорсткістю зразків сталі 65Г, легованих з енергією розряду 6,8 Дж та шорсткості поверхні зразка зі сталі 65Г товщиною 1 мм, легованої з енергією розряду 4,6 Дж.

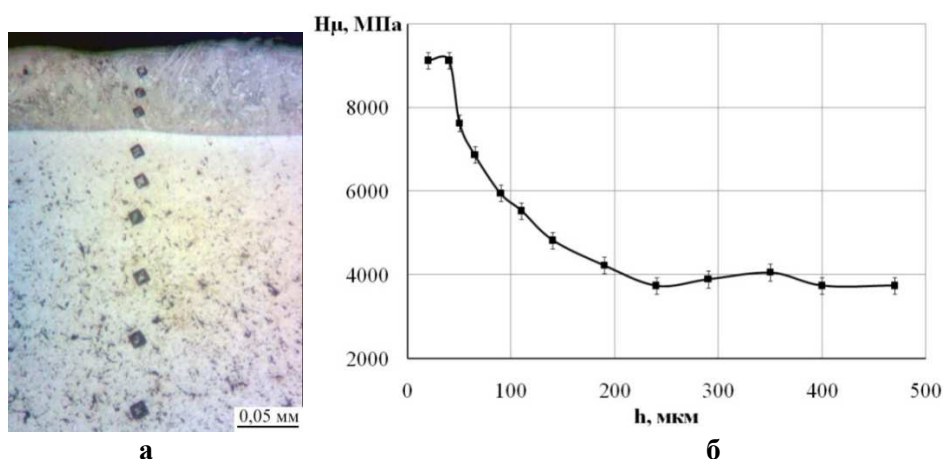


Рис. 3. Мікроструктура (а) і зміна мікротвердості (б) зразка товщиною 4 мм зі сталі 30X13 після ЦЕЕЛ і охолодження на повітрі

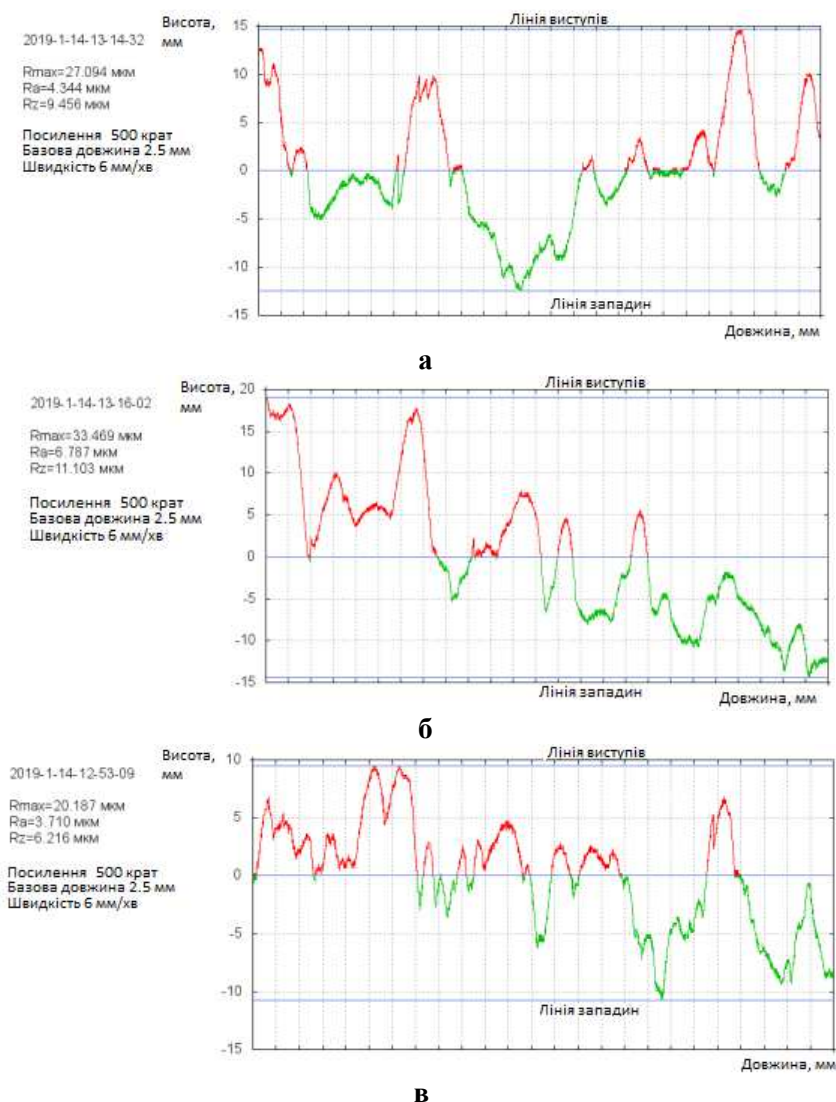


Рис. 4. Профілограми максимальної (а) і мінімальної (б) шорсткості поверхні зразків зі сталі 65Г, легованих з енергією розряду 6,8 Дж, та шорсткості поверхні зразка зі сталі 65Г товщиною 1 мм, легованої з енергією розряду 4,6 Дж

Слід зазначити, що для більш рівномірного розподілу мікротвердості по перетину при гартуванні на повітрі необхідно проводити ЦЕЕЛ по обидві сторони зразка.

Таким чином, в результаті проведених досліджень, при цементації методом ЕЕЛ мікрометалургійні процеси протікають у відрізок часу, обумовлені частками секунди, і при цьому не відбувається розігрівання всієї маси деталі. Незважаючи на короткочасність дії одиничних імпульсів і загальну невисоку температуру деталі, у її поверхневих шарах розвиваються дифузійні процеси, необхідні для формування шару. У результаті надшвидкісного нагрівання й охолодження матеріалів (до декількох тисяч градусів за секунду), високого тиску, що розвивається каналом розряду в крапці його виникнення, утворюється дифузійний шар, відбувається цементація методом ЕЕЛ. При цьому сам процес зміцнення поверхневих шарів деталі методом ЦЕЕЛ залишається екологічно безпечним.

Висновки. Запропоновано спосіб екологічно безпечного зміцнення деталей з листової сталі методом електроерозійного легування сталевих поверхонь графітовим електродом. Рекомендовано ЦЕЕЛ проводити у два етапи, що включає гартування і відпуск. На першому етапі здійснюють нагрівання сталеві деталі до температури гартування сталі, з якої вона виготовлена, з подальшим охолодженням на повітрі або у маслі, а на другому етапі виконують нагрівання обробленої на першому етапі деталі до температури відпуску з подальшим охолодженням на повітрі, при цьому для досягнення температури гартування і відпуску при ЦЕЕЛ поверхонь деталей з листової сталі товщиною від 1,0 до 10 мм застосовують енергію розряду 4,6-6,8 Дж і продуктивність 0,2-3,0 см²/хв.

Застосування запропонованого способу супроводжується значним (на порядок) зниженням витрат електроенергії, часу, що витрачається на термооброблення, відсутністю жолоблень і деформацій, а отже, і необхідності додаткової механічної обробки для усунення відхилень форми заготовки після ТО, застосуванням простого і екологічно чистого обладнання.

Література

- 1 Panasyuk A., Umanskyi O., Storozhenko M., Akopyan V. Development of TiB₂-based cermets with Fe-Mo binder. Key Engineering Materials, 2013. Vol. 527. P. 9–13. DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.527.9
- 2 Umanskyi O., Storozhenko M., Antonov M., Terentjev O., Koval O., Goljandin D. Effect of thermal spraying method on the microstructure and wear behaviour of FeNiCrBSiC-CrB₂ coating. Key Engineering Materials, 2019. Vol. 604. P. 16–19. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.799.37
- 3 Storozhenko M. S., Umanskii A. P., Terentiev A. E., Zakiev I. M. Effect of the structure of TiB₂-(Fe-Mo) plasma coatings on mechanical and tribotechnical properties. Powder metallurgy and Metal Ceramics, 2017. Vol. 56, № 1–2. P. 60–69. DOI: 10.1007/s11106-017-9847-y
- 4 Барвинок В.А., Смелов В.Г., Сотов А.В., Косырев С.А. Восстановление торца пера лопатки ГТД метод импульсной лазерной наплавки. Проблемы машиностроения и автоматизации, 2014. № 3. С. 158-162.
- 5 Smelov V.G., Sotov A.V., Kosirev S.A. Development of process optimization technology for laser cladding of GTE compressor blades. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2014. V. 9. No 10. P. 1854-1858.
- 6 Жаткин С.С., Паркин А.А., Минаков Е.А. Особенности микроструктуры Stellite 190W при плазменно-порошковой наплавке на медь. Естественные и технические науки, 2011. № 6(56). С. 562-564.
- 7 Shu-Hung Yeh, Liu-Ho Chiu, Heng Chang Effects of Gas Nitriding on the Mechanical and Corrosion Properties of SACM 645 Steel. Engineering, Scientific Research Publishing, 2011. Т. 9(3). С. 942-948.
- 8 Шовкоплас А. В. Дисковые рабочие органы борон: технологии изготовления и восстановления. Лесотехнический журнал. Технологии. Машины и оборудование, 2016. №1. С. 203-211.
- 9 Кожуро Л.М. Технология сельскохозяйственного машиностроения: курс лекцій. Минск, 2005. – 414 с. - URL: <http://www.batu.edu.by/publication/tekhnologiya-selskokhozyaistvennogo-mashinostroeniya-kursleksiil-m-kozhuro>.
- 10 Способ изготовления ножей сельскохозяйственных машин: пат. 2031146 РФ: МПК C21D9/18; заявл. 09.07.1992, опубл. 20.03.1995. 3 с.

11 Сафонов Б.П. Технологические процессы в сервисе. Часть 2. Справочные материалы для студентов специализации 230712: учебное пособие. Новомосковск: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. 57 с.

12 Радионов А.В. Оценка техногенного риска оборудования опасных производств системным многоуровневым анализом. Збірник наукових праць НУК, 2015. №4. С. 82-91.

13 Лазаренко Н.И. Электроискровое легирование металлических поверхностей. М.: Машиностроение, 1976. 46 с.

14 Спосіб цементатії сталевих деталей електроерозійним легуванням: пат. України на винахід 82948: МПК 23С 8/00; опубл. 25.03.2008, Бюл. №10. 4 с.

15 Спосіб цементатії сталевих деталей електроерозійним легуванням: пат. України на винахід 101715: МПК 23Н 9/00, опубл. 25.01.2013, Бюл. № 8. 3с.

16 Шовкопляс А. В. Дисковые рабочие органы борон: технологии изготовления и восстановления. Лесотехнический журнал. Технологии. Машины и оборудование, 2016. №1. С. 203-211.

17 Заявка реєстраційний №а201909724 від 10.09.2019 р. на видачу патенту на винахід «Спосіб екологічно безпечного зміцнення деталей з листової сталі методом електроерозійного легування сталевих поверхонь графітовим електродом» Тарельник В.Б., Марцинковський В.С., Гапонова О.П., Саржанов О.А., Коноплянченко Є.В., Гапон О.О., Саржанов Б.О.

V. Tarelnyk¹, O. Haponova²,

B. Sarzhanov¹

¹Sumy National Agrarian University,

²Sumy State University

METHOD OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY HARDENING OF SHEET METAL PARTS BY ELECTROEROSIVE ALLOYING WITH A GRAPHITE ELECTRODE

This paper analyzes the hardening methods used in the production of sheet metal parts. In this case, a large number of technological methods, both environmentally friendly and environmentally unfriendly, are used. In order to protect it against abrasive wear, the surface of parts is subjected to different types of hardening: overlaying with hard and wear-resistant materials, plasma spraying, thermochemical treatment (TCT), etc. However, these methods are energy-intensive and involve the increased man-made and environmental hazards. The technical solution is represented in the article. It relates to the field of mechanical engineering and machine repair, in particular to the environmentally friendly restoration and simultaneous hardening of sheet steel parts by means of cementation with electroerosive alloying (CEEA) with a graphite electrode. The method of environmentally friendly hardening of sheet metal parts by CEEA includes quenching and tempering. At the first stage, a steel part is heated to the quenching temperature of steel, it is made of, with subsequent air or oil cooling, and at the second stage, the part is heated to the tempering temperature with subsequent air cooling. To reach the quenching and tempering temperatures in the case of CEEA of sheet metal part surfaces, from 1.0 to 10 mm thick, a discharge energy of 4.6–6.8 J and a productivity of 0.2–3.0 cm²/min are used. To achieve the uniform distribution of cross-sectional microhardness in case of air quenching, CEEA is performed on both sides of the part. The method application is accompanied by a significant reduction of costs on electricity and time for heat treatment, absence of grooves and deformations. Hence there is no need for additional machining of the parts to eliminate deviations from the initial shape after heat treatment, and simple and environmentally friendly equipment can be used.

Key words: environmentally friendly hardening, electroerosive alloying, cementation, tempering, microstructure, microhardness, roughness.

References

1 Panasyuk A., Umanskyi O., Storozhenko M., Akopyan V. Development of TiB₂-based cermets with Fe–Mo binder. Key Engineering Materials, 2013. Vol. 527. P. 9–13. DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.527.9

2 Umanskyi O., Storozhenko M., Antonov M., Terentjev O., Koval O., Goljandin D. Effect of thermal spraying method on the microstructure and wear behaviour of FeNiCrBSiC–CrB₂ coating. Key Engineering Materials, 2019. Vol. 604. P. 16–19. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.799.37

- 3 Storozhenko M. S., Umanskii A. P., Terentiev A. E., Zakiev I. M. Effect of the structure of TiB₂–(Fe–Mo) plasma coatings on mechanical and tribotechnical properties. Powder metallurgy and Metal Ceramics, 2017. Vol. 56, № 1–2. P. 60–69. DOI: 10.1007/s11106-017-9847-y
- 4 Barvinok V.A., Smelov V.G., Sotov A.V., Kosyrev S.A. Vosstanovleniye tortsa pera lopatki GTD metod impul'snoy lazernoy naplavki. Problemy mashinostroyeniya i avtomatizatsii, 2014. № 3. S. 158-162.
- 5 Smelov V.G., Sotov A.V., Kosyrev S.A. Development of process optimization technology for laser cladding of GTE compressor blades. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2014. V. 9. No 10. P. 1854-1858.
- 6 Zhatkin S.S., Parkin A.A., Minakov Ye.A. Osobennosti mikrostrukturny Stellite 190W pri plazmenno-poroshkovoy naplavke na med'. Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki, 2011. № 6(56). S. 562-564.
- 7 Shu-Hung Yeh, Liu-Ho Chiu, Heng Chang Effects of Gas Nitriding on the Mechanical and Corrosion Properties of SACM 645 Steel. Engineering, Scientific Research Publishing, 2011. T. 9(3). S. 942-948.
- 8 Shovkoplyas A. V. Diskovyye rabochiye organy boron: tekhnologii izgotovleniya i vosstanovleniya. Lesotekhnicheskyy zhurnal. Tekhnologii. Mashiny i oborudovaniye, 2016. №1. S. 203-211.
- 9 Kozhuro L.M. Tekhnologiya sel'skokhozyaystvennogo mashinostroyeniya: kurs lektsiy. Minsk, 2005. – 414 c. - URL: <http://www.batu.edu.by/publication/tekhnologiya-selskokhozyaystvennogo-mashinostroyeniya-kurslektsii-m-kozhuro>.
- 10 Sposob izgotovleniya nozhey selskokhozyaystvennykh mashin: pat. 2031146 RF: MPK C21D9/18; zayavl. 09.07.1992, opubl. 20.03.1995. 3 s.
- 11 Safonov B.P. Tehnologicheskie protsessy v servise. Chast 2. Spravochnyye materialy dlya studentov spetsializatsii 230712: uchebnoe posobie. Novomoskovsk: RHTU im. D.I. Mendeleeva, 2007. 57 s.
- 12 Radionov A.V. Otsenka tehnogennoho riska oborudovaniya opasnykh proizvodstv sistemnyim mnogourovnevnyim analizom. Zbirnik naukovykh prats NUK, 2015. No 4. S. 82-91.
- 13 Lazarenko N.I. Elektroiskrovoe legirovaniye metallicheskiykh poverkhnostey. M.: Mashinostroyeniye, 1976. 46 s.
- 14 Sposib tsementatsiyi stalevykh detaley elektroeroziynim leguvannyam: pat. Ukrainy na vinahid 82948: MPK 23S 8/00; opubl. 25.03.2008, Byul. No 10. 4 s.
- 15 Sposib tsementatsiyi stalevykh detaley elektroeroziynim leguvannyam: pat. Ukrainy na vinahid 101715: MPK 23N 9/00, opubl. 25.01.2013, Byul. No 8. 3s.
- 16 Shovkoplyas A. V. Diskovyye rabochiye organy boron: tekhnologii izgotovleniya i vosstanovleniya. Lesotekhnicheskyy zhurnal. Tekhnologii. Mashiny i oborudovaniye, 2016. No 1. S. 203-211.
- 17 Zayavka reyestratsiynyy №a201909724 vid 10.09.2019 r. na vydachu patentu na vynakhid «Sposib ekolohichno bezpechnoho zmitsnennyya detaley z lystovoyi stali metodom elektroeroziynoho lehuvalnya stalevykh poverkhon' hrafitovym elektrodom» Tarel'nyk V.B., Martsynkovs'kyy V.S., Haponova O.P., Sarzhanov O.A., Konoplyanchenko YE.V., Hapon O.O., Sarzhanov B.O.

Надійшла до редакції 17 грудня 2019 р.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

УДК 332.14 [338.45:620.9]

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-2(20)-127-135

О. В. Побігун*Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу*

ПРОГРАМА МОНІТОРИНГУ ВПЛИВІВ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У ТУРИСТИЧНИХ ЗОНАХ

При розробці системи моніторингу нетрадиційних джерел енергії (НДЕ) в туристичних зонах слід враховувати впливи в екологічному, соціальному, економічному напрямках та в позитивних чи негативних наслідках. Доцільним є впровадження таких видів відновлювальних джерел енергії, як вітрові, сонячні електростанції та малі гідроелектростанції. Спрогнозовані можливі позитивні і негативні впливи діючих НДЕ на довкілля. Головним критерієм вибору території для туризму є екологічна безпека, але слід враховувати соціально-економічну ситуацію в даній місцевості, задоволення життям місцевих мешканців і т.ін., тому що вони мають опосередкований вплив на розвиток туризму і рекреації в даному регіоні. Виділено основні об'єкти впливу діяльності нетрадиційних джерел енергії: клімат, поверхневі та підземні води, геологія та ґрунти, ландшафти та біорізноманіття, населення і соціально-економічна ситуація, культурна спадщина. Виділені фактори, які слід враховувати при визначенні впливів, пов'язаних з кожним сценарієм розвитку відновлювальної енергетики.

Запропоновані основні етапи розробки системи моніторингу впливу НДЕ на туристичне середовище. Вони включають визначення: існуючих і майбутніх базових умов району, який може зазнати впливу; цінності, вразливості і чутливості об'єктів впливу (бальна шкала оцінки чутливості); видів впливів, яких зазнаватимуть об'єкти впливу при кожному альтернативному варіанті (бальна оцінка за критеріями, програма моніторингу впливу); визначення того, чи є кожен із впливів безпосереднім або опосередкованим, далекосяжним, кумулятивним або викликаний подальшим розвитком; визначення ступеня ймовірності виникнення впливу; стадії виникнення впливу (будівництво, експлуатація або виведення з експлуатації), тривалості і частоти впливу; незворотності/зворотності та/або тимчасовості/постійності впливу; інтенсивності впливу; просторового охоплення впливу і того, чи є він транскордонним; визначення того, чи є вплив позитивним або негативним; формулювання припущень, обмежень і факторів невизначеності, пов'язаних з оцінкою; використання всієї згаданої вище інформації для системи моніторингу впливу НДЕ.

Ключові слова: нетрадиційні джерела енергії, моніторинг, вплив, туристична зона.

Постановка проблеми. Система моніторингу повинна враховувати те, що впливи від нетрадиційних джерел енергії (НДЕ) на туристичні зони можуть проявлятися через екологічний, соціальний, економічний напрями та в позитивних чи негативних наслідках.

Екологічний вплив у своїх позитивних наслідках полягає в покращенні стану довкілля, що може призвести до ряду перспективних зрушень в розвитку туристичних зон. Негативні наслідки можуть призвести до деградації окремих об'єктів впливу, що може вплинути на функціонування окремої екосистеми.

Соціальний вплив в позитивних наслідках дозволить підвищити енергозабезпеченість будівель, покращити забезпеченість робочих місць, використовувати об'єктів НДЕ в енерготурах, в зеленому туризмі. Негативними наслідками можуть бути обґрунтовані заяви незадоволення місцевих мешканців.

Економічний вплив в позитивних наслідках буде від продажу виробленої електроенергії; забезпечення енергопотреб на 100%; вибір потужності виробництва може бути від побутового до промислового використання; виробники чи поточна експлуатація може здійснюватися як місцевими, так і закордонними організаціями; електроенергія може використовуватись одразу чи

зберігатися в акумуляторах і використовуватись при потребі; СЕС не потребують спеціального обслуговування, крім періодичного очищення поверхні панелей; безшумне виробництво електроенергії; відсутні викиди; можливість використання в місцях з нестабільним чи обмеженим забезпеченням електроенергією; фінансово привабливе, порівняно з використанням мобільних дизельних електростанцій. Негативними наслідками є відносно великий термін окупності – 7-10 років.

Серед мотивів туристичних подорожей переважає прагнення людини до спілкування з природою. Привабливі ландшафти, чисте повітря, незабруднена вода у водоймах, просторі пляжі, різноманіття лісових насаджень – все це належить до туристичних ресурсів, які роблять даний район привабливим для туристів. Так, відповідно до світових наукових досліджень 84% європейських туристів головним критерієм вибору території для відпочинку називають екологічну безпеку території перебування. Але не слід забувати і про позитивну соціально-економічну ситуацію в даній місцевості, задоволених життям місцевих мешканців, відсутність небезпечних екологічних ситуацій, наприклад зсувів, паводків і т.і. Останні критерії слід теж враховувати при оцінці впливів від НДЕ, тому що вони мають опосередкований вплив на розвиток туризму і рекреації в даному регіоні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема оцінки впливу на довкілля серед українських дослідників займалися Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова, Т. А. Сафранов, Г. І. Рудько, Є. В. Хлобистов та інші. Дослідженням проблем відновлюваних джерел енергії займалися П. П. Борщевський, С. І. Дорогунцов, Б. М. Данилишин, В. С. Міщенко, А. М. Паламарчук, Ю. С. Васильєв, Я. О. Адаменко, Н. М. Москальчук, А. К. Шидловський та інші. Однак в цих роботах подаються загальні напрямки використання нетрадиційних джерел енергії, а питання їх застосування та їх негативного впливу в межах туристичних зон залишається практично не висвітленим.

У світовій науковій спільноті дослідження використання нетрадиційних джерел енергії здійснювались в рамках вивчення збалансованого впливу туризму, зокрема такими вченими, як Evanthe M., Blazevic B., Beer M. Питання негативного впливу туризму на довкілля та джерел енергії висвітили у своїх дослідженнях Prinsloo, F.C., Marunda E., Bergmann E. A.

Постановка завдання. Метою дослідження є розроблення програми моніторингу впливів нетрадиційних джерел енергії у туристичних зонах. Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- виділити основні об'єкти впливу діяльності нетрадиційних джерел енергії;
- розробити систему бальної оцінки чутливості впливу таких об'єктів;
- обґрунтувати і виділити основні етапи розробки системи моніторингу впливу НДЕ на туристичне середовище;
- розробити орієнтовну програму спостережень за впливами НДЕ у туристичних зонах.

Виклад основного матеріалу. Враховуючи енергетичний потенціал Карпатського регіону, доцільним є впровадження таких видів відновлювальних джерел енергії, як вітрові, сонячні електростанції та малі гідроелектростанції. Здійснивши підготовчі дослідження, ми спрогнозували можливі позитивні і негативні впливи діючих НДЕ на довкілля та туристичні зони [1, 2].

Всі нетрадиційні джерела енергії можуть мати позитивний вплив на:

- клімат (скорочення обсягів викидів парникових газів, коли об'єкти НДЕ замінюють традиційні форми);
- соціально-економічну ситуацію (додаткові можливості працевлаштування і підвищення надійності енергопостачання; розвитку і просування послуг екотуризму, геологічного туризму).

Негативними можуть бути наступні впливи на:

- ландшафти та біорізноманіття (втрати охоронюваних або збережених природних середовищ існування і пов'язаних з ними видів в результаті відведення земель);
- населення і соціально-економічну ситуацію (в результаті переміщення громад або домоволодінь в результаті будівництва об'єктів, доріг або ЛЕП; вплив електромагнітних полів у випадку близького розташування помешкань відносно ЛЕП);
- геологію та ґрунт (у втраті можливості використання земель для інших господарських цілей, включаючи землі вздовж ЛЕП);
- об'єкти культурної спадщини (у втраті або/та ушкодженні ресурсів культурної спадщини внаслідок фізичного розташування об'єктів і споруд, включаючи об'єкти допоміжної інфраструктури у вигляді ЛЕП; у зміні в контексті фізичного оточення об'єктів історичної

спадщини через фізичну присутність об'єктів розвитку відновлювальної енергетики і пов'язані з ними інфраструктури).

Вітроелектростанції можуть мати позитивний вплив на соціально-економічну ситуацію у можливості одночасного використання землі для сільського господарства та виробництва електроенергії.

Негативним вплив може бути на:

- ландшафти і біорізноманіття (у ризиках загибелі птахів від зіткнення з лопастями турбін; у впливах великих турбін на мальовничість місцевості);
- населення (зокрема на етнічні меншини в місцях їхньої помітної присутності; аварійні випадки на виробництві за участю працівників, пов'язані з роботою на висоті).

Малі гідроелектростанції негативно можуть впливати на:

- геологію і ґрунт (у зростанні ризику активізації зсувних процесів у зсувонебезпечних районах);
- поверхневі води (у зміні обсягу і якості річкового стоку у нижніх створах, а також зміни в режимах паводків на прилеглих ділянках річкових басейнів; на стан мігруючих представників водної фауни і водних екосистем).

Сонячні фото-гальванічні електростанції негативно можуть впливати на:

- на геологію та ґрунт (у разі потреби у відведенні земельних ділянок значної площі для потреб станцій, що призведе до скорочення площ наявних земель з цінними ґрунтами і може обумовити зменшення продуктивності с/г);
- на населення і соціально-економічну ситуацію (у впливах на етнічні меншини в місцях їхньої значної присутності).

Підсумовуючи вище викладене, об'єктами впливу діяльності НДЕ будуть:

- клімат (якість повітря, запах);
- поверхневі та підземні води (їх ресурси, якість води, режими паводків);
- геологія та ґрунти (зсувонебезпечні зони, особливо цінні ґрунти, забруднені землі);
- ландшафти та біорізноманіття (охоронні ландшафти, зони охорони біорізноманіття, водні екосистеми, залишки природних екосистем без охоронного статусу, адаптовані екосистеми без охоронного статусу);
- населення і соціально-економічна ситуація (демографія, здоров'я населення, зайнятість населення, доходи населення, галузі економіки, інфраструктура, туристичні та екологічні блага);
- культурна спадщина (об'єкти всесвітньої спадщини під охороною ЮНЕСКО і об'єкти з попереднього списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО, зареєстровані об'єкти культурної спадщини, невідомі та незареєстровані об'єкти культурної спадщини, об'єкти нематеріальної культурної спадщини).

Щодо туристичних зон, то важливе значення будуть мати базові показники кількості туристів, історико-культурних та природних об'єктів, закладів розміщення та харчування, рекреаційного навантаження та рекреаційної місткості в Україні та туристичному Карпатському регіоні зокрема. Так, відповідно до даних Державної служби статистики України у 2017 році Карпатський регіон відвідали 283 452 туристи, а з урахуванням екскурсантів цей показник зростає в рази. Щодо рекреаційного потенціалу Карпатського регіону, то загальна кількість природо-заповідних та історико-культурних об'єктів у Львівській області становить 901, у Івано-Франківській – 220, Чернівецькій – 201 та Закарпатській – 187. Щодо показника розвитку туризму, то найбільш забезпеченою туристичною інфраструктурою є Івано-Франківська область. Кількість закладів розміщення та харчування у цій області становить 1763, а у Львівській області – 1106, Закарпатській – 744, Чернівецькій – 317. Проведені розрахунки показали, що рекреаційна місткість території Карпатського регіону в літній період становить 20660,3 тис. осіб, а в зимовий – приблизно 13018,8 тис. осіб. Івано-Франківська область, а особливо її популярні Верховинський район та Яремчанська міська рада, має найвищу рекреаційну місткість [3].

Будь-які результати повинні бути закріплені додатковим детальним аналізом щодо окремих проектів.

Критерії для визначення впливів на туристичне середовище стосується природи впливів, пов'язаних з кожним сценарієм розвитку відновлювальної енергетики. В процесі визначення природи цих впливів слід враховувати наступні фактори:

- вірогідність, тривалість, частота та зворотність впливів;

- можливість виникнення кумулятивних впливів з урахуванням майбутніх базових умов та інших проектів;
- можливість виникнення транскордонних впливів;
- ризики для здоров'я населення і навколишнього середовища (наприклад, аварії);
- сила і просторове охоплення впливів (географічна область, чисельність населення, які можуть зазнати впливу);
- цінність і вразливість району, який може зазнати впливу з наступних причин: особливі природні умови або об'єкти культурної спадщини, перевищення стандартів якості навколишнього середовища або нормативних рівнів їх впливу, інтенсивне землекористування, впливи на райони або ландшафти, які мають визнаний охоронний статус, встановлений на національному чи міжнародному рівні.

Для моніторингу будуть важливі визначені існуючі умови стану навколишнього середовища і майбутні без врахування НДЕ, порівняння з умовами при будівництві і експлуатації для визначення тенденцій можливих змін [4, 5]. Етапи розробки системи моніторингу впливу НДЕ на туристичне середовище представлені на рисунку.

1. *Визначення існуючих і майбутніх базових умов району, який може зазнати впливу.* Спрогнозувати імовірні впливи в цих умовах за відсутності запропонованої діяльності.

2. *Визначення цінності, вразливості і чутливості об'єктів впливу.* Цінність об'єкту впливу (висока або низька) визначається з урахуванням його географічного масштабу, рідкісності, значущості з точки зору біорізноманіття, соціальних або економічних міркувань, та режиму правового захисту. Вразливість об'єкту впливу (висока, середня, низька або нульова/відсутня) визначається, виходячи з імовірності того, що цей об'єкт зазнаватиме впливу, а також з урахуванням витривалості та стійкості об'єкту щодо певного виду впливу. Чутливість об'єкту впливу визначається як висока, середня, низька або нульова/відсутня з урахуванням цінності та чутливості об'єкту впливу.



Рис. Етапи розробки системи моніторингу впливу НДЕ на туристичне середовище

Враховуючи цінність і вразливість об'єктів впливу з точки зору туристичного використання в туризмі, можна визначити їх чутливість до впливу НДЕ. Для кожного зі сценаріїв розвитку вона буде різною (табл. 1). Використаємо бальну шкалу оцінки чутливості об'єктів : низька – 1 бал, середня – 2 бали, висока – 3 бали.

Таблиця 1

Бальна оцінка чутливості об'єктів до впливу НДЕ

Об'єкти впливу	Вітрові станції	Малі ГЕС	Сонячні ФГС
Клімат – якість повітря	2	2	2
Поверхневі та підземні води – ресурс поверхневих вод – якість поверхневих вод – режими паводків – ресурс підземних вод – якість підземних вод	2 2 2 2 2	3 2 3 2 2	2 2 2 2 2
Геологія і ґрунти – зсувонебезпечні зони – особливо цінні ґрунти	1 2	2 2	1 2
Ландшафти та біорізноманіття – охоронні ландшафти – зони охорони біорізноманіття – водні екосистеми – залишки природних екосистем без охоронного статусу – адаптовані екосистеми без охоронного статусу	3 3 2 3 1	3 3 3 3 1	3 3 2 3 1
Населення і соціально-економічна система – здоров'я населення – інфраструктура – туристичні і екологічні блага	2 2 1	2 2 2	2 2 1
Культурна спадщина – об'єкти всесвітньої спадщини ЮНЕСКО і об'єкти з попереднього списку	3	3	3
Сумарний бал	35	40	35

3. Визначення видів впливів, яких зазнаватимуть об'єкти впливу при кожному альтернативному варіанті. А також програма моніторингу впливу НДЕ у туристичних зонах (таблиця 2). Виділяємо наступні критерії оцінювання: покращення стану загальних показників (+1 бал), без змін (0 балів), погіршення стану загальних показників (-1 бал).

Загальний вплив визначається сумуванням оцінок за критеріями по всіх показниках.

4. Визначення того, чи є кожен з впливів безпосереднім або опосередкованим, далекосяжним, кумулятивним або викликаним подальшим розвитком.

5. Визначення ступеня ймовірності виникнення впливу (висока – більше 90%, середня – 50-90%, низька – 10-50%, дуже низька – менше 10%).

6. Визначення стадії виникнення впливу (будівництво, експлуатація або виведення з експлуатації), тривалості впливу (тривалий – більше 10 років на періоді експлуатації і виводу з експлуатації, середньотривалий – 3-10 років на періоді експлуатації, короткотривалий – 1-3 роки на періоді будівництва, дуже короткотривалий – менше 1 року на періоді будівництва) і частоти впливу.

7. Визначення незворотності/зворотності та/або тимчасовості/постійності впливу.

8. Визначення інтенсивності впливу. Інтенсивність впливу визначається як відсоткова частка об'єкту впливу, яка зазнає дії впливу, і класифікується як висока, середня, низька або дуже низька. У тому випадку, коли у зв'язку з тим чи іншим ресурсним сценарієм не прогнозувалось жодного впливу, така ситуація визначалась як «відсутність змін». Принципи визначення ступенів інтенсивності впливу:

- висока – змін зазнає більше 90% об'єктів впливу;
- середня – змін зазнає більше 50-90% об'єктів впливу;

- низька – змін зазнає більше 10-50% об'єктів впливу;
- дуже низька – змін зазнає менше 10% об'єктів впливу або відсутня.

Таблиця 2

Орієнтовна програма спостережень за впливами НДЕ у туристичних зонах

Об'єкти спостереження	Вид НДЕ	Показники	Системність спостереження
Клімат	всі	– якість повітря – запах	2 рази в рік (квітень, жовтень)
Поверхневі та підземні води	малі ГЕС	– ресурс (водопостачання і водозабезпечення) – якість – режими паводків	2 рази на рік (квітень, жовтень)
Геологія та ґрунти	всі	– наявність зсувонебезпечних зон (площа) – стан особливо цінних ґрунтів – наявність забруднених земель (площа)	2 рази на рік (квітень, жовтень)
Ландшафти та біорізноманіття	всі	– стан охоронних ландшафтів – зони охорони біорізноманіття – водні екосистеми – залишки природних екосистем без охоронного статусу – адаптовані екосистеми без охоронного статусу	2 рази на рік (квітень, жовтень)
Населення та соціально-економічна ситуація	всі	– демографія (к-ть вікового складу населення) – здоров'я населення – зайнятість населення – доходи населення – галузі економіки – інфраструктура, – туристичні та екологічні блага	1 раз на рік (січень – дані за попередній рік)
Культурна спадщина	всі	– об'єкти всесвітньої спадщини ЮНЕСКО і об'єкти з попереднього списку – зареєстровані об'єкти культурної спадщини – невідомі та незареєстровані об'єкти культурної спадщини – об'єкти нематеріальної культурної спадщини	1 раз на рік (січень – дані за попередній рік)

9. *Визначення просторового охоплення впливу і того, чи є він транскордонним.* Для характеристики територіального масштабу впливу можуть використовуватись такі категорії: локальний – зосереджена в радіусі <1 км від джерела впливу, обласний, регіональний, національний і міжнародний.

10. *Визначення того, чи є вплив позитивним або негативним.*

11. *Формулювання припущень, обмежень і факторів невизначеності, пов'язаних з оцінкою.*

Серед них:

- неоднорідність просторового охоплення, впливу і якості доступних даних;
- інформація щодо певних видів і середовища існування флори і фауни;
- можливість неузгодження даних.

12. *Використання всієї згаданої вище інформації для системи моніторингу впливу НДЕ.*

Також при розробці стратегічних принципів управління туристичними зонами слід врахувати окремі умови до стану для кожного з компонентів рекреаційного середовища в межах функціонування НДЕ, які повинні бути досягнуті.

Для клімату і якості повітря:

- зменшити викиди або має бути наявний прогрес до зменшення забруднення повітря;
- звести до мінімуму впливу на якість повітря.

Для поверхневих та підземних вод:

– звести до мінімуму негативний вплив на рибне господарство, якість водних ресурсів, рекреаційного водокористування і інші види господарської діяльності, пов'язані з рекреаційним використанням рік та озер;

– уникнути негативних впливів на стан поверхневих та підземних вод рекреаційного значення.

Для геологічних умов та стан ґрунтів:

- уникнути негативного впливу на стан ґрунтів;
- звести до мінімуму негативні впливи на стан земельних ресурсів і об'єктів інфраструктури внаслідок ерозійних і зсувних процесів на поверхні схилів;
- звести до мінімального ризику потенційної активізації антропогенних забруднювачів на стадії будівництва;
- звести до мінімуму ризик вилучення особливо цінних ґрунтів (чорноземів) з продуктового господарського обороту.

Для ландшафтів та біорізноманіття:

- звести до мінімуму ризику потенційного впливу на природний стан і естетичну цінність ландшафтів;
- уникнути негативного впливу на природоохоронні об'єкти міжнародного значення;
- уникнути негативних впливів на природоохоронні об'єкти національного значення;
- звести до мінімуму негативний вплив на цінні середовища існування і види рослин і тварин.

Для населення і соціально-економічної ситуації:

- звести до мінімальної діяльності з примусового економічного або фізичного переміщення чи переселення людей;
- звести до мінімального негативні впливи на здоров'я і благополуччя населення;
- створити безпосередні або опосередковані умови для зайнятості громадян;
- звести до мінімального ризику потенційні негативні впливи на функціонуючий традиційний туризм, екотуризм, мисливство та інші допоміжні галузі туристично-рекреаційного розвитку;
- звести до мінімуму негативні впливи на існуючі види землекористування (сільське і лісове господарство);
- звести до мінімуму негативні впливи на важливі об'єкти і елементи інфраструктури.

Для культурної спадщини:

- уникати негативних впливів на стан об'єктів світової і національної культурної спадщини;
- звести до мінімального негативного впливу на можливі невідомі об'єкти культурної спадщини;
- звести до мінімуму негативні впливи на об'єкти нематеріальної культурної спадщини.

Отже, нехтування проблем екологічної безпеки туристичних зон може призвести до погіршення її атрактивності для туристів та ускладнити екологічні проблеми територій розвитку туризму.

Висновки. Отже, при розробці системи моніторингу нетрадиційних джерел енергії (НДЕ) необхідно враховувати впливи в екологічному, соціальному, економічному напрямках та в позитивних чи негативних наслідках. Головним критерієм вибору території для туризму є екологічна безпека, але слід враховувати соціально-економічну ситуацію в цій місцевості. Основними об'єктами впливу діяльності нетрадиційних джерел енергії є клімат, поверхневі та підземні води, геологія та ґрунти, ландшафти та біорізноманіття, населення і соціально-економічна ситуація, культурна спадщина.

Основними етапами розробки системи моніторингу впливу НДЕ на туристичне середовище є визначення: існуючих і майбутніх базових умов району, який може зазнати впливу; цінності, вразливості і чутливості об'єктів впливу; видів впливів, яких зазнаватимуть об'єкти впливу при кожному альтернативному варіанті; визначення того, чи є кожен з впливів безпосереднім або опосередкованим, далекосяжним, кумулятивним або викликаним подальшим розвитком; визначення ступеня ймовірності виникнення впливу; стадії виникнення впливу, тривалості і частоти впливу; незворотності/зворотності та/або тимчасовості/постійності впливу; інтенсивності впливу; просторового охоплення впливу і того, чи є він транскордонним; визначення того, чи є вплив позитивним або негативним; формулювання припущень, обмежень і факторів невизначеності, пов'язаних з оцінкою.

Література

- 1 Методологія екологічно безпечного використання відновлюваних джерел енергії у сталому туристично-рекреаційному розвитку Карпатського регіону: колективна монографія за ред. Л. М. Архипової / О. М. Мандрик, Л. М. Архипова, М. М. Приходько, Я. О. Адаменко, О. В. Побігун, Н. М. Москальчук, С. В. Качала. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. 298 с.
- 2 Mandryk, O., Arkhypova, L., Pobigun, O., Latsyk, N. (2018), The Establishment of Local Energy Source as the Element of Tourist Infrastructure in Certain Carpathian Regions. *Journal of New Technologies in Environmental Science*. Kielce University of Technology, No. 2, Vol. 2, pp. 98-106.
- 3 Мурава Ю. І. Стан розвитку туризму Карпатського регіону та його рекреаційна місткість. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: наук. журн. Івано-Франків. нац. техн. ун-ту нафти і газу. Івано-Франківськ, 2015. Вип. 2 (12). С.117–122.
- 4 Програма фінансування альтернативної енергетики в Україні. Стратегічний екологічний аналіз. Екологічний звіт. – Black & Veatch. September 2012, 219 p. [Веб сайт]. Київ. 2017. URL. - <http://www.uself.com.ua/index.php?id=33&L=1> (дата звернення 25.12.2017 р.)
- 5 Olena Volodymyrivna Pobigun, Iuliia Ihorivna Iuras. Analysis of observations on therenewable energy sources effectsin tourist reas / Actual problems of renewable powerengineering, construction and environmental engineering. Book of abstracts. III International Scientific-Technical Conference/ 7-9 February 2019, Kielce (Poland, Ukraine, Croatia, Slovakia). Under the general editorship Prof. doctor of science Anatoliy Pavlenko. - Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 2019. - p.28.

O. Pobihun

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

IMPACT MONITORING SYSTEM OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN TOURIST ZONES

When developing a monitoring system of alternative energy sources (AES) in tourist zones the environmental, social, economic and positive or negative impacts should be taken into account. The implementation of such types of renewable energy sources as wind, solar and small hydro power plants is reasonable. The possible positive and negative environmental impacts of existing AES are forecasted. The main criterion for choosing the territory for tourism is environmental security, but it is necessary to take into account the socio-economic situation in the area, the satisfaction with life of local residents, etc., as they have an indirect impact on the development of tourism and recreation in the region. The main objects affected by the operation of alternative energy sources are identified: climate, surface water and groundwater, geology and soils, landscapes and biodiversity, population and socio-economic situation, cultural heritage. The factors that should be taken into account in determining the impacts associated with each scenario of renewable energy development are defined.

The main stages of developing the impact monitoring system of AES on the tourist environment are proposed. These include defining: the present and future baseline conditions of the affected area; values, vulnerabilities and sensitivities of the affected objects (a point scale of sensitivity assessment); impact types that the affected object will be subjected to by each alternative (a score criteria evaluation, impact monitoring program); determining whether each impact is direct or indirect, far-reaching, cumulative, or caused by further development; determining the level of impact probability; stages of impact development (construction, operation or decommissioning), impact duration and frequency; irreversibility/reversibility and/or temporality/permanence of impact; impact intensity; spatial coverage of impact and its cross-border nature; determining whether the impact is positive or negative; the formulation of assumptions, restrictions and uncertainty factors associated with the evaluation; using all of the above mentioned information for the impact monitoring system of AES.

Key words: alternative energy sources, monitoring, impact, tourist area.

References

- 1 Metodolohiia ekolohichno bezpechnoho vykorystannia vidnovliuvanykh dzherel enerhii u stalomu turystychno-rekreatsiinomu rozvytku Karpatskoho rehionu: kolektyvna monohrafiia za red. L. M. Arkhypovoi / O. M. Mandryk, L. M. Arkhypova, M. M. Prykhodko, Ya. O. Adamenko, O. V. Pobihun, N. M. Moskalchuk, S. V. Kachala. Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 2018. 298 s.

2 Mandryk, O., Arkhypova, L., Pobigun, O., Latsyk, N. (2018), The Establishment of Local Energy Source as the Element of Tourist Infrastructure in Certain Carpathian Regions. Journal of New Technologies in Environmental Science. Kielce University of Technology, No. 2, Vol. 2, pp. 98-106.

3 Murava Yu. I. Stan rozvytku turyzmu Karpatskoho rehionu ta yoho rekreatsiina mistkist. Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia: nauk. zhurn. Ivano-Frankiv. nats. tekhn. un-tu nafty i hazu. Ivano-Frankivsk, 2015. Vyp. 2 (12). S.117–122.

4 Prohrama finansuvannia alternatyvnoi enerhetyky v Ukraini. Stratehichniy ekolohichnyi analiz. Ekolohichnyi zvit. – Black & Veatch. September 2012, 219 p. [Veb sait]. Kyiv. 2017. URL. - <http://www.uself.com.ua/index.php?id=33&L=1> (data zvernennia 25.12.2017 r.)

5 Olena Volodymyrivna Pobigun, Iuliia Ihorivna Iuras. Analysis of observations on the renewable energy sources effects in tourist areas / Actual problems of renewable power engineering, construction and environmental engineering. Book of abstracts. III International Scientific-Technical Conference/ 7-9 February 2019, Kielce (Poland, Ukraine, Croatia, Slovakia). Under the general editorship Prof. doctor of science Anatoliy Pavlenko. - Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 2019. - p.28.

Надійшла до редакції 06 листопада 2019 р.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

УДК 551. 4+ 477. 86

DOI: 10.31471/2415-3184-2019-2(20)-136-159

¹О. М. Адаменко, ¹Д. О. Зорін, ²Т. П. Белз¹Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу²Парк історії Землі та Людини

ПАРК ІСТОРІЇ ЗЕМЛІ ТА ЛЮДИНИ – НОВИЙ ЕКОЛОГО-ТУРИСТИЧНИЙ ЦЕНТР НА ПРИКАРПАТТІ

Розвиток туристично-рекреаційної індустрії вимагає включення у її сферу не тільки нових територій з цікавими для туристів ландшафтами, а й нових змістовних тематик, розширення пізнавального діапазону у різних галузях соціально-економічної діяльності. На Прикарпатті до відомого Парку льодовикового періоду у с. Старуні приєднується новий еколого-туристичний об'єкт – Парк історії Землі та Людини біля с. Підгір'я Богородчанського району Івано-Франківської області. Тут, на ділянці у 6 га, створюється експозиція із скульптур, стендів, макетів, білбордів, натурних та комп'ютерних моделей, яка наглядно, науково обгрунтовано ілюструє розвиток Землі на тлі виникнення 13,7 млрд років тому Всесвіту в результаті Великого вибуху, створення галактик, Сонячної системи з планетами, їх супутниками, астероїдами, метеоритами, кометами, у тому числі і Землі 4,567 млрд років тому. Далі висвітлюються головні етапи розвитку нашої планети, яка пройшла чотири еони – гадейський (4,567-4,0 млрд років тому), архейський (4,0-2,0), протерозойський (2,0-0,56) і фанерозойський (560 млн років тому-сьогодення). В останньому еоні детально розглянута геологічна історія палеозойської (560-252 млн років тому) ери з кембрійським, ордовіцьким, силурійським, девонським, кам'яновугільним і пермським періодами, мезозойської (252-65) ери з тріасовим, юрським та крейдяним періодами, кайнозойської (65-сьогодення) ери з палеогеновим, неогеновим і четвертинним періодами.

Велика увага приділена опису зовнішнього вигляду та способу життя екзотичних мешканців Землі – прокаріот, археоціат, трилобітів, динозаврів, гіпаріонів, мамонтів, носорогів та ін., детально висвітлена історія появи та розвитку давньої людини – від австралопітека, людини вмілої, прямоходячої, пітекантропа, неандертальця до кроманьйонця – сучасної людини.

Ключові слова: планета, астероїди, комети, Земля, еони, ери, періоди, прокаріоти, фауна, флора, динозаври, мамонти, давні люди.

Актуальність створення Парку історії Землі та Людини (скороченно ГеоХомоПарк - GeoHomoPark) на площі 6 га біля с. Підгір'я Богородчанського району Івано-Франківської області обумовлена необхідністю розширення вікового діапазону геологічної історії Землі, якою цікавиться населення від дошкільнят, школярів та студентів – до фахівців найрізноманітніших професій, від природознавців та захисників природи – до туристів та небайдужих людей до свого рідного краю. Після широкої пропаганди Парку Льодовикового періоду, що почалась після 2005 р., коли його проект вперше запропонував професор Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) О. М. Адаменко [21] і до сьогодні, коли цей проект нарешті розпочав реалізовуватись, завдяки гранту Міністерства культури України, який виграли Старунська сільська рада та Асоціація сільських, селищних рад та об'єднаних громад України. Назва еколого-культурного гранту «ТаПіарАрт-раут «малі міста – великі враження».

Але події Парку Льодовикового періоду охоплюють тільки пізній плейстоцен та голоцен (від 150 тис. років до 10 тис. років тому), коли в районі с. Старуна жили волохаті носороги, мамонти та мисливці на них – кроманьйонці. Відвідувачів же цікавить значно більший інтервал геологічної історії Землі – від народження Всесвіту (13,7 млрд років тому), появи нашої галактики Чумацький

Шлях, Сонячної системи, планети Земля (4,567 млрд років тому), її супутника Місяця і вся історія нашої планети та життя на ній. Це – бактерії прокаріоти, що виникли в океанах 4 млрд років тому, безскелетні найпростіші організми, корали, мушлі, перші рослини і, нарешті, динозаври, а потім мамонти, носороги і давні люди – австралопітеки, *Homo habilis*, *Homo erectus*, пітекантропи, неандертальці та кроманьйонці – сучасні люди.

І щоб задовольнити велику зацікавленість до історії Землі та Людини, знайшлися небайдужі підприємці – відповідні інвестори, які і почали створювати GeoHomoPark у Підгір'ї (рис. 1, 2) за науковою консультацією професора О. М. Адаменка, який придумав назву «Парк історії Землі та Людини», та доцента Д. О. Зоріна.

GeoHomoPark створюється на ділянці, під якою немає, як у Старуні, якихось палеонтологічних об'єктів чи геологічних феноменів, тому в історії досліджень ми розглядаємо не вивченість конкретної території біля с. Підгір'я, а концептуально-методологічний огляд історико-геологічних підходів до реконструкції давніх подій – формування ландшафтів, фауни і флори, а також історії розвитку наших предків – давніх людей.

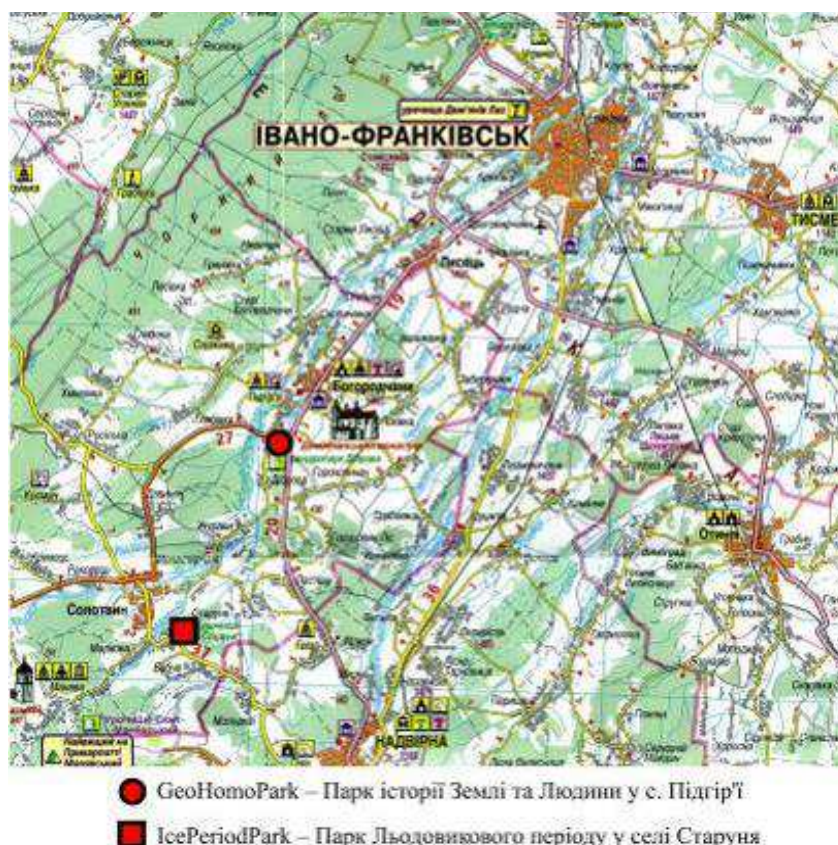


Рис. 1. Оглядова карта розміщення нових еколого – туристичних центрів на Прикарпатті



Рис. 2. Парадний вхід у Парк історії Землі та Людини біля с. Підгір'я

З історико-геологічних досліджень. Більше двох століть тому Фрайберзька академія у Саксонії (нині ФРН) переживала свій зоряний час: з усіх цивілізованих країн туди збирались молоді талановиті люди, щоб послухати лекції професора Абраама Готліба Вернера. Він викладав науку, про яку до нього ніхто не говорив. Предметом її були мінерали, гірські породи, земна кора, її склад і походження, характер залягання і ті зміни, які відбуваються на Землі. Тоді цю науку називали геогнозія, а вже пізніше – геологія. Вернер – батько геології: він дав їй струнку систему і міцну основу, розробив першу класифікацію мінералів і гірських порід.

Але за сто років до А. Г.Вернера норвезький вчений М.П.Ешольт придумав у 1657 р. термін «геологія». Цікаво, що вже тоді, у XVII столітті, Стенон (Стено) сформулював один із самих фундаментальних законів про вікові співвідношення шаруватих гірських порід, на якому і тепер ґрунтується стратиграфія (рис. 3).

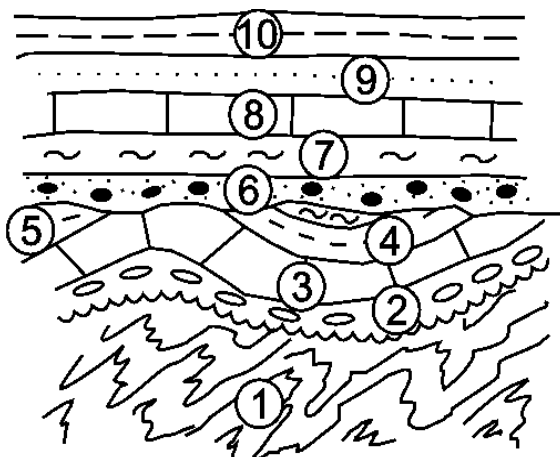


Рис. 3. Послідовність відкладення і деформації шарів осадових порід від древніх (1) до молодих (10) – ілюстрація закону Стено

Наукову основу геології створив у 30^{ті} роки XIX ст. шотландський учений Чарлз Лайєль (1797-1875) – вчитель Чарлза Дарвіна, теж геолога, до речі. Лайєль у своїй праці «Основи геології» (1830-1833) запропонував принцип актуалізму: вивчаючи сучасні процеси, можна реконструювати події минулих геологічних епох. Цей принцип не змінився до наших днів, хоча, безперечно, треба вводити певну корекцію, коли ми переносимо сучасні процеси в геологічне минуле.

У 1862 р. Б. Котта спробував зберегти обидва терміни: «... геогнозія повинна досліджувати...сучасний стан внутрішньої будови земної кори, а геологія – пояснювати нам утворення такого стану» [1].

Ще до Ч. Лайєля Гетто попереджав, що в «економії світу» (в природі) він не знайшов ознак початку і кінця. Тобто походження (початок) того, що ми спостерігаємо, не завжди розкривається однозначно, тому що не вистачає фактів. Отже, опис явищ, які ми спостерігаємо в природі, є досить складним процесом, значно труднішим, ніж їх пояснення. Чи не тому сучасні геологи стараються ухилитись від першого, а займатись теоріями. Адже перше вимагає і більшого досвіду, і інтелекту, і працездатності!

І вже на початку XX ст. М. Неймайр у своїй «Історії Землі» (1902) [13] розставив нарешті усі, як кажуть, крапки над «і»: «Сучасне природознавство вже не має винятково описового характеру – найважливішим предметом його досліджень є питання про походження тіл. Воно з'ясовує не тільки, якими вони є, а й якими були». Ще пізніше І. В. Мушкетов у 1924р. більш широко розкрив цю тему: «Геологія хоча в прямому значенні цього слова і є взагалі наукою про Землю, але найважливіша її задача полягає у вивченні будови Землі і історії тих змін, які вона пережила у різні епохи свого існування» [1]. Те ж саме ми знаходимо в Е. Ога (1932) і у більш пізніх виданнях книг С. Н. Бубнова (1948), Г. П. Горшкова і А. Ф. Якушової (1973), В. І. Серпухова (1975), А. Алісона і Д. Палмера (1984), Ю. О. Косигина (1988), Д. В. Налівкіна (1989), В. Ю. Хаїна (1991), С. С. Шульца (1993), М. О. Флоренсова (1995), Г. Ф. Уфимцева (1998) і багатьох інших. Правда, слід звернути увагу на зауваження А. Алісона і Д. Палмера: «З роками стає очевидним, що безперервно змінюється не тільки Земля, яку ми вивчаємо, а й сама геологія – наука, що постійно змінюється» [16]. А деякі дослідники, як, наприклад, Д. Ферхуген, Ф. Тернер і Л. Вейс (1974), дійшли до того, що вважають «...значну частину геології плодом уяви» [1]. Звичайно, ж це їх особиста точка зору, але вона є в сучасній науці.

Головну особливість геології як науки і виробничої діяльності пояснив Д. Томсон (1970): «Одні науки, такі як фізика, астрономія чи генетика, можуть широко використовувати математику, при чому не тільки для обробки спостережень, а й для теоретичного аналізу. В ботаніці ж, наприклад, математичні методи принесли мало користі та й не могли багато дати. Одні науки, такі, як фізика і фізіологія, часто використовують експеримент, а ось в астрономії і геології експеримент майже неможливий, і досліднику, який не може змінити стан досліджуваних об'єктів, залишається задовольнятися тільки спостереженнями» [2]. Хоча в геології широко використовується математичне моделювання, але на нього накладаються певні обмеження, щоб зберегти принцип подібності, масштаб часу і пропорції об'єктів.

Іноді «красиві» гіпотези або прискорюють, або зупиняють на певний період розвиток науки. Так, добре відомий приклад з історії геології: більше ста років тому О. П. Карпінський емоційно говорив про те, що у нас тепер є контракційна теорія Е.Зюсса, яка пояснює все! За сто наступних років з'явилося ще кілька пояснюючих «все» гіпотез: після Зюсса прийшли ідеї Вегенера про «плаваючі материки», його змінили фіксисты, які вважають, що все стоїть на місті, а за ними – знову мобілісти з сучасною тектонікою літосферних плит. Остання те ж не є незаперечною інстанцією: спочатку було тільки 5-6 плит, а зараз їх вже більше сотні. Не виключено, що апологети цієї гіпотези її ж і похоронять!

Отже, геологія створила безліч гіпотез і теорій, які то народжувались, то змінювались більш обґрунтованими. А чи є в геології закони? Однозначної відповіді теж немає. З одного боку, є – відомий вже нам закон Стено про визначення віку шаруватих гірських порід (див. рис. 3), або закони кристалографії (закон Роме-Делілля про постійність кутів, закон про переважність на поверхні кристалів граней, що мають найщільніші комірки, закони про двійників, закон Є. С. Фьодорова про 230 просторових кристалічних форм та ін). До законів відносяться також надбання біостратиграфії та палеонтології: закон Сміта про зміну комплексів викопної фауни в розрізі в певній послідовності, закон необерненості еволюції фауністичних комплексів, закон пересікаючих контактів про те, що гірська порода, що пересікає іншу, молодша від неї та інші. До геологічних законів тяжіє геоморфологічний або географічний закон (правило) Бера-Бабіне: ріки на рівнинах Північної півкулі підмивають західні береги, що пояснюється їх відхиленням під впливом сил Коріоліса, тому що Земна куля обертається навколо своєї вісі з заходу на схід. Якщо ж ми спостерігаємо відхилення від цього закону, то це можна пояснити неотектонічними рухами, які можуть відхилити ріку в іншому, «незаконному» напрямку.

А з іншого боку, такі галузі геології, як тектоніка або геодинаміка, що претендують на роль вершини геологічного мислення, по суті виявляються «беззаконними» науками про Землю, незважаючи на те, що відомі тектоністи завжди надають своїм гіпотезам ранги теорій і навіть законів.

І все ж таки є в геології головний закон – закон побудови надр – це геологічна карта. Вона уособлює в собі геологічну структуру досліджуваної території, об'єднує дані усіх геологічних наук – стратиграфії, палеонтології, структурної геології, тектоніки, геохімії, гідрогеології, металогенії, вчення про корисні копалини і т.д. Якщо ми об'єктивно і обґрунтовано складемо геологічну карту, то ми знайдемо на ній багато відповідей про будову надр, яка є закономірною. А стосовно гіпотез скажемо так: вони змінюються, як і Земля, що вічно розвивається. Головне – не потрібно перекладати відповідальність за наші постійні змінні погляди на ... Землю.

Виклад основного матеріалу. Більшість сучасних космологів вважають, що Всесвіт почав своє існування 13,7 мільярдів років тому, в результаті вибуху надзвичайно малого, гарячого і дуже щільного тіла. Фактично, це був гігантський прискорювач елементарних частинок. На це наштовхнуло відкриття у 1929 р. Едвіном Хабблом процесу розширення Всесвіту: більшість галактик віддаляється від Чумацького Шляху, їх відстань від нього є пропорційною. Якщо галактика розташована в два рази далі від Чумацького Шляху, то і швидкість її у два рази більша і т.д. Кожній галактиці необхідний однаковий час, щоб добратись від точки відліку до точки, де вона зараз знаходиться. Якщо прокрутити час назад, то приблизно 13,7 мільярдів років усі галактики знаходились в одному місці в один і той самий час. З появи теорії Великого вибуху у Всесвіті з'явилося минуле, сучасне і майбутнє. Таким чином ідея Фоми Аквінського в XIII столітті про створення Всесвіту несподівано, через сім століть, знайшла наукову підтримку. В результаті протягом 13,7 мільярдів років відстань між будь-якими двома галактиками збільшилась у багато разів. Галактики не втікають від Чумацького шляху, а розбігаються одна від одної [8, 12, 14, 17].

Матерія Всесвіту була народжена із енергії порожнини. Зразу після Великого вибуху, тобто через 10^{-43} секунди, розігрітий до 10^{32} градуса Всесвіт був заключний у сферу діаметром 0,001 см. Що було до цього – ніхто не знає. На початку вибуху не було ні атомів, ні зірок, ні галактик. Але у маленькій кулі кипіла гігантська енергія.

Космічний годинник відлікував 10^{-32} секунди. Завдяки розширенню Всесвіт стає менш щільним і менш гарячим. З'являються перші елементарні частинки: кварки, електрони і нейтрино, які змішуються з фотонами світла (квантами). Одночасно з матерією з'являється і антиматерія, які постійно взаємодіють. Якби частинок і античастинок було б порівну, то відбулась би аннігіляція і Всесвіт загинув. Але, на щастя, в природі переважає матерія, а не антиматерія: на кожний мільярд античастинок, які вийдуть із порожнини (пустоти), приходить один мільярд плюс одна частинка.

У міру охолодження Всесвіту і зменшення його щільності виникають усе більш складні і складні структури. Коли космічний годинник пробив 10^{-6} секунди, Всесвіт був уже такий великий, як Сонячна система і мав температуру 10 000 мільярдів градусів. Спочатку кварки об'єднуються по троє, щоб дати початок протонам і нейтронам. А через 3 хвилини ці двоє об'єднуються, щоб дати початок ядрам водню (один протон) і гелію (два протони і два нейтрони) [15].

Перші 300 000 років не відбувається ніяких значних подій. Всесвіт охолодився до 10 000 градусів. Електромагнітна сила будує атомну матерію. Кожний протон об'єднується з електроном і виникає атом водню, а ядро гелію об'єднується з двома електронами, щоб утворити один атом гелію. Фотони, що народились в цей час, утворили реліктове випромінювання. Гравітація ущільнює матерію і з'являються оазиси тепла – галактики, але в них ще досить низький рівень щільності: тільки один атом водню на кубічний сантиметр, що в мільйон мільярдів разів менше, чим у нашому земному повітрі. Кількість матерії поступово збільшується і всередині галактик з'являються зірки. Вони народжуються, живуть і вмирають. З них бере початок і наша історія. Ми є ніщо інше, як зоряний пил.

Перші зірки з'явилися на другому мільярдів років Всесвіту. В галактичному ембріоні газові кулі ущільнюються, з'являється велика кількість енергії і в галактиках спалахують сотні мільярдів зірок.

Сонце народилось 4,6 мільярда років тому в результаті колапса однієї з туманностей Чумацького Шляху. Газова поверхня Сонця розігріта до 6000°C і складається з гігантських газових сот-гранул діаметром в тисячі кілометрів. Ці гранули зникають і знову з'являються через кожні кілька хвилин. На сонячному диску є багато темних плям, відкритих ще Галілеєм. Вони виглядають темними, бо в них температура на 2000°C нижче. Іноді такі плями спалахують і викидають протуберанці, що викликають у магнітосфері полярні сяйва. Протуберанці – це потоки протонів і електронів, що поєднуються у сонячний вітер – жорстке випромінювання, яке розносять ядра гелію в усі боки від Сонця [8].

Земля захищена від сонячного вітру двома магнітними щитами (90 000 і 14 000 км), де формуються зовнішні і внутрішні радіаційні пояси. Якби не було магнітного захисту, життя на Землі ніколи б не з'явилося. Незважаючи на ці мембрани, нижче від внутрішнього поясу радіація ще на рівні 1000 рентген. Тому космічні апарати літають на висотах 200-300 км, інакше потрібна була б дуже товста оболонка супутників і станцій.

Число сонячних плям змінюється з періодичністю 11 років, що пов'язують з інверсією магнітних полюсів всередині Сонця (північний стає південним і навпаки). Сонячний вітер спричиняє утворення хвостів у комет, які являють собою великі снігові глиби, з включенням каменів. Коли комета наближається до Сонця, її хвіст різко збільшується, бо крижана субстанція випаровується. Щоб вивчити склад комет, американські вчені влітку 2005 року бомбардували одну із комет 300-кілограмовою болванкою з міді. На поверхні комети утворився кратер, були зроблені численні фотографії аж до самого зіткнення, спектральний аналіз вибуху дозволив з'ясувати хімічний склад комети [8].

Коли в ядрі зірки закінчується запас водню, воно перетворюється на ядро з гелію. Зірка стискається, а щільність і температура збільшується. Шар водню навколо гелієвого ядра досягає 10 мільйонів градусів – і починається спалювання водню. Зірку роздуває в 100 разів, і зірка стає червоним гігантом. Але скоро запас водню вичерпується і ядро гелію стискається, а температура в центрі його сягає 100 мільйонів градусів. Починається спалювання гелію. Ядра його об'єднуються по троє, утворюючи ядро вуглецю. Надлишок маси переходить у випромінювання. І так продовжується сотні мільйонів і мільярдів років. Після вуглецю настає черга азоту, потім кисню,

неону, магнію і т. д. Зірки стають космічними печами з виробництва хімічних елементів, необхідних для життя [8].

Земля утворилась 4,567 млрд років тому в результаті акреції (злипання) твердих уламків, бомбардувалась астероїдами і метеоритами, створюючи тисячі кратерів. Із надр виривалась лава, а в середині кипіла магма від тепла радіоактивного розпаду. Поступово охолоджуючись, поверхня Землі поступово покривалась ембріонами материків. Магма всередині Землі створює конвекційні потоки, які починають переміщувати материки – блоки літосфери по астеносфері – розрідженому шару всередині верхньої мантії. Поступово формується земна кора, мантія і ядро Землі. Через активну вулканічну діяльність на поверхню Землі вибиваються гази: водень, метан, аміак, водяна пара, вуглекислий газ. Ця палеоатмосфера в сто раз щільніша, ніж сучасна і близька до венеріанської.

Вода стала основою, в якій виникло життя [17]. Можливо, що воно зародилось у примітивній атмосфері. Ще у 1953 р. американські хіміки Стенлі Міллер і Гарольд Юрей [8] в лабораторних умовах створили штучну палеоатмосферу із аміаку, метану, водяної пари і водню, та діяли на неї іскровими розрядами – «блискавками», які спалахували в грозовому небі 4,6 мільярдів років тому. Через тиждень з'явилися базові молекули життя – амінокислоти. Але далі, до ДНК, справа поки що не пішла. Стало зрозумілим, як усе відбувалось. За сотні мільйонів років амінокислоти подолали багато ступенів. Спочатку їх було біля двадцяти, із тридцяти атомів. Потім вони почали об'єднуватись у ланцюги – протеїни, а останні нарешті створили ДНК – нескінченну подвійну ниточку життя, яка складається з мільйонів атомів. Життя зароджується на Землі – єдиній в Сонячній системі, а може, і в нашій Галактиці. Земля унікальна в тому, що на ній з'явилося життя, а ще унікальна тому, що вершина еволюції – людина почала наносити шкоду екології Землі [8].

Гадейський¹ еон історії Землі (4,567–4,0 млрд років від утворення Землі). Головною подією першого періоду (0-50 млн р.) гадейського еону було народження Місяця від *Потужного удару* планети Теї, що блукала по Сонячній системі у пошуках своєї орбіти, по Земній кулі.

Велика кількість уламків потім об'єдналися у Місяць $d=3219$ км за 24 000 км від Землі (зараз 384 633 км). Він віддалявся від Землі зі швидкістю 3,82 см/рік. Доба на Землі дорівнювала 5 годин. Земля та Місяць були розплавлені. При охолодженні вони затверділи, але відбувалась активна вулканічна діяльність та бомбардування астероїдами і метеоритами. Нині Місяць весь у кратерах, а на Землі збереглися кілька десятків астроблем (зоряних ран), в тому числі і в Україні (Кіровоградська, Дніпропетровська, Черкаська області).

Наступним періодом гадейського еону в історії Землі було формування базальтової кори після охолодження розплавлених Землі та Місяця від удару Теї. Цей період продовжувався від 50 до 100 млн років. Умови були пекельними: сірчані випари вулканів, ріки вогняної лави та беззупинне бомбардування астероїдами і кометами.

Вони відривали від Землі великі шматки породи, і такі метеорити падали на Місяць і можуть бути свідками гадейської історії Землі. Тому експедиції на Місяць необхідно продовжувати.

Отже, через 1000 млн р. після утворення Землі її базальтова поверхня була чорною, розпеченою, «порізаною» розломами та вулканами, тому цей період Роберт М. Гейзен [8] називає *Чорною землею*. Далі цей американський геофізик виділяє період *Блакитної Землі* (від 100 до 200 млн років від початку гадейського еону), тому що на її поверхні переважали океани.

Наступний період гадейського еону історії Землі (від 200 до 500 млн років) називають *Сірою Землею*. Це виплавлення первинної гранітної кори, що «плавала» на базальтовому шарі у вигляді багатокілометрових лінз товщиною у 20-30 км. Із перидотитової мантії до ядра опускалось залізо і трохи нікелю. Ранню стадію утворення гранітів датує циркон із району Джек Гілз (Австралія) у 4 млрд років. Із гранітних островів сформувались перші континенти.

Останній період гадейського еону (4,067-4,0 млрд років) характеризувався активізацією хімічних процесів на мілководдях океанів. Це – період наближення Землі до створення життя – живої матерії, тому його називають *Живою Землею* [8]. Він тільки розпочався у гадейському еоні (десь, приблизно 4,067 млрд років тому), а продовжувався у наступному еоні її історії – архейському.

Архейський еон історії Землі (4,0-2,0 млрд років тому) став продовженням зародження *Живої Землі*. Велику роль стала грати вода, що стала основою, в якій виникло життя.

¹ Назва походить від давньогрецького Бога підземного світу Гадеса (він же Аїд, а у римлян Плутон)

Архейський еон вважали своєрідною геологічною terra incognita, що невідомо коли виникла і не залишила після себе жодних викопних слідів. Тільки в 1956 р. Клер Патерсон [16] визначив вік Землі і метеоритів – 4 550 млн років. Відтоді було виявлено скам'янілості, вирахувано вік порід, розгадано таємницю виникнення Сонячної системи.

Найдавніші кристалічні породи знайдені у Західній Австралії і мають вік 4 400-3 900 млн років, що визначено по циркону.

Найдавніші сліди життя на Землі збереглися у вуглецевмістних рештках метаморфічних порід у Гренландії, що утворилися 3800 млн років тому. Вони виникли понад 4000 млн років тому з живих організмів – ймовірно, водних прокаріотів (бактерій), що поглинали променеву енергію Сонця (рис. 4).

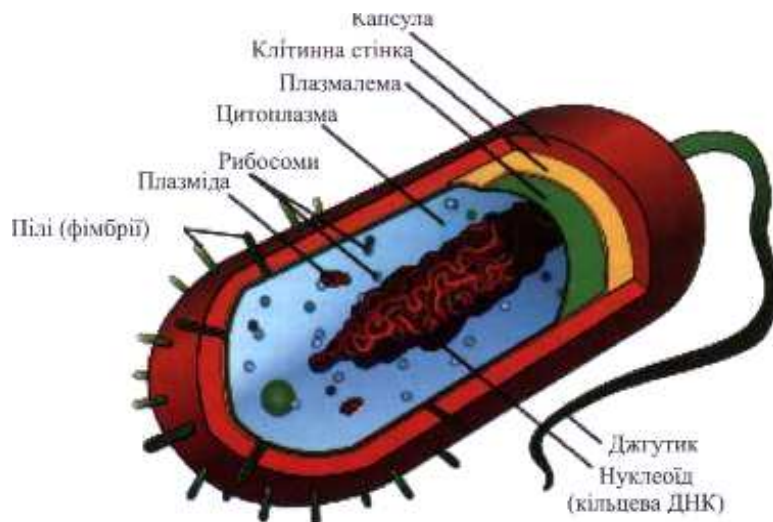


Рис. 4. Будова клітини прокаріота [15]

У клітинах цих одноклітинних організмів немає структур (як-от ядро), котрі мають більш розвинені організми. Невідомо, як ці перші життєві форми пережили руйнівні метеоритні бомбардування: не виключено, що життя зароджувалося двічі або ж його було занесено на Землю з космічними тілами.

Близько 3 460 млн років тому фотосинтезуючі мікроорганізми зросталися на теплих мілководдях у горбки, так звані строматоліти, тим часом як інші мікроорганізми, що поглинали хімічні речовини, виникли з підводних гарячих джерел.

Хімічні викопні свідчать, що перші еукаріоти (організми, клітини яких уже мали ядро) утворилися близько 2 700 млн років тому, хоча вік перших викопних слідів їх існування – 2 200 млн років.

Близько 2 700 млн років тому примітивні фотосинтезуючі організми почали виробляти кисень, який спершу окислював залізо в океанах, потрапляючи в атмосферу лише частково. 2 200 млн років тому рівні кисню не перевищували 1% від нинішніх (сьогодні кисень становить 21% від об'єму атмосфери), а 1 900 млн років тому рівні кисню вже досягли 15% від нинішніх. Мікроорганізми з низьким вмістом кисню пристосовувались до нових умов, зариваючись в осадові породи. Коли рівень кисню досяг 2%, почалося утворення озонового шару, який затримував зовнішнє ультрафіолетове випромінювання, особливо шкідливе для ДНК. Близько 1 900 млн років тому озоновий шар повністю сформувався. У насиченій киснем атмосфері, захищеній озоновим щитом, склались сприятливі умови для бурхливого розвитку нових життєвих форм, і Землю заселили фотосинтезуючі організми.

Отже, можна припустити, що вже в середині архею життя на Землі було представлене різноманітними типами прокаріотів, які почали впливати на її геологічну історію. Розпочата близько 4 млрд років тому діяльність фотосинтезуючих та інших автотрофних прокаріотів мала кілька найважливіших наслідків [14] в історії розвитку нашої планети.

По-перше, це зміна атмосфери Землі. У давнину вона була практично безкисневою. Внаслідок фотосинтезу молекулярний кисень почав виділятися в атмосферу, але швидко зв'язувався з неокисленими компонентами літосфери – залізом та іншими металами. Тому, незважаючи на наявність постійного джерела вільного кисню, біосфера залишалася переважно анаеробною. Живі організми в цей період теж були представлені в основному анаеробами.

Відкладались смугасті залізні руди (так звані джеспіліти), в яких окислене залізо чергувалося з недоокисленим [15]

Для анаеробних організмів підвищення концентрації кисню було катастрофою, оскільки кисень - дуже агресивний елемент, він швидко окислює і руйнує органічні сполуки.

Докази *Великої кисневої катастрофи* геологи знаходять у гірських породах кінця архею. Це округлі гальки піриту та ураніту у давніх руслах – місцях, де у насиченому киснем середовищі такі мінерали зараз швидко окислюються. Про кисневу катастрофу свідчать також найдавніші гірські породи віком 3,5 млрд р. і древніші, які досліджували великі ентузіасти геології та палеоботаніки Нора Нюфке (університет Олд Домініон у місті Норфолк, штат Вірджинія, США), Білл Шопф, Ельзо Барггорн (Гарвардський університет), Стенлі Тайлер, Роджер Самонс, Роберт М. Гейзен (геофізична лабораторія інституту Карнегі, штат Мериленд, США). Вони вивчали найдавніші породи Західної Австралії, Південної Африки, Близького Сходу, Гренландії. Це – чорні сланці Апекс, сланці Ганфрід із штатів Мінесота та Онтаріо, строматоліти, які і зараз живуть у мальовничій віддаленій затоці Шарк (Західна Австралія) та зберігаються як об'єкт світової спадщини ЮНЕСКО [8].

Отже, у кінці архею у процесі вивітрювання земної поверхні під впливом окиснення, залізомісткі граніт і базальт руйнувалися та перетворювалися на цегляно-червоний ґрунт (*Червона Земля*). Два млрд років тому континенти Землі виглядали з Космосу наче червона планета Марс. Контрасту додавали блакитні океани. Лише початок протерозою ознаменувався різким ростом вмісту кисню в атмосфері.

Протерозойський еон історії Землі (2,0–0,56 млрд років тому). Життя на Землі продовжувало урізноманітнюватися в протерозої, про що свідчать еукаріоти (рис. 5) – організми, клітини яких уже мали ядро. Вони широко розповсюдились на рубежі архейського та протерозойського еонів, хоча з'явилися близько 2,7 млрд років тому, тобто ще у археї. Це були планктонні асоціації відкритих вод. Для свого розвитку еукаріоти потребували кисню і дедалі більше конкурували з прокаріотами, деякий час співіснуючи з ними. Примітивні фотосинтезуючі організми почали виробляти кисень, який спершу окислював залізо. 1,9 млрд років тому рівень O_2 вже досягав 15%. Анаеробні мікроорганізми пристосовувались до нових умов. Ще коли рівень кисню досяг 1%, почав утворюватись озоновий шар, який затримував зовнішнє ультрафіолетове випромінювання Сонця, особливо шкідливе для ДНК.

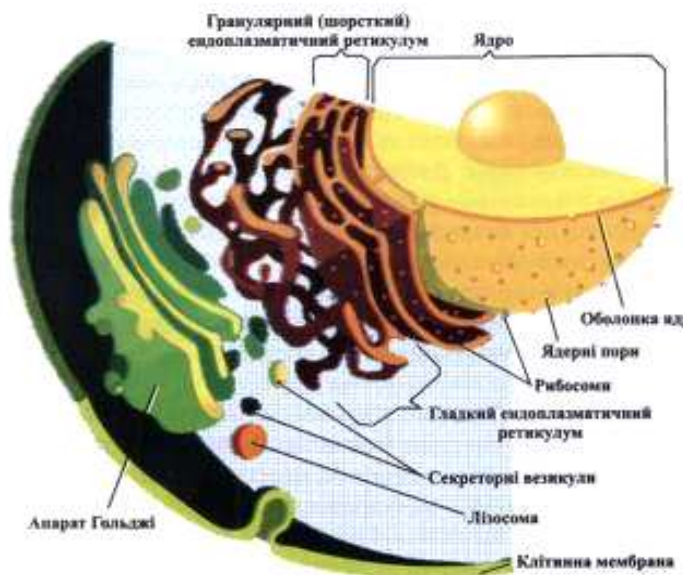


Рис. 5. Будова типової клітини еукаріота [15]

Близько 1,9 млрд років тому озоновий шар сформувався повністю. У насиченій киснем атмосфері, захищеній озоновим щитом, склались сприятливі умови для бурхливого розвитку нових життєвих форм, Землю заселили фотосинтезуючі організми [15, 16].

У другій половині протерозою в морях з'явилися різні групи одноклітинних водоростей і найпростіших. Найперші тварини зароджувались у холодних водах, тому що теплі мілководні басейни, зокрема великі моря, що вкривали континенти в рифеї (кінець протерозою), контролювались архайчною прокаріотною біотою.

Серед тварин переважали кишковопорожнинні і черви, були форми, що нагадували членистоногих. Тварини досягали великих розмірів, деякі - до 1 м, але мали желеподібні чи драглеподібні тіла, що залишили відбитки на м'яких ґрунтах.

Нещодавно група палеонтологів з Університету Каліфорнії на чолі з професором геології Марі Дросер у Південній Австралії виявила рештки найдавнішої тварини, в якій був скелет [15] *Coonacollina acula* і мешкав на Землі близько 560-550 млн років тому (так званого едіакарію). Скелет як біологічна особливість багатьох тварин з'явився не раптово, а став результатом ланцюга подій і розглядається як одне з еволюційних досягнень усіх мешканців того періоду [12].

Протерозойський еон поділяється на палеопротерозой (2,0-1,6 млрд років тому), мезопротерозой (1,6-1,0) та неопротерозой (1,0-0,56 млрд років тому).

У палеопротерозойську еру продовжувалась Велика киснева революція, а *Земля була Червоною*. У мезопротерозойську еру [12, 15], коли активні тектоно-магматичні процеси складко-та гороутворення сприяли кристалізації більшості відомих нині мінералів та нагромадженню у надрах земної кори потужних рудних родовищ свинцю, цинку та срібла у Замбії, Ботсвані, Неваді, Британській Колумбії, Чехії та Підвентній Австралії. Тоді ж з'явилися багаті родовища берилію, бору та урану.

Є свідчення, що у мезопротерозої континенти об'єдналися у єдиний суперконтинент, який через деякий час під впливом активізації руху літосферних плит знову розпався на окремі континенти з ядрами-кратонами.

У неопротерозойську еру на Землі панували льодовики. Цьому сприяло довготривале глобальне похолодання, високі гірські системи та космічні чинники, пов'язані з особливостями орбітальних рухів Землі. Це була ера *Білої або Сніжної Землі* (від 1,0 млрд до 542 млн років тому) [8].

Льодовики залишали після себе характерні гірські породи – тиліти: хаотично змішані пісок, гравій, уламки дрібного каміння та тонкий порошок породи. Характерні також відшліфовані виходи корінних порід, розкидані валуни та пагорбки морен. Такі сліди давніх льодовиків знаходять у Африці, Австралії, Північній Америці. Між 740 та 580 млн років тому проявилось не менше трьох епох зледеніння, коли крига покривала усю Землю від екватора до полюсів. Таке довели своїми кропіткими дослідженнями Пол Гофман (Мерилендський університет) та його колеги з Гарварду. Особливо чіткі сліди зледеніння знайдені на Березі Скелетів у Намібії (12° від екватора) у вигляді потужних тилітів, залягаючих на рівні океану. Тобто, це не гірські льодовики, а покривні рівнинні. Крижана оболонка сягала 1,6 км. Життя було «стерте» з лиця Землі – розпочалась одна із потужних екологічних катастроф.

Але ніяке зледеніння не зможе зупинити тектоніку літосферних плит. Тому їх рух досить швидко, за кілька мільйонів років спричинив новий тектоно-магматичний цикл. Сотні вулканів «проривались» крізь крижаний покрив на поверхню планети, викидаючи мільярди тонн вуглекислого газу. Знову відновився парниковий ефект та Сніжна Земля звільнилась від криги і повернулась до стану Живої Землі. Моделювання цих процесів показало, що вміст CO₂ в атмосфері наприкінці неопротерозою перевищував сучасний у сотні разів.

Отже, різкі коливання клімату в кінці протерозою (цикли «Земля Сніжна, Земля-парник») приводили до кількох епох зростання вмісту кисню – «Друга Велика киснева катастрофа» [8, 12], обумовлена різким зростанням вмісту вуглекислого газу.

Кінець протерозою з різкими глобальними потепліннями нагадує сучасність, коли наша Земля, завдяки і діяльності людства, може вступити у дуже небезпечний період. Потрібно враховувати уроки геологічної історії Землі.

Палеозойська ера (560–252 млн років тому) фанерозойського еону історії Землі (560 млн років – сьогодні). Фанерозойський еон поділяється на палеозойську еру (кембрійський, ордовіцький, силурійський, девонський, кам'яновугільний, пермський періоди), мезозойську еру (тріасовий, юрський, крейдовий періоди) та кайнозойську еру (палеогеновий, неогеновий, четвертинний періоди).

Палеозойська ера та її органічний світ дуже добре висвітлені у працях М. Неймайра [13], Л. Ш. Давиташвили [9], у монографіях С. А. Мороза [12], Г. І. Рудька та О. М. Адаменка [15] та навчальному посібнику Г. О. Жученко та О. Р. Стельмаха [10], тому не має сенсу повторювати те, що давно вже опубліковано. Наведемо лише ілюстрації деяких представників тваринного та рослинного світу палеозою (рис. 6-17).



Рис. 6. Реконструкція морського дна на мілководді пізнього кембрію [24]: трилобіти парадоксид, баїлієлла, соленоплевра, гіоліт і агностус; морські пера, археоціати і плавучі граптоліти (дік- тіонеми) проціджують воду в пошуках їжі; древні брахіоподи (лінгулелла), біллінгселла пропускають воду через свої мушлі, використовуючи їх як фільтр



Рис. 7. Нижньокембрійські археоціати [28]



Рис. 8. Трилобіт *Paradoxides* (середній кембрій, Марокко) [23]

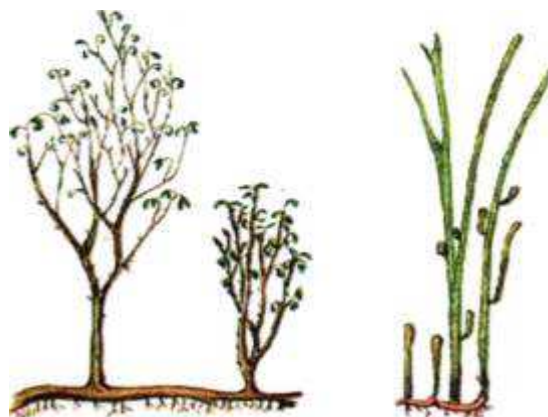


Рис. 9. Перші наземні рослини ордовіка – риніофіти [15]



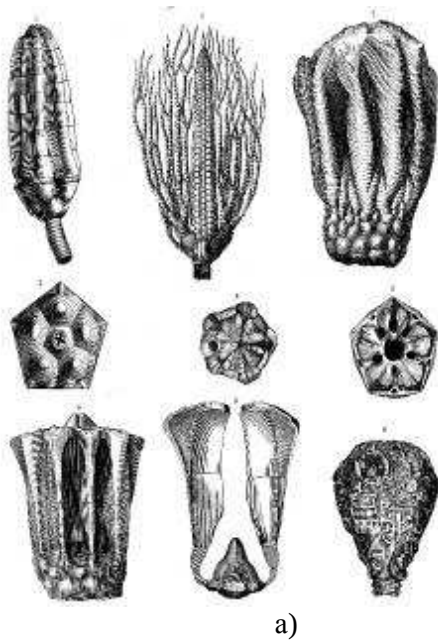
Рис. 10. Відбиток ордовікського ракоскорпіона *Eurypterus remipes* (Барселона, Іспанія) [26]



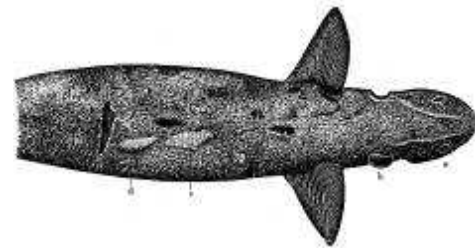
Рис. 11. Силурійське море [12]



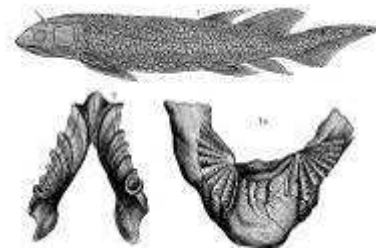
Рис.12. Ранньодевонський ландшафт [12]



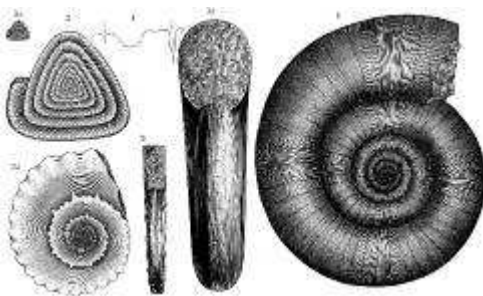
а)



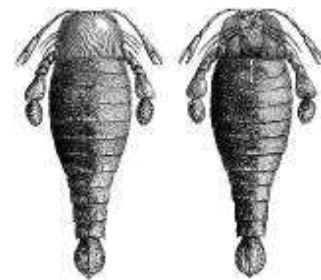
в)



г)



б)



д)

Рис. 13. Девонські морські лілії, амоніти, ракоподібні та перші риби [13]:
а) девонські морські лілії з Ейфеля, Франція; б) клименії із девону Сілезії; в) ганоїдні риби – предки осетрових; г) диптерус – предок акули із червоного пісковика Шотландії, девон;
д) птеріготуси із червоного пісковика Шотландії, девон



Рис. 14. Кам'яновугільний ліс [12]

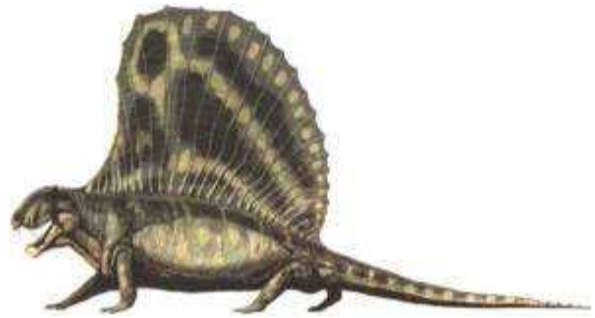


Рис. 15. Пермська рептилія диметродон [22]

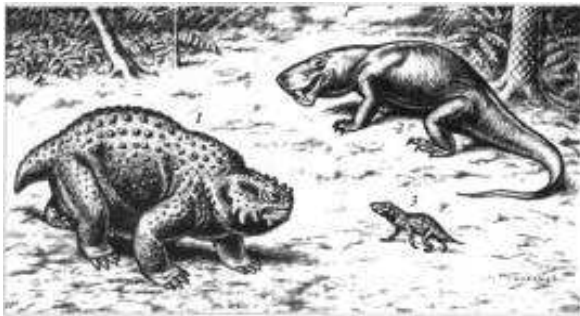


Рис. 16. Плазуни пермського періоду [5]:
скутозавр; іностранцевія; пермоцинодон



Рис. 17. Пермський мезозавр – найдавніший
водний плазун. Південна Африка та Бразилія
[13]

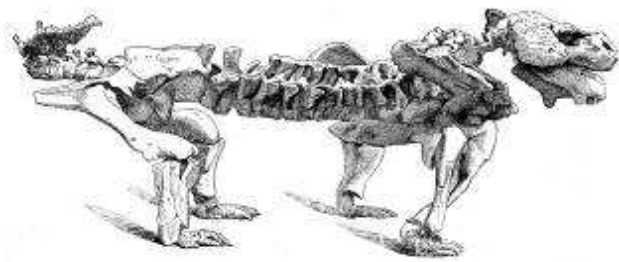
Мезозойська ера (252–65 млн років тому) фанерозойського еону історії Землі. Мезозой слід розглядати як подальший етап інтенсивного розвитку біосферних комплексів. До його складу входять три періода: тріас, юра та крейда.

Їх характеристика детально наведена у тих же літературних джерелах, що і палеозойська історія [9, 10, 12, 13], тому не будемо її переписувати, а лише проілюструємо рисунками 18-25.

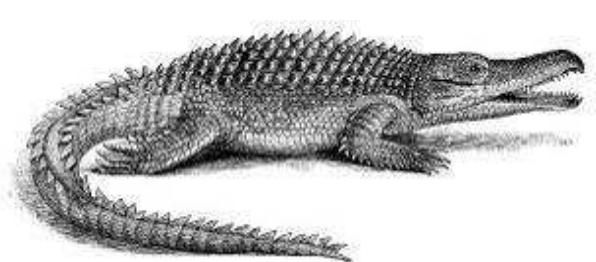
Глобальна екологічна катастрофа – масове вимирання динозаврів та інших видів у кінці крейдяного періоду. Наприкінці крейдяного періоду сталося загадкове масове вимирання видів - зникло близько 40% усіх існуючих у той час родин тварин. У морях і океанах одночасно зникли белемніти, амоніти, пліозаври, плезіозаври, іхтіозаври, мозазаври. На суходолі раптово вимерли всі динозаври, а в небі після закінчення крейдяного періоду не залишилося жодного птерозавра. Вчені вже не одне десятиліття ламають голови над розгадкою таємниці цього масового вимирання. Особливо їх цікавлять причини такого раптового зникнення динозаврів.

Щодо цього існує безліч теорій. Одні вчені вважають, що головною причиною була зміна клімату Землі, спричинена загальним зниженням температури. Інші дотримуються теорії, згідно з якою Земля зіткнулася з гігантським астероїдом, унаслідок чого в повітря піднялася величезна хмара пилу, яка поглинала сонячне світло, необхідне для всіх живих істот. Треті вважають, що ссавці, розмножуючись, поїдали у великій кількості яйця динозаврів. Можливо, найбільші динозаври страждали від зміщення міжхребцевих дисків, спричиненого їх величезною масою. У деяких теоріях всю провину покладають на раптовий грандіозний вибух вулканічної активності або на нескінченні кислотні дощі, які випадали на Землю після її зіткнення з астероїдом. Слід зазначити, що практично всі гіпотези не позбавлені логіки і пошуки науково обґрунтованих доказів тієї чи іншої з них – сьогодні доволі актуальне питання.

Основною гіпотезою вимирання динозаврів є зіткнення Землі з гігантським астероїдом, внаслідок чого різко змінилися температурні умови планети, умови потрапляння сонячного світла тощо.



а)



б)

Рис. 18. Тріасові крокодили та перші динозаври [13]: а) початок царювання динозаврів: Парелязаурус із тріасу Капської землі; б) перші тріасові крокодили Belodon із Штутгарта



Рис. 19. Летючий ящер рамфоринг із пізньоярських відкладів Баварії [25]

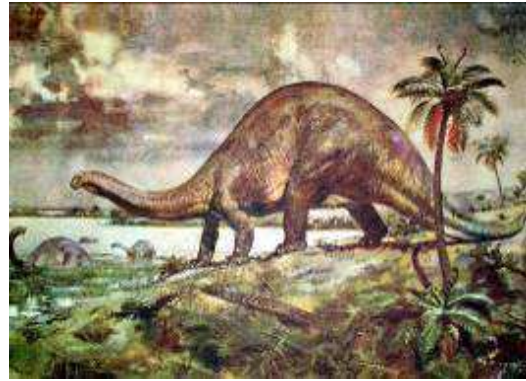


Рис. 20. Пізньоярський бронтозавр. Американський музей історії природи у Нью-Йорку [26]



Рис. 21. Пізньоярський ящер диплодок. Штат Вайомінг, США [27]



Рис. 22. Пізньокрейдові птеранодони та тилозаври. Штат Канзас, США [29]



Рис. 23. Рогатий ящер моноклон. Пізня крейда. Із району Ред Дір Рівер, штат Альберта, Канада [29]



Рис. 24. Пізньокрейдовий ящер коритозавр. Північна Америка [27]

Історія динозаврів мезозойської ери

Динозаври царювали на Землі більше 160 мільйонів років, починаючи з тріасового періоду і до кінця крейдяного. Сьогодні вчені можуть відтворити зовнішній вигляд цих тварин, їх спосіб життя і звички, але на безліч питань поки так і не дали відповіді. Як з'явилися динозаври? Чому вони зникли? Хоча ці ящери пропали з лиця нашої планети майже 65 мільйонів років тому, історія динозаврів, їх виникнення, життя і раптова загибель представляє безперечний інтерес для дослідників.



Рис. 25. Пізньокрейдові траходон та тиранозавр. Штат Монтана, США. Американський музей історії природи у Нью-Йорк [29]

Динозаврами прийнято називати єдину групу плазунів. Ця назва відноситься лише до тих з них, які жили в мезозойську еру. Якщо перекладати з грецької мови, термін «динозавр» означає "жахливий" або "страшний ящір". Цю назву ввів британський дослідник Річард Оуен в 1842 році. Так він запропонував називати перші виявлені скам'янілі останки стародавніх ящерів, щоб підкреслити їх небувалий розмір і велич.

Історія динозаврів починається з тріасового періоду. Однак найбільше поширення вони отримали в крейдяному.

Ще задовго до виникнення динозаврів на планеті жили рептилії. Вони були схожі на звичних сучасній людині ящірок тим, що лапи у них перебували з боків тіла. Але коли почалося глобальне потепління (300 млн років тому), серед них стався еволюційний вибух. Всі групи рептилій почали активно розвиватися. Так з'явився архозавр – він відрізнявся від своїх попередників тим, що його лапи розташовувалися вже під корпусом. Імовірно, саме до нього і відноситься виникнення динозаврів. Порівняємо динозаврів трьох періодів мезозойської ери.

Динозаври тріасового періоду. Вже на самому початку тріасового періоду з'явилося багато нових видів ящерів. Вважається, що вони вже рухалися на двох ногах, тому що їх передні лапи були коротшими і набагато менш розвиненими, ніж задні. Цим вони відрізнялися від своїх попередників. Історія виникнення динозаврів каже, що одним з перших видів був ставрікозавр. Він проживав приблизно 230 млн років тому там, де зараз розташовується Бразилія.

На ранніх еволюційних етапах існувала велика кількість інших рептилій: етозаври, циноданти, орнітозухіди та інші. Тому динозаврам довелося витримати тривале суперництво, перш ніж зайняти свою нішу і домогтися розквіту. Прийнято вважати, що вони придбали панівне становище над усіма іншими мешканцями планети під кінець тріасового періоду. Це пов'язується з масштабним вимиранням тварин, які населяли тоді Землю.

Динозаври юрського періоду. До початку юрського періоду динозаври стали повновладними господарями планети. Вони розселилися по всій поверхні Землі: в горах і рівнинах, болотах і озерах. Історія динозаврів цього періоду відзначена появою і поширенням нових численних видів. Як приклад, можна привести аллозавра, диплодока, стегозавра.

Причому ці ящери найрадикальнішим чином відрізнялися один від одного. Так, вони могли бути абсолютно різного розміру, мати різний спосіб життя. Одні з динозаврів були хижаками, інші – абсолютно нешкідливими травоядними. Цікаво, що саме на юрський період припав розквіт крилатих ящерів – птерозаврів. Величні рептилії царювали не тільки на суші і в небі, але і в морських глибинах.

Динозаври крейдяного періоду. Під час крейдяного періоду кількість і різноманітність динозаврів досягло максимального рівня. З іншого боку, деякі вчені не поділяють точку зору про раптове і значне зростання кількості рептилій. На їхню думку, представники тріасового і юрського періодів є значно менш вивченими, ніж мешканці крейдяного.

У цей час було дуже багато трав'янистих рептилій, що пов'язано з появою на планеті великої кількості нових видів рослин. Однак і хижаків було більш ніж достатньо. Саме до крейдяного періоду належить виникнення такого відомого виду, як тиранозавр. До слова, він виявився, мабуть, одним із найславетніших динозаврів. Найбільш масивний з усіх м'ясоїдних рептилій, він важив до восьми тонн, а висота його могла досягати 12 метрів. Також до крейдового періоду відноситься поява таких відомих видів, як ігуанодон і трицератопс.

Історія динозаврів почала цікавити людей порівняно нещодавно. Їх вивчення почалося лише на початку 19 століття. Багато в чому це пов'язано з тим, що люди не сприймали кістки, що знаходяться в Землі, як сліди динозаврів. Цікаво, що в античності вважали, що це останки героїв часів Троянської війни.

У Середньовіччі і до 19 століття - велетнів, які загинули під час Всесвітнього потопу. Тільки в 1824 році їх вперше ідентифікували як останки гігантських ящерів. У 1842 р. британський вчений Річард Оуен, звернувши увагу на основні відмінні ознаки цих рептилій, вивів їх в окремий підряд і дав їм назву «динозаври». З тих пір відбувалося постійне накопичення знань про них, відкривалися нові види. Історія життя динозаврів набувала все більш повний вигляд. Зараз вивчення цих рептилій триває з ще більшою ретельністю. Сучасні дослідники нараховують майже тисячу різновидів динозаврів.

Світове мистецтво подарувало людям величезну кількість книг і фільмів, присвячених цим ящерам. Наприклад, вони з'являються у творі Артура Конан Дойля «Загублений світ», який було згодом неодноразово екранізовано. На основі творчості Майкла Крайтона зняли знамениту картину «Парк юрського періоду». Історія динозаврів для дітей представлена за допомогою численних мультиплікаційних фільмів і барвистих ілюстрованих книг. З них дитина може познайомитися з цими дивовижними і величними тваринами.

Незважаючи на те що так багато часу пройшло відтоді, як з поверхні Землі зникли останні динозаври, історія походження цих величних ящерів, їх життя і таємниця їх зникнення і зараз хвилюють серця й уми людей. Однак більшість їх загадок, швидше за все, так і залишиться без відповідей.

Палеогеновий (65–23 млн років тому) та неогеновий (23–1,8 млн років тому) періоди кайнозойської ери фанерозойського еону історії Землі також не потребує детального опису, бо він є у вже наведених книгах [9, 10, 12, 13]. Приведемо лише кілька ілюстрацій (рис. 26-31).



Рис. 26. Палеогеновий буровугільний ліс.
На передньому плані – тапір.
Південно-східне узбережжя США [27]



Рис. 27. Еоценовий копитний уїнтатерій [5]

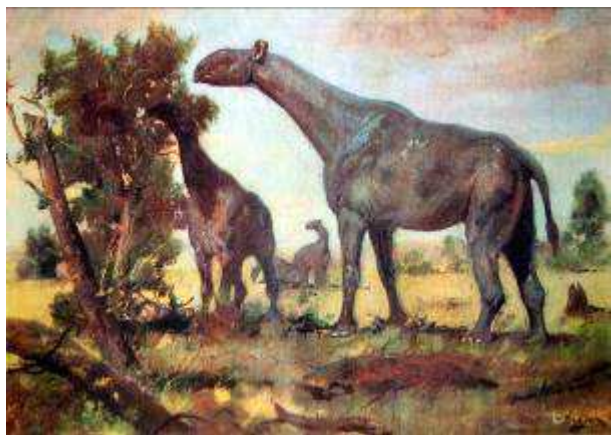


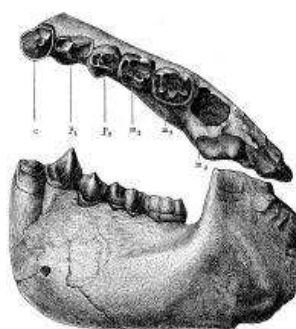
Рис. 28. Олігоценовий безрогий носорог індрикотерій. Казахстан [5]



Рис. 29. Олігоцен-ранньоміоценовий предок коней – мезогіппус. Штат Небраска, США [5]



а)

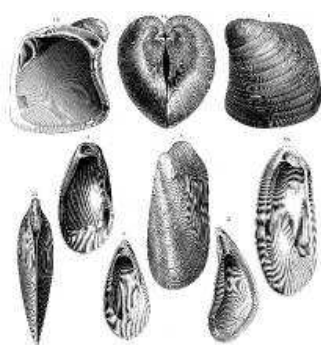


б)

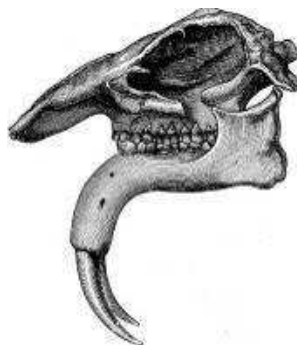


в)

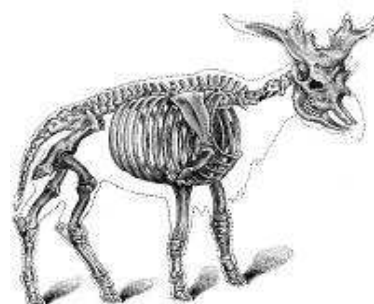
Рис. 30. Міоценові махайродус, дріопітек та мастодонт [13]: а) череп махайродуса із міоцену Південної Америки; б) щелепа дріопітека із міоцену Франції; в) мастодон із міоцену Франції



а)



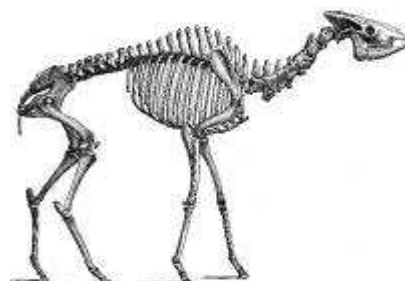
б)



в)



г)



д)

Рис. 31. Пліоценові молюски, дінотерій, хелладотерій та сівитерій [13]:

а) понтичні молюски пліоцену із Аравії; б) дінотерій із пліоцену Майнца, Німеччина;
в) сівитеріум із пліоцену Сівалікських гір Індії; г) таксодон із пліоцену Буенос-Айресу, Аргентина;
д) хелладотеріум – предок жирафа із пліоцену Греції

Четвертинний (квартер, антропоген, льодовиковий) період (1,8 млн років тому – сьогодення) кайнозойської ери фанерозойського еону історії Землі є найкоротшим періодом в історії Землі. Протягом четвертинного періоду на Землі відбулися значні палеогеографічні зміни. Встановлено кілька льодовикових епох і епізодів, кожен з яких був пов'язаний із розвитком великих льодовиків у високих і середніх широтах Північної півкулі. Похолодання приводили до періодичного виникнення в полярних і приполярних областях покривних зледенінь, у помірному поясі - гірських зледенінь і розвитку зволоження в низьких широтах. У періоди потеплінь і в міжльодовикові епохи площі, вкриті льодом, зменшувались, а в низьких широтах посилювалася посушливість (рис. 32).



Рис. 32. Зледеніння Північної Євразії в максимум останнього глобального похолодання (17-21 тис. років тому) [11]: 1 – льодовикові щити з поверхневими лініями стоку і гірсько-покривні комплекси; 2 – пливучі шельфові льодовики та їхні лінії стоку; 3 – посушені континентальні шельфи; 4 – прісноводні басейни; 5 – головні спідвеї; 6 – течія талої води в протоках; 7 – межі басейну великої системи стоку; 8 – акваторії; елементи системи стоку (цифри у кружках): 1 – Новоевксинський басейн; 2 – Хвалинський басейн; 3 – верхньодніпровські озера і спідвеї; 4 – верхньоволзькі озера і спідвеї; 5 – двінсько-печорські озера; 6 – Аральський басейн; 7 – Максієське озеро-море; 8 – Єнісейське озеро; 9 – Ленсько-Вілюйське озеро; 10 – Вітмське озеро; головні спідвеї: М – Маницький, К – Кельтминський; Т – Турганський, У – Удайський, КК – Кас-Кетський, ВТ – Вілюйсько-Тунгуський

Ці епізоди викликали різкі зміни в біогеографічному та екологічному розвитку наземних і морських організмів. Зниження рівня Світового океану й льодовикова ерозія зумовили інтенсивне винесення теригенного матеріалу в глибоководні частини океанських басейнів. Відбувалися значні коливання біопродуктивності океану. Незважаючи на суворість клімату, в четвертинному періоді відсутні явні ознаки криз морської біоти. Умови середовища чинили лише невеликий вплив на планктонну біоту.

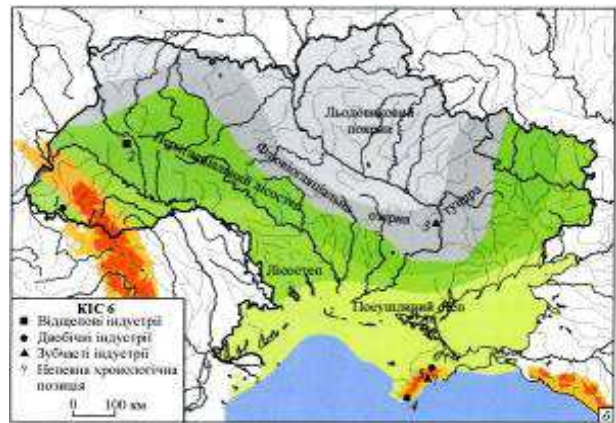
Тваринний і рослинний світ четвертинного періоду був близьким до сучасного. Зміни, які відбувалися у складі й розселенні тварин і рослин, були зумовлені змінами природного середовища. Під час зледенінь холодолюбні види мігрували в бік екватора, а в міжльодовикові періоди – у зворотному напрямку (рис. 33, 34).

Характерною особливістю розвитку флори протягом плейстоцену була неодноразова її зміна, пристосування до похолодань у помірних і субтропічних широтах, що супроводжувалося зубожінням видового й родового складу, зникненням вічнозелених і широколистих форм, розширенням ареалів трав'янистих угруповань.

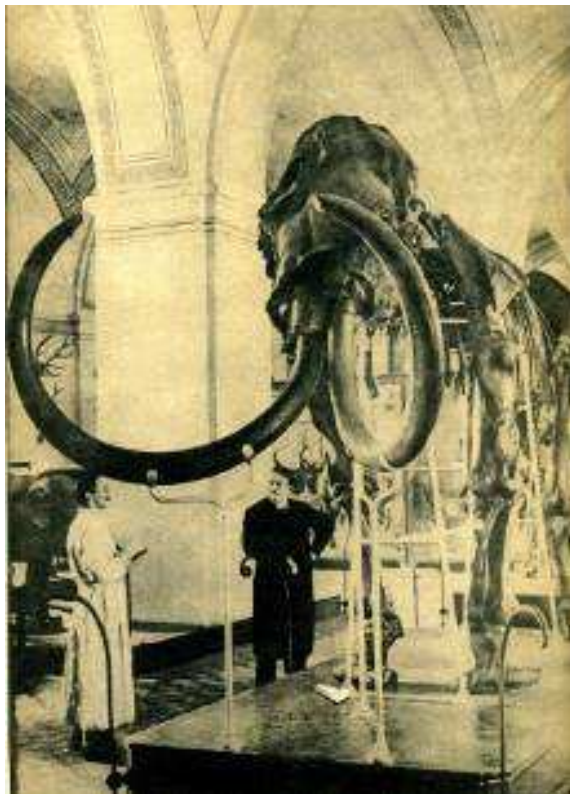
У тваринному світі помітні зміни відбувалися у складі ссавців, особливо хоботних і копитних, які населяли Північну півкулю.



Прилуцький етап рІ (104-74 тис.р.т.)
Рис. 33. Палеоландшафти України
в плейстоцені [8]



Дніпровський етап дп (230-180 тис.р.т.)
Рис. 34. Палеоландшафти України
в плейстоцені [8]



а)



б)

Рис. 35. Зовнішній вигляд мамонтів [4]: а) *Mamuthus p-primigenius*, р. Лена, 1799, Зоологічний музей, С. – Петербург; б) *Mamuthus primegenius* із Старуні, 1907. Природознавчий музей, Львів. Реставрований у 2019 р.

Протягом плейстоцену в результаті багаторазових змін похолодань і потеплінь вимерло багато теплолюбних тварин і з'явилися тварини, які пристосувалися до життя в суворих умовах (мамонти, олені, ведмеді) (рис. 35-37). У голоцені остаточно сформувались сучасні обриси суходолу, мережа водойм, географічні зони. Він розпочався після відступу льодовиків від Європи та Азії на північ.

Першими від них відділилися горили (6-8 млн років тому), а в шимпанзе і людей лишився один спільний предок, який згідно з молекулярним годинником жив 6 млн років тому [19, 20].

З млн років тому ранні родичі людини, ймовірно, були схожі на невеликих – майже 1 м на зріст – двоногих мавп (австралопітекових) з маленьким мозком (рис. 38).

Згодом вони розділилися на дві гілки: великощелепних гомінідів, які живилися рослинами й дрібними тваринами, та дрібнощелепних рослиноїдних і м'ясоїдних з більш розвиненим мозком, які користувалися знаряддями. До останніх належали ранні члени нашого роду – *Номо* [15].

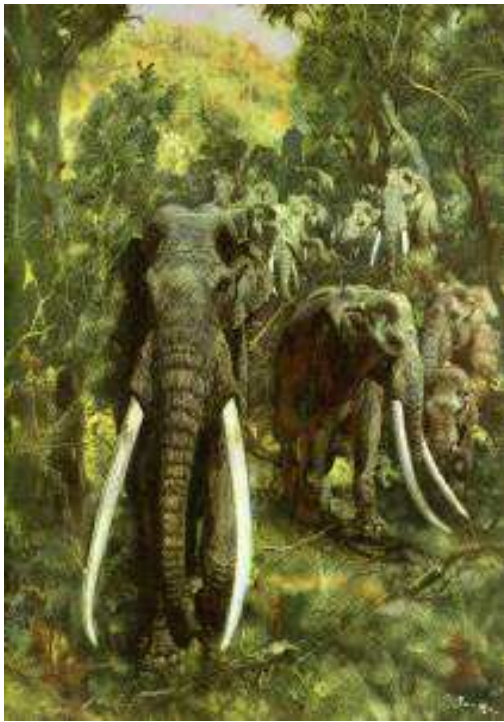


Рис. 36. *Palaeoloxodon antiquus* (мастодонт) [4]



Рис. 37. *Moeritherium* (тапір) – предок усіх вимерлих та існуючих хоботних. Пізній еоцен – ранній олігоцен, Єгипет [4]

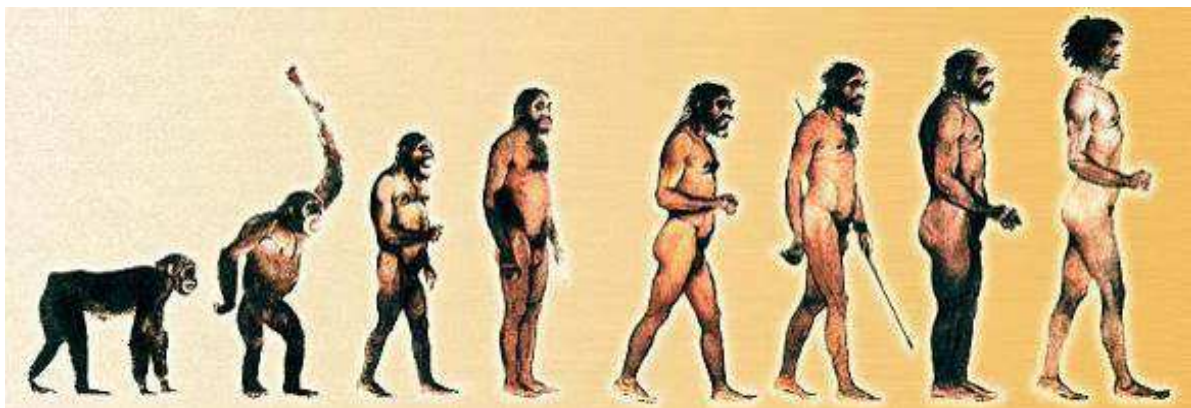


Рис. 38. Ступені еволюції наших предків: примат, що жив у лісах, рамапітек, австралопітек, *Homo habilis*, *Homo erectus*, пітекантроп, *Homo sapiens neanderthalensis*, *Homo sapiens sapiens* (кроманьйонець) [20]

Судячи з викопних людських кісток і знарядь з каменю, наші предки набували властивих людині ознак поступово – протягом принаймні 4 млн років. Головною ознакою людини прийнято вважати пряму ходу, однак австралопітеки звелися на ноги 4 млн років тому. Натомість примітивні знаряддя з'явилися лише 2,6 млн років тому, найімовірніше за часів *Homo habilis*. Втім, не виключено, що ці знаряддя виготовили австралопітеки, адже шимпанзе, як відомо, теж користуються кам'яними знаряддями.

Вперше великий мозок, більший, ніж у мавп, відзначається у *Homo habilis*: його об'єм становив 650 см³. 1,8-1,9 млн років тому ранні предки людини пітекантроп та гейдельбергенець) – *Homo erectus*, вищий і рухливіший, з більшим мозком вперше залишив Африку, а близько 1,6-1,7 млн років тому перебрався до Східної Азії. Неандертальці (*Homo neanderthalensis*) та їхні попередники належали до перших родичів людини [3], чий мозок за об'ємом можна порівняти з мозком сучасних людей (670- 860 см³). Вони заселили Європу та Азію 230 тис. років тому і жили там 100 тис. років. Це були вправні мисливці (рис. 39, 40).

Вкрита льодовиками Європа була головною фізичною і кліматичною перешкодою на шляху людей, тому вони освоїли її лише 40 тис. років тому, а перехід у північно-східному напрямку через Сибір на Аляску виявився ще важчим. 18,0-10,2 тис. років тому за низького рівня моря на місці Берингової протоки існував «міст» суходолу, завдяки чому люди мали змогу перебратися в Америку, а 12,5 тис. років тому вони вже дісталися Чилі. Найостанніше переселення – на острови Тихого океану, включаючи Нову Зеландію, відбулося лише тисячу років тому [19, 20].

Наприкінці останнього льодовикового періоду 12 тис. років тому відбулося глобальне вимирання мегафауни – тварин з великою вагою, у т. ч. мамонтів. З приходом сучасних людей (близько 40 тис. років тому) зникли неандертальці, хоча в Європі вони співіснували з прибульцями близько 10 тис. років. За результатами аналізів ДНК, попри збіг у часі і спільну територію, ці два людських види майже не схрещувалися між собою. Достеменною причиною вимирання мегафауни (зміни клімату або умов довкілля, винищення людьми або все разом) викликає суперечки. Останні дані, здебільшого з Австрало-Азіатського регіону, де кліматичні зміни були зовсім незначні, свідчать, що тварини почали вимирати після приходу людей-мисливців. Винятком є Африка, де сучасні люди досить довго співіснували з великими ссавцями, хоча сьогодні, із зростанням народонаселення, вимирання загрожує і великим африканським тваринам [19].

Людина впливає на стан Землі не тільки полюванням, а й захопленням природних ареалів, що супроводжується глобальним потеплінням. Все це становить серйозну загрозу флорі та фауні Землі й самому людству.

Висновки. Завершивши багатий на події маршрут від виникнення Всесвіту, спалаху нашого Сонця, утворення Землі та її драматичну історію, можна прийти до кількох як теоретичних, так і практичних висновків.

1. Запропонована авторами подорож через віки та континенти хоча і веде нас послідовно від одного еону до іншого, від ери до ери, від періоду до періоду, але вона не є неперервною, тому що містить безліч «пробілів», ще на відкритих і не досліджених природознавцями. Наша подорож пролягла лише тими стежками і в ті часи, які відповідають вивченості скам'янілих решток організмів та вміщуючих гірських порід станом на кінець першого десятиліття XXI століття.

2. Головною тенденцією історії Землі, яка чітко прослідковується через весь її розвиток, є мінливість Землі, постійні зміни ландшафтів, фізико-хімічних процесів на поверхні і в надрах, коливання клімату та ін. Навіть упродовж життя однієї людини ці зміни очевидні. А за мільйони та мільярди років вони розшифровані геологічними утвореннями та скам'янілостями. Усе це попереджає людство про необхідність жити на своїй планеті у гармонії з природою та її змінами.

3. Саме тому важливо знати кожному, що таке Земля, як вона з'явилась на арені Всесвіту, що її змінює і як на ній відбивається наша діяльність. Це і є головним завданням створюваного Парку «Історії Землі та Людини» у мальовничому куточку Прикарпаття. На відносно невеликій площі у 6 га необхідно створити пішохідні туристичні стежки, вздовж яких пропонується відновити геологічні етапи розвитку Землі та людства. Усього буде 30-40 таких «зупинок», де турист, або студент, школяр чи взагалі людина, що цікавиться природою, зможе побачити головні події земної історії, показані на стендах чи білбордах, відображених у скульптурах звірів, макетів минулих ландшафтів та стоянок давніх людей. Тобто Парк повинен стати новим пізнавальним еколого-туристичним центром, а в майбутньому може «Прикарпатським Діснейлендом».

Література

1 Адаменко О. М. Мій дім – Україна. Роман життя, науки і кохання в 4х томах. Том 2 / О. М. Адаменко. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2005. – 336с. + іл.

2 Адаменко О. М. Старуня: Парк Льодовикового періоду /О. М. Адаменко, О. М. Карпаш, Д. О. Зорін, Мацей Котарба, І. В. Мосюк, І. І. Ковбанюк, за ред. Є. І. Крижанівського. – Івано-Франківськ: Голіней О. М., 2017. – 212 с.+204 іл.

3 Аугуста Й. Жизнь древнего человека / Й. Аугуста, З. Буриан. – Прага: Артия, 1961. – 67 с.+52 карт.

4 Аугуста Й. Книга о мамонтах / Й. Аугуста, З. Буриан. – Прага: Артия, 1962. – 54 с.+іл.

5 Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М.С. Гиляров; Редкол.: Баев А.А., Винберг Г.Г., Заварзин Г.А. и др. - 2-е изд., исправл. - М.: Сов. Энциклопедия, 1986. - 864 с.

6 Веклич М. Ф. Проблемы палеоклиматологии / М. Ф. Веклич. – К: Наукова думка, 1987. – 190 с.

- 7 Воейков А. И. Колебание и изменение климата / А. И. Воейков //Избр. сочинения, Т. 3. – М., 1958. – С. 387-411.
- 8 Гейзен Роберт М. Історія Землі. Від зіркового пилу до живої планети/Р. М. Гейзен. – Харків: Клуб сімейного дозвілля, 2019. – 287с.
- 9 Давиташвили Л. Ш. Краткий курс палеонтологии / Л. Ш. Давиташвили. – М.: Госгеоліздат. – 544 с.
- 10 Жученко Г. О. Курс історичної геології з основами палеонтології // Г. О. Жученко, О. Р. Стельмах. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. – 154 с.
- 11 Матвіїшина Ж. М. Просторово-часова кореляція палеогеографічних умов четвертинного періоду на території України / Ж.М. Матвіїшина, Н. П. Герасименко, В.І. Передерій та ін. – К.: Наукова думка, 2010. – 192 с.
- 12 Мороз С. А. Історія біосфери Землі: У 2 кн. Кн. 2: Геолого-палеонтологічний життєпис. Навч. посібник / С. А. Мороз. – К.: Заповіт, 1996. – 422 с.
- 13 Неймайр М. История Земли, том II / М. Неймайр. – С-Петербург: Просвещение, 1902. – 848 с.
- 14 Рудько Г. І. Землелогія. Еколого-ресурсна безпека Землі / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко. – К.: Акадмпрес, 2009. – 512 с.
- 15 Рудько Г. І. Тиск на біосферу: реанімація чи шлях на Марс / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко. – Київ-Чернівці: Букрек, 2014. – 336 с.
- 16 Палмер Д. Земля / За ред. Джеймса Ф. Лера / Д. Палмер. – К.: Енциклопедія, 2005. – 847 с.
- 17 Посохов Е. В. Химическая эволюция гидросферы / Е. В. Посохов. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 286 с.
- 18 Степанчук В. М. Давня людина: палеогеографія та археологія / В. М. Степанчук, Ж. М. Матвіїшина, С. М. Рижов, С. П. Кармазиненко. – Київ: Наукова думка, 2013. – 208 с.
- 19 Харарі Ю. Н. Людина розумна. Історія людства від минулого до майбутнього / Ю. Н. Харарі. – Харків: Клуб сімейного дозвілля, 2018. – 544 с.
- 20 Харенберг Бодо. Хроника человечества / Б. Харенберг, Б. Байер, Р. Дрекехаге и др. – Бельгия: Bropols, 1994. – 1200 с.
- 21 Adamenko, O.M., Krizhanivskiy, E.I., Vekeryk, V.I., Stelmach, O.P., Mis-chenko, L.V., Zorina, N.O., Zorin, D.O. & Ambrozyak, M.V., 2005. A concept of an international «Ice-Age Geopark» as an ecological-tourist center in Starunia former ozokerite mine, fore-Carpathian region, Ukraine. In: Kotarba M.J. (ed.) – Polish and Ukrainian geological studies (2004-2005) at Starunia – the area of discoveries of woolly rhinoceroses. Polish Geological Institute and Society of Research on Environmental Changes «Geosphere», Warszawa-Krakow: 205-209.
- 22 http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diadectes_BW.jpg?usel-ang=ru.
- 23 http://commons.wiki1nedia.org/wiki/Kile:Dimetrodon_gigashomogDB.jpg? uslang ru.
- 24 <http://cpgeosystems.com/paleomaps.html>.
- 25 http://geology.lnu.edu.ua/phis_geo/Intersting%20about%201-prac-tice/About%20practices/Practics_ua/History%20of%20life/Evolu-tion%20Earth/Evolution%20life%20on%20the%20Earth/Cembrii/ Life_02.htm.
- 26 http://www.huffingtonpost.com/2012/02/21/298-million-year-old-forest-unearthed_n_1290578 .html.
- 27 <http://www.lnu.edu.ua>.
- 28 <http://www.naturkundemuseum-berlin.de/en/ausstellungen/saurierwelt/pterodactylus/>
- 29 <http://old.informika.ru/text/database/biology/data/biology53. html>.
- 30 <http://uk.wikipedia.org/wiki/npoKapioTH.http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%B B: Endomembrane system diagram uk. s vg>.

¹O. Adamenko, ¹D. Zorin, ²T. Belz
¹ Ivano-Frankivsk National
 Technical University of Oil and Gas
² Earth and Human History Park

EARTH AND HUMAN HISTORY PARK – A NEW ENVIRONMENTAL AND TOURIST CENTER IN THE PRECARPATHIAN REGION

The development of tourism and recreation industry requires that not only new territories with the landscapes interesting for tourists, but also new information topics, expansion of the educational range in various fields of socio-economic activities. In the Precarpathian region, a famous Ice Age Park in Starunia village will be joined by a new eco-tourist site – Earth and Human History Park, located near Pidhiria village, Bohorodchany region, Ivano-Frankivsk oblast. On the area of 6 hectares, an exhibition of sculptures, stands, models, billboards, natural and computer models is created, that can clearly and scientifically substantiate and illustrate the development of the Earth after the Universe occurred 13.7 billion years ago as a result of the Big Bang, the creation of galaxies, the Solar System with planets, their satellites, asteroids, meteorites, comets, including the Earth 4.567 billion years ago. Then the main stages of our planet's development are shown. The Earth has passed four eons – the Hadean (4.567–4.0 bln years ago), the Archean (4.0–2.0 bln years ago), the Proterozoic (2.0–0.56 bln years ago) and the Phanerozoic (560 mln years ago–till present day). In the last eon, the geological history of the Paleozoic (560–252 mln years ago) era with the Cambrian, Ordovician, Silurian, Devonian, Carboniferous and Permian periods, the Mesozoic (252–65 mln years ago) era with the Triassic, Jurassic and Cretaceous periods, and the Caenozoic (65 mln years ago–till present day) era with the Paleogenic, Neogene and Quaternary periods are described in detail.

Much attention is paid to the description of the appearance and lifestyle of exotic inhabitants of the Earth – Prokaryotes, Archaeocyathi, Trilobites, Dinosaurs, Hipparions, Mammoths, Rhinoceroses, etc. The history of the appearance and development of ancient people – from Australopithecus, Homo Habilis, Homo Erectus, Pithecanthropus, Neanderthal Man to Cro-Magnon Man – Modern Human is shown in detail.

Key words: planet, asteroids, comets, Earth, eons, eras, periods, Prokaryotes, fauna, flora, dinosaurs, mammoths, ancient people.

References

- 1 Adamenko O. M. Mii dim – Ukraina. Roman zhyttia, nauky i kokhannia v 4kh tomakh. Tom 2 / O. M. Adamenko. – Ivano-Frankivsk: Symfoniia forte, 2005. – 336s. + il.
- 2 Adamenko O. M. Starunia: Park Lodovykovoho periodu /O. M. Adamenko, O. M. Karpash, D. O. Zorin, Matsei Kotarba, I. V. Mosiuk, I. I. Kovbaniuk, za red. Ye. I. Kryzhanivskoho. – Ivano-Frankivsk: Holinei O. M., 2017. – 212 s.+204 il.
- 3 Auhusta Y. Zhyzn drevneho cheloveka / Y. Auhusta, Z. Buryan. – Praha: Artyia, 1961. – 67 s.+52 kart.
- 4 Auhusta Y. Knyha o mamontakh / Y. Auhusta, Z. Buryan. – Praha: Artyia, 1962. – 54 s.+il.
- 5 Byolohycheskyi entsyklopedycheskyi slovar / Hl. red. M.S. Hylia-rov; Redkol.: Baev A.A., Vynberh H.H., Zavarzyn H.A. y dr. - 2-e yzd., yspravl. - M.: Sov. Entsyklopedyia, 1986. - 864 s.
- 6 Veklych M. F. Problemy paleoklymatolohyy / M. F. Veklych. – K: Naukova dumka, 1987. – 190 s.
- 7 Voeikov A. Y. Kolebanye y yzmenenye klymata / A. Y. Voeikov // Yzbr. sochyneniya, T. Z. – M., 1958. – S. 387-411.
- 8 Heizen Robert M. Istoriia Zemli. Vid zirkovoho pylu do zhyvoi planety/R. M. Heizen. – Kharkiv: Klub simeinoho dozvillia, 2019. – 287s.
- 9 Davytrashvyly L. Sh. Korotkyi kurs paleontolohyy / L. Sh. Davytrashvyly. – M.: Hosheolyzdat. – 544 s.
- 10 Zhuchenko H. O. Kurs istorichnoi heolohii z osnovamy paleontolohii // H. O. Zhuchenko, O. R. Stelmakh. – Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 2013. – 154 s.
- 11 Matviishyna Zh. M. Prostorovo-chasova koreliatsiia paleohrafich-nykh umov chetvertynnoho periodu na terytorii Ukrainy / Zh.M. Matviishyna, N. P. Herasymenko, V.I. Perederii ta in. – K.: Naukova dumka, 2010. – 192 s.

*Я. С. Коробейникова, О. Д. Мельник
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РЕКРЕАЦІЙНОГО ТУРИЗМУ В КОНТЕКСТІ ЗБАЛАНСОВАНОГО РЕСУРСОКОРИСТУВАННЯ В ГІРСЬКИХ ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ (НА ПРИКЛАДІ ВИТВИЦЬКОЇ ОТГ ІВАНО- ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

У статті розглядаються питання планування місцевого розвитку об'єднаних територіальних громад на основі принципів сталого (збалансованого) розвитку. На сьогодні науковцями визначено особливості планування та реалізації стратегій розвитку об'єднаних територіальних громад, проте наукового обґрунтування напрямків практичної реалізації планів та особливостей розвитку громад на основі сталого ресурсокористування практично немає. Для більшості гірських об'єднаних територіальних громад області туристична галузь, як одна з п'яти державних пріоритетів, є перспективною галуззю економічного розвитку. Тому в рамках їх формування, необхідним є оцінка ресурсної бази соціально-економічного розвитку, в тому числі оцінки туристичного потенціалу. Внаслідок процесу децентралізації в Івано-Франківській області планується сформувати 52 громади, більше 30 на сьогодні сформовані. Спостерігаються значні територіальні розбіжності в розподілі і використанні наявного ресурсного потенціалу громад. На прикладі Витвицької об'єднаної територіальної громади, як найбільш проблемною щодо можливостей ефективного автономного розвитку, розроблені принципи збалансованого природокористування та проаналізовані передумови розвитку рекреаційного туризму. Визначені перспективи розвитку окремих видів рекреаційного туризму, в тому числі і курортно-оздоровчого відпочинку, обґрунтовано можливість використання природних вод з підвищеним вмістом заліза з рекреаційною метою. Виявлено тип деяких джерел як залізисті води (з концентрацією заліза більше 10 мг/м³). У всіх досліджених пробах поверхневих та підземних вод визначено перевищення вмісту заліза від 2 до 4,3 рази. Аналіз більшості зразків вод показав, що третина загального вмісту заліза в зразках мігрує у трьохвалентному стані (Fe³⁺) у вигляді колоїдно-дисперсної фази. Таким чином, більша його частина (біля 66%) переноситься у вигляді двохвалентного заліза (Fe²⁺) з органічними фульво- і гуміновими кислотами. Загалом, це відповідає загальній картині міграції заліза в Карпатському регіоні. Вода з вмістом заліза у двохвалентній формі має цінні лікувальні властивості. Обґрунтовано необхідність визначення рівня кислотно-основного (pH) і окисно-відновного (Eh) відібраних зрізів вод, оскільки велику інформативність при дослідженні природних вод для рекреаційного використання дають значення даних показників. На другому етапі почато дослідження форм міграції заліза для встановлення їх унікальності для медичних і профілактичних заходів.

Ключові слова: об'єднані територіальні громади (ОТГ), збалансоване ресурсокористування, рекреаційний туризм, мінеральні води, залізисті води.

Постановка проблеми. Процес формування ОТГ, який в Україні розпочався з 2015 року, повинен в кінцевому рахунку привести до утворення самодостатніх самоврядних територій зі значними повноваженнями. В умовах децентралізації, бюджетної самостійності місцеві територіальні громади стикаються з викликами, пов'язаними формуванням стратегій розвитку громад та окресленням напрямків соціально-економічного розвитку територій. Актуальним постало питання напрямів соціально-економічного розвитку нових адміністративних утворень для раціонального планування господарського комплексу, враховуючи досвід європейських регіонів.

Згідно з планом адміністративно-територіальної реформи в Івано-Франківській області має бути утворено 52 громади, на сьогодні сформовано більше 30. Гірські об'єднані територіальні громади займають близько 50% території області [1]. Для гірських районів Івано-Франківської області основними галузями господарства є лісове господарство та переробка лісу, туризм, розвиток і розбудова інфраструктури, насамперед транспортної, дорожньої та комунікаційної. Як перспективні розглядаються наукомісткі, екофільні виробництва, що вимагають екологічно чистого середовища; розвиток традиційного гірського сільського господарства; відродження та розвиток традиційних промислів і ремесел. В Україні розвиток гірських територій стримується недостатньо розгалуженою та якісною транспортною інфраструктурою та практично відсутньою комунальною інфраструктурою. Це негативно впливає на конкурентоспроможність цих територій

і знижує їх інвестиційну привабливість, що є основою розвитку будь-якого регіону. З іншого боку, відсутність інфраструктури промислового виробництва дозволяє розвивати галузі, для яких сприятливий екологічний стан території є ресурсною базою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оголошений державою курс на децентралізацію реалізується повільно як з об'єктивних, так і суб'єктивних причин. Сформовані гірські територіальні громади є різними за ресурсним потенціалом та соціально-економічним станом. Гірські ОТГ Івано-Франківської області сьогодні суттєво різняться між собою: села міської ради Яремчі мають задовільну інфраструктуру, багато об'єктів туристичного призначення, що відкривають можливості для місцевої зайнятості, натомість ОТГ, наприклад Верховинського району, - це глибоко депресивна територія з відсутньою чи незадовільною інфраструктурою, переважанням в структурі господарства екстенсивної лісорозробки. Для більшості гірських поселень характерною ознакою є їх невеликий розмір та віддаленість від основних міських центрів, значна частка їх бюджету формується з державних субвенцій. Очевидно, до таких різних територій мають застосовуватись зовсім інші інструменти розвитку [2,3].

В Україні розроблена методологічна основа щодо формування та розвитку місцевих громад [4-8]. Значна кількість методичної літератури присвячена розробці концепцій та стратегій розвитку ОТГ, особливості планування розвитку територій, ряд публікацій присвячені успішним прикладам реалізації окремих проектів за рахунок, головним чином, грантових коштів [9]. Також розроблений алгоритм формування проектних пропозицій щодо розвитку туризму в межах місцевих територіальних громад, який дозволяє упорядкувати та раціонально планувати розвиток туристичного сектору господарства, більш ефективно витратити ресурс для досягнення цілей у межах місцевих територіальних громад [10]. Фінансова самостійність дозволила акумулювати в територіальних громадах більше коштів, які не завжди раціонально використовуються. Наукові публікації останніх років також стосуються особливостей формування місцевих бюджетів та їх розподілу [11-14]. Невирішені проблеми належного функціонування систем життєзабезпечення громад, які не вирішувалися більше тридцяти років, лягли на плечі новоутворених адміністрацій та потребують науково обґрунтованих рішень. Найбільш актуальною проблемою є проблеми поводження з відходами [15]. Органи управління більшості територіальних громад потребують кваліфікованих управлінців у різних галузях, віддалені громади відчувають нестачу кваліфікованих кадрів, які в нових умовах мають стратегічно планувати розвиток громади перспективу з урахування сучасних трендів ефективного ресурсокористування.

Постановка завдання. На сьогодні розглядають дві концепції розвитку гірських територій і покращення якості життя гірського населення: ресурсокористування на основі збереження гірських екосистем в шляхом природоохоронної діяльності як основи для збереження екологічного балансу в регіоні та ощадне до використання природних ресурсів гір ресурсокористування на основі інструментів економічного розвитку [2]. Концепція економічної бездіяльності з метою збереження гірських екосистем в умовах «низького старту» розвитку гірських територій на сьогодні є неможливою, оскільки природокористування стає основою економічного зростання в країнах з перехідною економікою. Тому пошук напрямів економічного розвитку для покращення рівня життя горян та одночасного збереження екосистем, що відповідає принципам сталого розвитку, розглядається єдиною можливою альтернативою природокористування в межах гірських об'єднаних територіальних громад. Науково-практичні завдання наукової спільноти, на наш погляд, полягають в обґрунтуванні перспектив розвитку окремих секторів економіки ОТГ з урахуванням принципів екологічної стійкості та економічної ефективності.

Мета досліджень: обґрунтувати можливість розвитку рекреаційного туризму на основі використання природних вод Витвицької ОТГ в контексті збалансованого ресурсокористування. Об'єкт дослідження – Витвицька об'єднана територіальна громада Івано-Франківської області як цілісна управлінська система в галузі природокористування та розвитку туризму. Предмет дослідження – природні води досліджуваної території як рекреаційний ресурс.

Виклад основного матеріалу. Поступове впровадження європейських підходів до децентралізації влади, розширення повноважень та фінансова незалежність місцевого самоврядування в Україні виявили чітку міжрегіональну диспропорцію у розвитку об'єднаних територіальних громад. Сьогодні залишаються значні територіальні розбіжності в розподілі і використанні наявного потенціалу, доволі значним є рівень концентрації основних економічних ресурсів у межах окремих більш розвинутих регіонах, наприклад, у традиційних туристичних

центрах (Яремче, Татарів, Микуличин), новоутворені за рахунок потужних інвестицій (курорт «Буковель»). Інші гірські території регіону опинилися в особливо несприятливих умовах. Така диспропорція, крім економічних, створює також і екологічні проблеми в межах туристичних дестинацій. Питання диверсифікації туристичних потоків стає актуальним. Туристична галузь, як одна з п'яти державних пріоритетів, є перспективною галуззю економічного розвитку для більшості гірських об'єднаних територіальних громад. Тому в рамках їх формування, необхідним є оцінка ресурсної бази соціально-економічного розвитку, в тому числі оцінки туристичного потенціалу.

Витвицька об'єднана територіальна громада розташована на заході Івано-Франківської області, до неї входять 9 сіл з чисельністю населення близько 6 тис осіб [16]. Географічно – це регіон Карпатського передгір'я та низькогір'я. Територія належить до етнографічного регіону Бойківщини, в селах збережене традиційне ведення господарства. За даними складених паспортів територіальних громад Івано-Франківської області, Витвицька територіальна громада може бути найбільш проблемною щодо можливостей ефективного автономного розвитку та найбільш потребуватиме нових економічних ідей. Постала потреба з цієї точки зору оцінити ресурсний потенціал територіальної громади, в тому числі і туристично-рекреаційний потенціал території. Рекреаційний туризм нами розглядається як форма збалансованого ресурсокористування. Саме даний вид туризму стане складовою частиною вирішення проблеми балансування інтересів зростання якості життя населення громади та збереження їх екосистем.

Рекреаційні можливості Витвицької територіальної громади не вивчені, тому й належним чином їх досі не використовували. На основі аналізу відомих літературних джерел нами сформована база даних туристичних ресурсів (природних, історико-культурних та інфраструктурних) Витвицької територіальної громади (табл.1).

Мінеральні води здавна використовувались як ефективні засоби лікування та профілактики захворювань та є цінним рекреаційним ресурсом. Для багатьох мінеральних вод, враховуючи їхню визначальну роль в механізмі лікувальної дії на організм, їх відносять до певного типу, наприклад, залізіста, яка містить вміст заліза не менше 10 мг/м^3 .

Як відомо, такі води належать до мінеральних вод з цінними рекреаційними характеристиками. Залізо, як хімічний елемент, є необхідним і обов'язковим елементом для функціонування і забезпечення діяльності всіх живих організмів. Жива речовина і надалі активно регулює геохімічну міграцію атомів. Залізо є найбільш важливим для живих організмів перехідним елементом. Залізо відіграло важливу роль в еволюції біосфери. Воно стало основою для утворення дихальних білків та є необхідним компонентом окисно-відновних реакцій. Ймовірно первинний еволюційний відбір заліза відбувся внаслідок значної поширеності його в земній корі. Крім того, важливим фактором є доступність з навколишнього середовища і хімічна придатність. Серед біогенних d-елементів киснення із змінним ступенем окиснення, які є учасниками біологічних окисно-відновних процесів, залізо найбільшою мірою відповідає даній задачі. Так, для розуміння унікальної ролі заліза в біосистемах у цього елемента є характерні для цього ступені окиснення, координаційні числа і геометрія комплексів, окисно-відновні потенціали і ін.

Загальна концентрація та форми сполук заліза, що мігрують на поверхні Землі, залежать від геологічних особливостей водозбірної площі, характеру водообміну і інших природних факторів. Особливістю кругообігу заліза є його надходження у вигляді розчинних солей Fe^{2+} та в комплексах з гуматами. На глибині 50м міститься в середньому до 20 мг/м^3 заліза (Fe^{2+} Fe^{3+}) у вигляді неорганічних і органічних сполук. Сполуки заліза можна зустріти у всіх водоймах. Найчастіше у природних водах воно зустрічається у вигляді йонів Fe^{2+} і Fe^{3+} , а також в органічних і неорганічних сполуках як в органічних комплексах, так і у вигляді колоїдних частинок. В одному досліджуваному зразку води може бути декілька форм заліза. Сукупне залізо є сумарною концентрацією всіх типів заліза, які містяться у воді. Двовалентне залізо найчастіше зустрічається у підземних водах, а в контакт з повітрям переходить у Fe^{3+} . Значна частина розчинного у воді заліза утворилась внаслідок утворення ним сполук з органічними речовинами, такими як гумусові кислоти, таніни. Деякі види бактерій (залізісті бактерії) використовують залізо в метаболічних процесах. Зустрічаються рідко у вигляді драглів, волокон [17].

Стан заліза у поверхневих водах може бути пов'язаний з його комплексоутворенням з органічними і неорганічними лігандами, але в більшості випадків концентрація розчинного заліза зумовлюється комплексоутворенням із органічними комплексонами, зокрема з фульво-гуміновими

кислотами. При цьому фульвокислоти мають більшу комплексотвірну здатність порівняно з гуміновими кислотами. Крім органічних комплексів, залізо може взаємодіяти із завислими у воді частинками (колоїдами), особливо у водах, які формуються у гірській місцевості. Більшу частку становлять тут силікатні сполуки, дещо менше його гідратні і ще менше біогенні форми [18].

Таблиця 1

Туристичні ресурси Витвицької територіальної громади

№	Населений пункт	Природні ресурси	Історико-культурні ресурси	Інфраструктурні ресурси
1.	селище Вигодівка	- р. Свіча - р. Лужанка	-	Санаторій «Перлина Карпат»
2.	с. Витвиця	- р. Лужанка ПЗФ: - Ботанічний заказник "Жидовець" - Комплексна пам'ятка природи місцевого значення «Лисий потік» - "Еталон буково-модринового насадження" - "Еталон модринового насадження" - "Сосна Веймутова" - "Дугласії" - "Еталон ялицевого насадження" - "Довжанка"	- церква св. Івана Богослова - пам'ятник Зеновію Красівському - пам'ятний знак з нагоди 600-річчя з дня заснування села - краєзнавчий музей - пам'ятний знак загиблим воїнам УПА	Кафе «Карпати»
3.	с. Кальна	- заповідне урочище "Кичерка"	- церква Святого Михайла Архистратига	-
4.	с. Розточки	- р. Солотвина - заповідне урочище «Макогінка» - заповідне урочище "Розточанське"	- пам'ятний Хрест «Борцям за волю України» - могила Січовим Стрільцям	
5.	с. Липа	- гора Яворина	- церква Вознесіння Христового - пам'ятник Ярославу Мельнику (Роберту) - пам'ятний хрест Небесній сотні - криївка УПА в ур. Яворина	-
6.	с. Лужки	- р. Лужанка - урочище «Морино»	- церква Святого Михайла Архистратига	-
7.	с. Слобода-Болехівська	- урочище Бовкоти	- церква Богоявлення Господнього	-
8.	с. Станківці	- р. Лужанка	- церква святого Архистратига Михайла - кам'яний Хрест на честь скасування кріпосного права	-
9.	с. Церківна	- ландшафтний заказник «Цапове» - комплекс скель «Церков'янські»	- храм Різдва Пр. Богородиці - церква св. Параскеви	-

Історичні джерела твердять, що у 18 ст. на території села Витвиці діяла домна для виплавки заліза кустарним способом [19]. Ці дані, а також візуальні обстеження деяких джерел, що містили характерні, «ржаві» патьоки, дозволили нам припустити наявність тут вод з підвищеним вмістом заліза. Зважаючи на унікальність залізистих мінеральних вод, які в Україні зустрічаються в Передкарпатті (родовища Східниці та Трускавця), доцільно провести дослідження наявності даних вод в межах Витвицької ОТГ.

Для дослідження здійснено відбір та аналіз проб поверхневих вод, підземних вод з джерел та криниць у селі Витвиця. Результати приведені в табл. 2.

Таблиця 2

Загальний аналіз проб поверхневих та підземних вод в с.Витвиця

Назва показників	Позначення одиниці вимірювання	зразок №1 (криниця 1)	зразок №2 (криниця 2)	зразок №3 (струмок)	зразок №4 (джерело)	Нормативи, (рекомендовані значення повноцінності мінерального складу води)
pH	од.рН	6,23	7.39	7.16	7.34	6.5-8.5
Хлориди	мг/дм ³	7,09	8.86	10.63	7.09	не>350
Лужність	ммоль/дм ³	0,6	2,6	1,8	1,0	0,5-6,5
Сульфати	мг/дм ³	20,57	36,21	45,26	26,75	не<500
Кальцій	мг/дм ³	12,02	44,09	26,05	10,23	25,0-75,0
Магній	мг/дм ³	8,51	9,73	2,43	5,34	10,0-50,0
Жорсткість загальна	ммоль/дм ³	1,3	3,0	1,5	1,0	1,5-7,0
Калій	мг/дм ³	1,8	1,5	2,0	1,3	2,0-20,0
Натрій	мг/дм ³	10,6	17,2	14,9	5.35	2,0-20,0
Амоній солевий	мг/дм ³	<0,1	0,14	0,17	0,23	не>2,0
Нітрити	мг/дм ³	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	не>3,2
Нітрати	мг/дм ³	8,36	1,04	11,4	0,9	не>45
Залізо	мг/дм ³	0,34	0,47	0,25	14,32	не>0,3
Мінералізація загальна	мг/дм ³	100,69	279,69	214,57	348,03	100-1000

Хімічний аналіз вмісту заліза в 3 досліджуваних зразках показав високий його вміст (перевищення значень досягає 4,3 рази). Виходячи з цього, такі води можна віднести до залізистих вод, які є доволі унікальними мінеральними водами для України. Перевищення значень вмісту заліза практично у всіх відібраних пробах свідчать про необхідність детального вивчення вод з метою виявлення наявності лікувальних концентрацій заліза в них. При тривалому нагріванні даних вод на стінках нагрівачів утворюються характерні сполуки тривалентного заліза (типу Fe_2O_3 , FeOOH), які підтверджують наші висновки про високий вміст заліза у досліджуваних зразках природних вод (рис. 1).

Наступним етапом досліджень було визначення форм заліза (Fe^{2+} , Fe^{3+}). Попередній аналіз 3 зразків вод (зразки №1,2,4), що третина загального вмісту заліза в зразках мігрує у трьохвалентному стані (Fe^{3+}) у вигляді колоїдно-дисперсної фази. Таким чином, більша його частина (біля 66%) переноситься у вигляді двохвалентного заліза (Fe^{2+}) з органічними фульво- і гуміновими кислотами. Загалом, це відповідає загальній картині міграції заліза в Карпатському регіоні. Вода з вмістом заліза у двохвалентній формі має цінні лікувальні властивості.

Висновки. Серед викликів, які постали перед місцевим самоврядування в умовах децентралізації, питання використання ресурсного потенціалу для місцевого розвитку є особливо проблемним через відсутність наукового обґрунтування можливостей та розгляду альтернатив різних видів збалансованого ресурсокористування. Ця проблема ще більш ускладнюється в умовах значної диспропорції соціально-економічного стану об'єднаних територіальних громад, особливо в гірських територіях, де ця диспропорція спостерігається протягом десятиліть. В статті обґрунтовано необхідність наукового підходу до планування типів ресурсокористування в межах

об'єднаних територіальних громад. В контексті збалансованого ресурсокористування найбільш важливими є визначення територій, що мають особливу екологічну, рекреаційно-оздоровчу та історико-культурну цінність, встановлення передбачених законодавством обмежень на їх планування та розробка інвестиційних пропозицій щодо розвитку рекреаційно-туристичної сфери, як економічно ефективної та екологічно стійкої галузі господарювання.



Рис. 1 Фрагменти накипу, утвореного на стінках водонагрівача в садибі с. Витвиці

На прикладі Витвицької об'єднаної територіальної громади проаналізовані передумови розвитку туризму, оскільки громада багата на природні ресурси та цікаві історико-культурні пам'ятки, створена база даних туристично-рекреаційних ресурсів громади. Визначені перспективи розвитку окремих видів рекреаційного туризму, в тому числі і рекреаційного відпочинку, обґрунтовано можливість використання природних вод з підвищеним вмістом заліза з рекреаційною метою. Проведені дослідження поверхневих та підземних вод с. Витвиці. Виявлено тип деяких джерел як залізисті води (з концентрацією заліза більше 10 мг/л).

Перспективним, на наш погляд, є початок дослідження форм міграції заліза для встановлення їх унікальності для медичних і профілактичних заходів. Оскільки Івано-Франківська область є туристичним регіоном, в умовах відсутності будь-якого промислового розвитку та бази промислової інфраструктури на території Витвицької територіальної громади, яка є, очевидно, екологічно чистою, пропонується розвивати різні види рекреаційного туризму. Реалізація проектів, пов'язаних з розвитком рекреаційного туризму, забезпечать сталий розвиток територіальної громади.

Література

- 1 Про схвалення Концепції реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні : розпорядження Кабінету Міністрів України від 01.04.2014 р. № 333-р // Офіц. вісн. України. 2014. № 30. С. 8.
- 2 Ткачук А. Про гірські території та можливості їх розвитку / А. Ткачук // Можливості розвитку гірських територій в умовах децентралізації. / А. Ткачук. – К, 2017. – С. 3–10.
- 3 Максименко С. Розвиток гірських територій: концептуальні підходи ЄС. / С.Максименко // Можливості розвитку гірських територій в умовах децентралізації. / С.Максименко – К, 2017. – С. 18–26.
- 4 Ганущак Ю.І. Територіальна організація влади. Стан та напрямки змін / Ю. І. Ганущак. – К. : Легальний статус, 2012. – 348 с.
- 5 Камінська Н.В. Організаційно-правові засади децентралізації публічної влади / Н.В. Камінська // Науковий вісник Національної академії внутрішніх справ. – 2010. – № 4. – С. 9–20.
- 6 Сороковський В.С. Децентралізація в дії: підвищення спроможності громад у наданні послуг: Методичний посібник / [розроблено в рамках Швейцарсько-українського проекту «Підтримка децентралізації в Україні» DESPRO] / – К.: ТОВ РПЦ «Золоті Ворота». – 2009. – 115 с.
- 7 Берданова О. Стратегічне планування місцевого розвитку. Практичний посібник. Швейцарсько-український проект «Підтримка децентралізації в Україні». DESPRO / О. Берданова, В. Вакуленко. – К: ТОВ «Софія-А», 2012. – 88 с.

8 Методологія стратегічного планування розвитку об'єднаних територіальних громад в Україні // Офіційний сайт Проекту Європейського Союзу «Підтримка політики регіонального розвитку в Україні». [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: surdp.eu/uploads/files/SP_OTG_Methodology_UA.pdf. (дата звернення: 20.09.2019)

9 Фатула Р. Децентралізація по-закарпатськи: перші результати об'єднання громад [Електронний ресурс] /Р. Фатула. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://decentralization.gov.ua/region>. (дата звернення: 20.09.2019)

10 Коробейникова Я.С. Алгоритм формування проектних пропозицій туристичного спрямування в територіальних громадах/ Я.С. Коробейникова //Наука і молодь у 21 сторіччі: збірник тез доповідей 4 Міжнародної молодіжної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 30 листопада 2018 р.).- Полтава: ПУЕТ, - 2018.- С. 273 – 275.

11 Бикадорова Н.О. Фінансова децентралізація місцевого самоврядування / Н.О. Бикадорова // Економічний вісник Донбасу. – 2010. – № 2 (20). – С. 145–151.

12 Карчевська І.О. Оцінка фінансової децентралізації місцевих бюджетів України / І.О. Карчевська, О.М. Кравчук // Економічний простір. – 2010. – № 35. – С. 110–118.

13 Крайник О.П. Децентралізація управління фінансовими ресурсами регіону / О.П. Крайник // Ефективність державного управління : зб. наук. праць – Вип. 21. – Львів : ЛРІДУ НАДУ, 2009. — С. 373—378.

14 Молдован О.О. Нова архітектура бюджетної системи України: ризики та можливості для економічного зростання / О.О. Молдован, Я.А. Жаліло, О.В. Шевченко. — К. : НІСД, 2010. — 35 с.

15 Коробейникова Я. С. Проблеми туристичного ресурсокористування в гірських об'єднаних територіальних громадах Івано-Франківської області / Я. С. Коробейникова, Ю. І. Юрас // Екологічна безпека і збалансоване ресурсокористування: Науково-технічний журнал. – 2019. – С. 111–119.

16 Офіційний сайт Долинської районної державної адміністрації [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: gov.if.ua/1/dolynska/ua/. (дата звернення: 20.09.2019)

17 Гопченко Є. Д. Геохімія України / Є. Д. Гопченко, Ж. Р. Шакірзанова. – Одеса: Екологія, 2005. – 347 с.

18 Драйвер Д. Геохимия природных вод / Д. Драйвер. – М: Мир, 1985. – 439 с

19 Історія села Витвиці в документах і спогадах – Стрий, 1992. – 110 с.

Ya. Korobeinykova, O. Melnyk
Ivano-Frankivsk National Technical
University of Oil and Gas

PROSPECTS FOR RECREATIONAL TOURISM DEVELOPMENT IN TERMS OF SUSTAINABLE USE OF RESOURCES IN MOUNTAINOUS UNITED TERRITORIAL COMMUNITIES (THE CASE STUDY OF VYTVYTSKA UNITED TERRITORIAL COMMUNITY IN IVANO-FRANKIVSK OBLAST)

The article deals with the issues of planning local development of united territorial communities based on the principles of sustainable (balanced) development.

For now, scientists have identified the features of planning and implementation of the development strategies of united territorial communities, but there is practically no scientific substantiation of the directions of plans' practical implementation and features of community development based on sustainable use of resources. For most mountainous united territorial communities in the oblast, the tourism industry, as one of the five state priorities, is a promising area of economic development. Thus, as part of their formation, it is necessary to evaluate the resource base of socio-economic development, including the tourism potential assessment. As a result of the decentralization process, 52 communities are planned to be formed in Ivano-Frankivsk oblast, more than 30 communities have been formed so far. There are significant territorial differences in the distribution and utilization of the available resource potential of communities. Using Vytvytska United Territorial Community as an example, which is the most problematic in terms of opportunities for effective autonomous development, the principles of

sustainable use or natural resources were developed and the preconditions for the development of recreational tourism were analyzed. The prospects for the development of certain types of recreational tourism, including spa and recreation, were defined. The possibility of using natural waters with high iron content for recreational purposes was substantiated. Springs with ferrous water (with the iron concentration exceeding 10 mg/m^3) were discovered. In all tested samples of surface water and groundwater, the excess iron content was determined from 2 to 4.3 times. The analysis of most water samples showed that one third of the total iron content in the samples migrated in the trivalent state (Fe^{3+}) in the form of a colloidal dispersed phase. Thus, a major part of it (about 66%) is transported in the form of divalent iron (Fe^{2+}) with organic fulvic and humic acids. In general, this corresponds to the overall picture of iron migration in the Carpathian region. The water containing iron in bivalent form has valuable medicinal properties. The necessity to determine the acid-base (pH) and redox (Eh) levels of the selected water samples was substantiated. The values of these indicators are very informative and important in the study of natural waters for recreational application. At the second stage, the study of iron migration forms was begun to define their uniqueness in medical treatment and preventive activities.

Key words: united territorial communities (UTC), sustainable use of resources, recreational tourism, mineral water, ferrous water.

References

- 1 Pro skhvalennia Kontseptsii reformuvannia mistsevoho samovriaduvannia ta terytorialnoi orhanizatsii vlady v Ukraini : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 01.04.2014 r. № 333-r // Ofits. visn. Ukrainy. 2014. № 30. S. 8.
- 2 Tkachuk A. Pro hirski terytorii ta mozhlyvosti yikh rozvytku / A. Tkachuk // Mozhlyvosti rozvytku hirskykh terytorii v umovakh detsentralizatsii. / A. Tkachuk. – K, 2017. – S. 3–10.
- 3 Maksymenko S. Rozvytok hirskykh terytorii: kontseptualni pidkhody YeS. / S.Maksymenko // Mozhlyvosti rozvytku hirskykh terytorii v umovakh detsentralizatsii. / S.Maksymenko – K, 2017. – S. 18–26.
- 4 Hanushchak Yu.I. Terytorialna orhanizatsiia vlady. Stan ta napriamky zmin / Yu. I. Hanushchak. – K. : Lehalni status, 2012. – 348 s.
- 5 Kaminska N.V. Orhanizatsiino-pravovi zasady detsentralizatsii publichnoi vlady / N.V. Kaminska // Naukovyi visnyk Natsionalnoi akademii vnutrishnikh sprav. – 2010. – № 4. – S. 9–20.
- 6 Sorokovskiy V.Ye. Detsentralizatsiia v dii: pidvyshchennia spromozhnosti hromad u nadanni posluh: Metodychnyi posibnyk / [rozrobleno v ramkakh Shveitsarsko-ukrainskoho proektu «Pidtrymka detsentralizatsii v Ukraini» DESPRO] / – K.: TOV RPTs «Zoloti Vorota». – 2009. – 115 s.
- 7 Berdanova O. Stratehichne planuvannia mistsevoho rozvytku. Praktychnyi posibnyk. Shveitsarsko-ukrainskyi proekt «Pidtrymka detsentralizatsii v Ukraini». DESPRO / O. Berdanova, V. Vakulenko. – K: TOV «Sofii-A», 2012. – 88 s.
- 8 Metodolohiia stratehichnogo planuvannia rozvytku ob'iednanykh terytorialnykh hromad v Ukraini // Ofitsiyni sait Proektu Yevropeiskoho Soiuzu «Pidtrymka polityky rehionalnogo rozvytku v Ukraini». [Elektronnyi resurs]. – 2014. – Rezhym dostupu do resursu: surdp.eu/uploads/files/SP_OTG_Methodology-UA.pdf. (accessed on: 20.09.2019)
- 9 Fatula R. Detsentralizatsiia po-zakarpatsky: pershi rezultaty ob'iednannia hromad [Elektronnyi resurs] / R. Fatula. – 2017. – Rezhym dostupu do resursu: <http://decentralization.gov.ua/region>. (accessed on: 20.09.2019)
- 10 Korobeinykova Ya.S. Alhorytm formuvannia proektnykh propozyitsii turystychnoho spriamuvannia v terytorialnykh hromadakh/ Ya.S. Korobeinykova // Nauka i molod u 21 storichchi: zbirnyk tez dopovidei 4 Mizhnarodnoi molodizhnoi nauково-praktychnoi internet-konferentsii (m. Poltava, 30 lystopada 2018 r.).- Poltava: PUET, - 2018.- S. 273 – 275.
- 11 Bykadorova N.O. Finansova detsentralizatsiia mistsevoho samovriaduvannia / N.O. Bykadorova // Ekonomichnyi visnyk Donbasu. – 2010. – № 2 (20). – S. 145–151.
- 12 Karchevska I.O. Otsinka finansovoi detsentralizatsii mistsevykh biudzhetyv Ukrainy / I.O. Karchevska, O.M. Kravchuk // Ekonomichnyi prostir. – 2010. – № 35. – S. 110–118.
- 13 Krainyk O.P. Detsentralizatsiia upravlinnia finansovymy resursamy rehionu / O.P. Krainyk // Efektyvnist derzhavnogo upravlinnia : zb. nauk. prats – Vyp. 21. – Lviv : LRIDU NADU, 2009. - S. 373–378.
- 14 Moldovan O.O. Nova arkhitektura biudzhetnoi systemy Ukrainy: ryzyky ta mozhlyvosti dlia ekonomichnogo zrostantia / O.O. Moldovan, Ya.A. Zhalilo, O.V. Shevchenko. — K.: NISD, 2010. — 35 s.

15 Korobeinykova Ya. S. Problemy turystychnoho resursokorystuvannia v hirskykh ob'iednanykh terytorialnykh hromadakh Ivano-Frankivskoi oblasti / Ya. S. Korobeinykova, Yu. I. Yuras. // Ekolohichna bezpeka i zbalansovane resursokorystuvannia: Naukovo-tekhichniy zhurnal. – 2019. – S. 111–119.

16 Ofitsiyni sait Dolynskoi raionnoi derzhavnoi administratsii [Elektronnyi resurs]. – 2019. – Rezhym dostupu do resursu: gov.if.ua 1 /dolynska/ua/. (accessed on: 20.09.2019)

17 Hopchenko Ye. D. Heokhimiia Ukrainy / Ye. D. Hopchenko, Zh. R. Shakirzanova. – Odesa: Ekolohiia, 2005. – 347 s.

18 Dryver D. Heokhymia pryrodnykh vod / D. Dryver. – M: Myr, 1985. – 439 s.

19 Istoriia sela Vytvytsi v dokumentakh i spohadakh – Stryi, 1992. – 110 s.

Надійшла до редакції 06 листопада 2019 р.