

РЕГІОНАЛЬНІ ТА ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ

УДК 628.316: 628.356.23

*Мирослав Мальований¹, Віра Слюсар¹,
Андрій Середя¹, Олег Стокалюк²
¹Національний університет
«Львівська політехніка»
²Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності*

АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ІСНУЮЧИХ СМІТТЄЗВАЛИЩ ТА СТРАТЕГІЯ ЇЇ МІНІМІЗАЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ ГРИБОВИЦЬКОГО СМІТТЄЗВАЛИЩА)

У статті проводиться аналіз екологічної небезпеки існуючих сміттєзвалищ України (на прикладі Грибовицького сміттєзвалища). Проведено аналіз можливих технологій очищення накопичених інфільтратів, показана перспективність застосування технології біологічного очищення інфільтратів у аеробних лагунах. Показано, що вирішення проблеми впровадження інноваційних технологій управління ТПВ можливе лише за умови комплексного підходу: створення умов для проведення технічної та біологічної рекультивації існуючих сміттєзвалищ та забезпечення функціонування системи заходів з ціллю попередження забруднення довкілля.

Ключові слова: екологічна небезпека, сміттєзвалище, інфільтрати, аеробні лагуни, рекультивація, довкілля

В статье приводится анализ экологической опасности существующих мусоросвалок Украины (на примере Грибовицкой мусоросвалки). Проведен анализ возможных технологий очистки накопленных инфильтратов, показана перспективность применения технологии биологической очистки инфильтратов в аэробных лагунах. Показано, что решение проблемы внедрения инновационных технологий управления ТБО возможно только при условии комплексного подхода: создания условий для проведения технической и биологической рекультикации существующих мусоросвалок и обеспечения функционирования системы мероприятий с целью предупреждения загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: экологическая опасность, мусоросвалка, инфильтраты, аэробные лагуны, рекультикация, окружающая среда

The article analyzes the environmental risks of existing landfills in Ukraine (on the example of Hrybovytske landfill). The possible treatment technologies of the accumulated infiltrates were analysed and the successful application of infiltrates biological treatment technology in aerobic lagoons was confirmed. It was demonstrated that the problem of introducing innovative technologies for solid waste management could be solved only by a complex approach: creating the conditions for technical and biological remediation of existing landfills and providing a system of measures with the aim of preventing an environmental pollution.

Key words: environmental risks, landfills, infiltrates, aerobic lagoons, remediation, environmental.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючі сміттєзвалища в Україні, генезис створення і функціонування яких надзвичайно подібний для всіх об'єктів, на сьогоднішній день перетворились на потужні джерела екологічної небезпеки. Щоб провести аналіз цієї небезпеки та запропонувати стратегію її мінімізації із

переходом на інноваційні технології поводження із твердими побутовими відходами (ТПВ), нами розглянута динаміка змін екологічної ситуації на Грибовицькому сміттєзвалищі, на якому до останнього часу проводився збір сміття міста Львова.

Грибовицьке сміттєзвалище розташоване на відстані 3 км від північної межі м. Львова, поблизу сіл Великі Грибовичі, Збиранка та Малехів. Звалище функціонує з 60-х років минулого століття та займає площу 33,6 га (рис. 1).



Рис.1. Вид Грибовицького звалища ТПВ з космосу

Товщина шару сміття у південно-східній частині звалища досягає 50 м, у північно-західній коливається від 1–3 до 10 м [1]. Не дивлячись на те, що у ряді нормативних документів, статей у мас-медіа та в офіційних заявах об'єкт часто називають «полігоном ТПВ» назва ця неправомірна, оскільки полігони ТПВ - природоохоронні інженерні споруди, обладнані захисним протифільтраційним екраном, системою збору та утилізації інфільтратів та звалищного газу, спланованою системою фізичної та біологічної рекультивації заповнених сміттям карт, системою збору та відведення умовно чистих атмосферних вод. Всього цього немає на Грибовицькому сміттєзвалищі. І оскільки звалище вичерпало свій ресурс, єдино правильним рішенням буде його закриття. необхідною умовою технічної рекультивації згідно [2] є створення кута відкосу, нормативне значення якого встановлюється у залежності від подальшого цільового використання (максимальне значення нормується для посадки лісу, чагарників і дерев - не більше 18°), і який, на сучасний день, значно більший норм. Для створення необхідного для рекультивації сміттєзвалища кута відкосу необхідне виположування шляхом засипки частини примикаючої території твердим матеріалом (відходами, землею, глиною і т.п.). Але, оскільки, на даний час місце засипки займають озера інфільтратів, яких накопичено за різними оцінками 100 – 150 тис. м³, то пріоритетним завданням є очищення та

відведення цих інфільтратів, що дозволило б розпочати роботи із виположування схилу сміттєзвалища.

На сміттєзвалищі існують ще і накопичені в локальних зонах промислові відходи – кислі гудрони, але ця ситуація не характерна для всіх сміттєзвалищ України, і тому в цій публікації шляхи оптимальної стратегії їх утилізації (які потребують детальних досліджень) не приводяться.

На нашу думку у вирішенні проблеми ліквідації екологічної небезпеки, викликаній інфільтратами Грибовицького сміттєзвалища необхідно виокремити 2 етапи:

1 – очищення накопичених інфільтратів з ціллю реалізації рекультивації сміттєзвалища;

2 – очищення інфільтратів, які постійно впродовж десятиліть будуть утворюватися в тілі сміттєзвалища в результаті протікання біологічних процесів розкладу органічної складової сміття.

Оскільки ці етапи корінним чином відрізняються за об'ємами інфільтратів, які надходять на переробку, їх фізико-хімічними характеристиками та часом реалізації кожного із етапів, на нашу думку пропонувати для реалізації цих двох етапів одну технологію неефективно, із технологічної (неможливість забезпечення повного навантаження та ефективної роботи обладнання) та фінансової (значні перевитрати коштів) позицій.

Для вибору оптимальної стратегії очищення інфільтратів проведемо огляд відомих технологій очищення інфільтратів полігонів ТПВ.

Найбільшого поширення набули такі рекомендовані в Україні [3] технології:

- технологія зворотного осмосу;
- технологія хімічного та біологічного окиснення;
- технологія електроплазмового очищення інфільтрату;
- технологія випарювання та сушіння;
- технологія зв'язування інфільтрату;
- технологія біологічного очищення в анаеробному та аеробному середовищі.

Технологія зворотного осмосу застосовується більше, ніж на 350 полігонах світу [4]. Сучасні зворотньоосматичні системи дозволяють досягти високого ступеня очищення і виділяти до 10% концентрату, який необхідно повертати в тіло звалища, але вартість капітальних та експлуатаційних затрат на технологію очищення накопичених на Грибовицькому сміттєзвалищі інфільтратів значна, а використання створеної установки для реалізації завдань 2 етапу буде неефективне.

Технологія хімічного та біологічного окиснення містить стадії [4] реагентно-адсорбційного очищення, біологічного очищення в окисдно-аноксидному циркуляційному блоці, гравітаційного відділення відпрацьованого мулу, реагентного чи ультрафіолетового знезараження очищених стоків. Технологія не апробована для умов очищення великовитратних потоків інфільтратів сміттєзвалищ.

Технологія електроплазмового очищення інфільтрату [4] відома із 90-х років попереднього століття, однак не дивлячись на привабливість щодо вартості та глибини очищення до цього часу широкого застосування не знайшла і пропозиції щодо промислових установок електроплазмового очищення інфільтратів обмежені.

Технології випарювання і сушіння та зв'язування інфільтрату неприйнятні для таких величезних кількостей накопиченого інфільтрату, які знаходяться в ставках–накопичувачах Грибовицького сміттєзвалища, тому як перспективні для цілей очищення інфільтрату вони не розглядались.

Привабливою є технологія анаеробного очищення інфільтрату, однак для успішної реалізації її в промислових масштабах необхідне чітке дотримання параметрів реалізації, що, за умов змінного якісного складу інфільтрату, є важко здійснюваним.

Нашу увагу привернули технологія очищення в аеробному середовищі в умовах аеробної лагуни [5-7], практика застосування якої дозволяє стверджувати про перспективність її застосування як однієї із стадій технології попереднього очищення інфільтратів Грибовицького сміттєзвалища із направленням їх в подальшому за відповідного розведення на доочищення на міські каналізаційні очисні споруди.

Мета статті. Аналіз екологічної небезпеки існуючих сміттєзвалищ України (на прикладі Грибовицького сміттєзвалища) та розроблення стратегії її мінімізації із переходом на інноваційні технології поводження із ТПВ.

Виклад основного матеріалу. Таким чином, як було показано вище, збір та очищення інфільтратів є пріоритетною проблемою Грибовицького сміттєзвалища на даний час. Оскільки на стадії спорудження сміттєзвалища не було приділено великої уваги до створення геологічного бар'єру та фільтратозбірної системи, проблема забруднення ґрунтових вод є значною. Відповідно до висновку міської санітарно-епідеміологічної служби Львова, вода із криниць у навколишніх селах є непридатною до споживання.

Недопустимість потрапляння інфільтрату у ґрунтові води базується на двох аспектах – спорудження системи збору фільтрату та пониження рівня ґрунтових вод.

Система збору інфільтрату із сміттєзвалища базується на системі каналів, прокладених навколо сміттєзвалища, де збираються забруднені інфільтрати і звідки вони самотічно надходять у фільтратозбірні ставки. Згідно із проектом рекультивациі та активної дегазації Львівського полігону твердих побутових відходів, який здійснювало ТзОВ «Гафса», існуюча система збору інфільтрату повинна була бути удосконаленою із спорудженням 15 фільтратозбірних свердловин та системою транспортування фільтрату у ставки-накопичувачі. Проте, це завдання не було виконано. На нашу думку діяльність, яка проводилась ТзОВ «Гафса» щодо дегазації полігону була безумовно потрібним і прогресивним кроком і залишалась би таким у випадку продовження дегазації до повного розкладу органічної частини відходів. Але за умови припинення дегазації, інтенсифікація газовиділення в процесах розкладу органічної частини сміття призвела до заповнення горючими газами всієї пористої структури тіла звалища, пізніше до самозагоряння та відомої трагедії.

У спорудженні фільтратозбірної системи важливим завданням є недопущення змішування атмосферних опадів (які є умовно чистими) із інфільтратами, що утворюються у тілі відходів в результаті процесів анаеробного розкладу. Збір атмосферних опадів варто проводити за допомогою обвідних каналів, причому слід розглянути можливість часткового використання існуючих комунікацій. На стадії завершення рекультивациі прогнозований склад зібраних таким чином атмосферних опадів не дозволить скидати такі води у водні об'єкти без очищення, проте після завершення рекультивациі дозволить значно зменшити затрати на очищення інфільтратів внаслідок зменшення їх об'єму.

Нами проводились дослідження аеробного очищення інфільтрату Грибовицького сміттєзвалища на лабораторній установці, робочий об'єм якої складав 4 л. Через лабораторний аератор в нижню частину колби подавалось повітря із витратою $4,2 \cdot 10^{-5}$ м³/с. Початкові параметри інфільтрату: концентрація розчиненого кисню (C_{PK}) – 1,87 мг/дм³; рН – 8,64; концентрація іонів амонію – 900 мл/л; хімічне споживання кисню – 11 000 мгО₂/л. Аерація здійснювалась у безперервному режимі за сталої температури досліджень – 20⁰ С. Через певні періоди часу відбирались проби, в яких визначались зазначені вище параметри.

Досліджувались 2 стадії аеробного очищення інфільтрату: статичний режим, коли будь яких змін щодо об'єму фільтрату в колбі не здійснювали і динамічний, коли через певні проміжки часу із колби відливали визначену кількість інфільтрату, доливаючи взамін таку ж порцію свіжого інфільтрату. На стадії статичного режиму встановлювали максимальну ступінь очищення інфільтрату, яка може бути досягнута в процесі аеробного

біологічного окиснення за умов реалізації експерименту. Динамічний режим моделював очищення в натурних умовах, коли в аеробну лагуну постійно подається новий інфільтрат і відводиться очищений на наступну стадію технології попереднього очищення. У описаних дослідженнях інфільтрат доливався і відповідно відводився в кількостях 250, 350, 400 і 500 мл/день.

Аналіз результатів досліджень аеробного біологічного очищення в статичному режимі на експериментальній установці свідчить, що за період 16-денного циклу вдалось досягти зменшення ХСК практично в 2 рази і зменшення концентрації іонів амонію більше ніж у 3 рази. Мікробіологічний аналіз встановив в складі інфільтрату, який очищався, широкий спектр мікробіологічної аеробної культури, яка відрізняється від культури активного мулу міських очисних споруд. Аналіз результатів дослідження аеробного біологічного очищення в динамічному режимі свідчить про оптимальний час затримки інфільтрату в аеробній лагуні 8-10 днів.

Дослідження впливу інфільтратів на процес біологічного очищення на каналізаційних очисних спорудах міста Львова проводили на дослідній установці, що імітувала каналізаційні очисні споруди. Очищення суміші стічних вод з інфільтратами у неперервному режимі відбувалося на експериментальній аераційній установці в поліетиленовому корпусі діаметром $D=1,2$ м. На дні ємкості був встановлений трубчастий аератор для насичення киснем та забезпечення перемішування водомулової суміші. Подача повітря здійснювалась від компресорної станції. Концентрацію розчиненого кисню підтримували на такому ж рівні, як і в натурному аеротенку, та контролювали за допомогою переносного киснеміра. На основі результатів досліджень встановлено, що за умови розбавлення інфільтратів міськими стоками у співвідношенні 1:500 погіршення якісних показників очищення та негативного впливу на технологію очищення не виявлено.

У зв'язку із безальтернативною умовою поводження із Грибовицьким сміттєзвалищем (закриття та рекультивація) необхідна розробка стратегії переходу на іншу технологію управління відходами. Можливими варіантами у новій технології є:

- Новий полігон ТПВ, який проектується та експлуатується у відповідності з українськими нормами [2] та нормами ЄС [8] та дозволяє вилучати енергію відходів у вигляді біогазу.

- Сміттепереробний завод, де сміття, що надходить із системи збору проходить попередню стадію сепарації, де вилучаються цінні компоненти, а в подальшому, відповідно до запроєктованого варіанту, або подається на анаеробний розклад, або спалюється, або складається на полігоні ТПВ. Також можливим варіантом є застосування різних методів обробки для різних фракцій відходів.

- Сміттєспалювальний завод, де усе сміття, що надходить із системи збору, спаюється, а твердий залишок та пил, вловлений системою очищення відхідних газів, зберігається на полігоні ТПВ відповідного до класу небезпечності відходів. Тут варто відзначити, що вибір варіанту сміттєспалювального заводу не виключає попередню сепарацію та переробку цінних компонентів відходів на рівні системи збору. Оскільки на сміттєспалювальному заводі проходить термічна переробка відходів, сміттєспалювальний завод є за визначенням і сміттепереробним, тому надалі буде вживатись саме цей термін.

Незалежно від обраного варіанту, однією із ланок переробки відходів повинен бути новий полігон ТПВ, де будуть складуватися залишки переробки або уся маса відходів без переробки.

Беручи до уваги вплив, який чинить Грибовицьке сміттєзвалище на навколишнє середовище, а також резонансні протести громадськості щодо цього впливу, важливим завданням є розробка стратегії щодо закриття та рекультивації сміттєзвалища та перетворення його у об'єкт, безпечний для навколишнього середовища. Необхідним етапом мінімізації екологічної небезпеки, яку спричиняє Грибовицьке сміттєзвалище, є проведення технічної рекультивації із такими шарами відповідно до норм [2]:

- Мінеральний захисний шар із водонепроникністю 10-9 м/с та товщиною шару 1 м;
- Шар синтетичної гідроізоляції завтовшки не менше 3 мм, стійкий до хімічної та біологічної агресії, до ушкодження гризунами;
- Дренажний шар товщиною 0,5 м, який необхідний для відводу атмосферних вод із поверхні сміттєзвалища;
- рекультиваційний шар завтовшки не менше 1 м, що має шар родючого ґрунту завтовшки 30...50 см.

Варто зазначити, що норми проведення технічної рекультивації [2] є подібними до норм Директиви [8], за винятком того, що шар синтетичної гідроізоляції не вимагається у Директиві ЄК, а також того, що у Директиві ЄК не нормується родючість верхнього рекультиваційного шару. Відповідно до [8] геологічний бар'єр повинен покриватись синтетичним водонепроникним матеріалом та дренажним шаром, у якому встановлюються перфоровані труби для збору інфільтрату. Згідно з [2] синтетичне покриття не вимагається. Тут слід відзначити, що позиція розробників [2] є незрозумілою. Синтетичний матеріал дозволяє покращити захист від потрапляння інфільтрату, що утворюється в процесі анаеробного розкладу відходів, у ґрунтові води. Натомість, синтетичне покриття вимагається як захисний шар для верхнього перекриття сміттєзвалища і розміщується на глибині 1,5 м від поверхні. Отже, більшого значення надається захисту від потрапляння атмосферних опадів у тіло звалища ніж від потрапляння токсичного інфільтрату у ґрунтові води. Також, одним із варіантів біологічної рекультивації є засадження кущами і деревами, які можуть пускати корені глибоко вниз і тим самим пошкоджувати синтетичне покриття і зменшувати його ефективність.

Наступним етапом повинна стати біологічна рекультивація, яку необхідно проводити на основі регульованої екологічної сукцесії із використанням встановлених рядом дослідників [9-11] видовим складом та структурою фітоценозів-меліорантів.

Висновки. Встановлено, що сміттєзвалища України створюють значну екологічну небезпеку у зоні їх впливу внаслідок відсутності захисного протифільтраційного екрану, системи збору та утилізації інфільтратів та звалищного газу, спланованої системи фізичної та біологічної рекультивації заповнених сміттям карт, системи збору та відведення умовно чистих атмосферних вод. Проведено аналіз можливих технологій очищення накопичених інфільтратів, показана перспективність застосування технології біологічного очищення інфільтратів у аеробних лагунах. Показано, що вирішення проблеми впровадження інноваційних технологій управління ТПВ можливе лише за умови комплексного підходу: створення умов для проведення технічної та біологічної рекультивації існуючих сміттєзвалищ та забезпечення функціонування системи заходів з ціллю попередження забруднення довкілля, побудови полігонів ТПВ, які б відповідали показникам українських нормативних документів та директив Євросоюзу, створення ефективних сміттєпереробних комплексів із використанням існуючих передових технологій.

Література

- 1 Волошин П. Аналіз впливу Львівського сміттєзвалища на природне середовище / П. Волошин // Вісник Львівського університету. Серія геологічна. Випуск 26, 2012. – С. 139–147.
- 2 ДБН В.2.4-2-2005. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування. Держбуд України, К., 2005. - 34 с.
- 3 Методичні рекомендації із збирання, утилізації та знешкодження фільтрату полігонів побутових відходів // Затверджені наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 421 від 20.08.2012 р.
- 4 Маслов В.М. Рекомендуются методы очистки фильтрата / В.М. Маслов // Інформаційно-аналітичний збірник "Санітарна очистка міст та комунальний автотранспорт". – Київ, 2002. – С. 44–50.
- 5 Robinson H.D. The treatment of landfill leachates in on-site aerated lagoon plants: experience in Britain and Ireland/ H.D.Robinson, G.Grantham//Water Resources, Vol. 22, No. 6. – 1988. – p. 733–747.

6 Mahmood M.K. In situ microbial treatment of landfill leachate using aerated lagoons/ M.K.Mehmood, E.Adetutu, D.B.Nedwell, A.S.Ball//Bioresource Technology, No. 100. – 2009.– p.2741–2744.

7 Maehlum T. Treatment of landfill leachate in on-site lagoons and constructed wetlands/ T.Maehlum//Water Science Technology, Vol. 32, No. 3. – 1995. – p. 129–135.

8 Директива 2008/98/ЄС Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>

9 Кучерявий В. П. Полігони твердих побутових відходів Західного Лісостепу України та проблеми їх фітомеліорації / В. П. Кучерявий, В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.2. – С. 56-66

10 Попович В. В. Полігони твердих побутових відходів у вироблених кар'єрах, ярах, траншеях і особливості їх фітомеліорації. / В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.11. – С. 119-128.

11 Попович В. В. Природні фітомеліоративні процеси на Львівському міському полігоні твердих побутових відходів / В. В. Попович // Збірник УкрНДІЛГА : "Лісівництво і агролісомеліорація". – 2012. - № 120. – С. 80-87.

© Мирослав Мальований,
Віра Слюсар,
Андрій Серета,
Олег Стокалюк

УДК 502.17

**О. М. Адаменко¹, Н. О. Зоріна¹,
В. С. Скрипник²**

¹Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу
²Надвірнянський коледж Національного
транспортного університету

ТЕХНОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ПРИРОДНІ ГЕОСИСТЕМИ ПОДІЛЛЯ ТА ПРИКАРПАТТЯ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Основні техногенні об'єкти Поділля і Прикарпаття: Бурштинська та Добротворська ТЕС, ПАТ «Івано-Франківськцемент» та Миколаївський цементний комбінат, нафтогазопромисли, магістральні газопроводи, нафтопроводи, компресорні станції та підземні сховища газу завдають істотного впливу на природно-антропогенні геосистеми, що потребує розробки систем екологічної безпеки та відповідних природоохоронних заходів.

Ключові слова: моніторинг довкілля, екологічний аудит, природно-антропогенні геосистеми.

Основные техногенные объекты Подолья и Прикарпатья: Бурштинская та Добротворская ТЭС, ПАО «Ивано-Франковскцемент» и Николаевский цементный комбинат, нафтогазопромислы, магистральные газопроводы, нефтепроводы, компрессорные станции и подземные газохранилища существенно влияют на природно-антропогенные геосистемы, и это требует разработки систем экологической безопасности и соответствующих природозащитных мероприятий.

Ключевые слова: мониторинг окружающей среды, экологический аудит, природно-антропогенные геосистемы.

The major man-made objects of Podilja and Carpathians are: Burshtynska and Dobrotvorska TPP JSC "Cement" and Mykolayiv cement plant, petroleum industry, gas mains, oil pipelines, compressor stations and underground gas storage cause significant impact on the natural and

6 Mahmood M.K. In situ microbial treatment of landfill leachate using aerated lagoons/ M.K.Mehmood, E.Adetutu, D.B.Nedwell, A.S.Ball//Bioresource Technology, No. 100. – 2009.– p.2741–2744.

7 Maehlum T. Treatment of landfill leachate in on-site lagoons and constructed wetlands/ T.Maehlum//Water Science Technology, Vol. 32, No. 3. – 1995. – p. 129–135.

8 Директива 2008/98/ЄС Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>

9 Кучерявий В. П. Полігони твердих побутових відходів Західного Лісостепу України та проблеми їх фітомеліорації / В. П. Кучерявий, В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.2. – С. 56-66

10 Попович В. В. Полігони твердих побутових відходів у вироблених кар'єрах, ярах, траншеях і особливості їх фітомеліорації. / В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.11. – С. 119-128.

11 Попович В. В. Природні фітомеліоративні процеси на Львівському міському полігоні твердих побутових відходів / В. В. Попович // Збірник УкрНДІЛГА : "Лісівництво і агролісомеліорація". – 2012. - № 120. – С. 80-87.

© Мирослав Мальований,
Віра Слюсар,
Андрій Серета,
Олег Стокалюк

УДК 502.17

**О. М. Адаменко¹, Н. О. Зоріна¹,
В. С. Скрипник²**

¹Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу
²Надвірнянський коледж Національного
транспортного університету

ТЕХНОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ПРИРОДНІ ГЕОСИСТЕМИ ПОДІЛЛЯ ТА ПРИКАРПАТТЯ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Основні техногенні об'єкти Поділля і Прикарпаття: Бурштинська та Добротворська ТЕС, ПАТ «Івано-Франківськцемент» та Миколаївський цементний комбінат, нафтогазопромисли, магістральні газопроводи, нафтопроводи, компресорні станції та підземні сховища газу завдають істотного впливу на природно-антропогенні геосистеми, що потребує розробки систем екологічної безпеки та відповідних природоохоронних заходів.

Ключові слова: моніторинг довкілля, екологічний аудит, природно-антропогенні геосистеми.

Основные техногенные объекты Подолья и Прикарпатья: Бурштинская та Добротворская ТЭС, ПАО «Ивано-Франковскцемент» и Николаевский цементный комбинат, нафтогазопромислы, магистральные газопроводы, нефтепроводы, компрессорные станции и подземные газохранилища существенно влияют на природно-антропогенные геосистемы, и это требует разработки систем экологической безопасности и соответствующих природозащитных мероприятий.

Ключевые слова: мониторинг окружающей среды, экологический аудит, природно-антропогенные геосистемы.

The major man-made objects of Podilja and Carpathians are: Burshtynska and Dobrotvorska TPP JSC "Cement" and Mykolayiv cement plant, petroleum industry, gas mains, oil pipelines, compressor stations and underground gas storage cause significant impact on the natural and

anthropogenic geosystems in need of development of environmental security and appropriate environmental protection measures.

Keywords: environmental monitoring, environmental auditing, natural and anthropogenic geosystems.

Актуальність теми. Дедалі зростаючий техногенний вплив нині проявляється не лише у взаємопов'язаних елементах біосфери, а й у навколоземному космічному просторі. Він спричинив незворотні екологічні процеси у природі, що загрожують функціонуванню всієї біосфери як глобальної екосистеми. Тому, охорона природи, а в широкому розумінні – біосфери, є важливою екологічною, економічною та соціальною проблемою, від розв'язання якої залежить прогрес цивілізації [25]. На початку ХХІ ст. виявилися ознаки економічної глобалізації. В екологічному й природоохоронному аспектах потрібно також мислити глобально. Адже біосфера як планетна екосистема не визнає державних кордонів. Радіоактивне забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи (1986) охопило всю земну кулю. Світова спільнота має піклуватися про ресурси біосфери як про національне багатство і загальнолюдську природну спадщину, що належить і сучасному, і майбутнім поколінням. Тому обґрунтування заходів їх збереження є завданням наукового інтелекту всього людства [1, 3].

Аналіз попередніх досліджень. Багаторічні дослідження природи Поділля, Прикарпаття і Карпат, що були розпочаті ще у ХVІІ ст. польськими й австрійськими природознавцями [13], лише у другій половині ХХ ст. зусиллями радянських та українських учених були спрямовані на вирішення екологічних проблем. Це праці О. М. Адаменка та його наукової школи [1, 3], Я. О. Адаменка [2], В. А. Барановського [4], І. М. Волошина [5], М. А. Голубця [7], Б. Я. Голяда [6], В. М. Гуцуляка [9], Д. О. Зоріна [10], Б. В. Киндюка [11], І. П. Ковальчука [12], Я. С. Кравчука [13], А. В. Мельника [15], Л. В. Міщенко [16], М. М. Приходька [19], О. В. Побігун [17], С. С. Попа [18], В. П. Руденка [20], Л. Г. Руденка [21], Г. І. Рудька [22–24], О. В. Чубатого [26], Ф. Д. Гамора, Б. П. Мухи і багатьох інших. Велике значення мають також фундаментальні праці з екології М. Д. Гродзинського [8], О. М. Маринича, П. Г. Шищенка [14], С. М. Стойка [25], авторів карт «Національного атласу України» та «Екологічного атласу України» (2009).

Антропогенний вплив на природне середовище оцінюють на основі таких головних показників [19]:

1) вплив промислового виробництва і транспорту з урахуванням викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, скидів стоків у водне середовище, розміщенням промислових і побутових відходів;

2) вплив сільськогосподарського виробництва з визначенням структури угідь, сільськогосподарської освоєності території, антропогенної трансформації ландшафтів, коефіцієнта екологічної збалансованості;

3) вплив демографічного (селитебного) навантаження та ін. (рис. 1).

Крім цих, в основному статистичних показників, у Поділля та Прикарпатті виконано польові експедиційні дослідження на геоекоекологічних полігонах з безпосереднім вимірюванням вмісту забруднювальних речовин (важких металів, радіонуклідів, нафтопродуктів, пестицидів та ін.) у ґрунтовому й рослинному покривах, атмосферному повітрі, опадах дощу і снігу, поверхневих та ґрунтових водах. Такі роботи виконали О. В. Побігун [17] для чотирьох областей Карпатського регіону на 579 полігонах, М. М. Приходько [19] на території Івано-Франківської області на 126 полігонах, Л. В. Міщенко [16] на території Закарпатської області на 149 полігонах, В. М. Гуцуляк [9] на території Чернівецької області, О. М. Адаменко, Д. О. Зорін, Л. В. Міщенко, Н. О. Зоріна [1, 10, 16] на площах Снятинського, Надвірнянського, Галицького, Тисменицького, Богородчанського та інших районів Івано-Франківської області – 80–220 полігонів у кожному адміністративному районі.

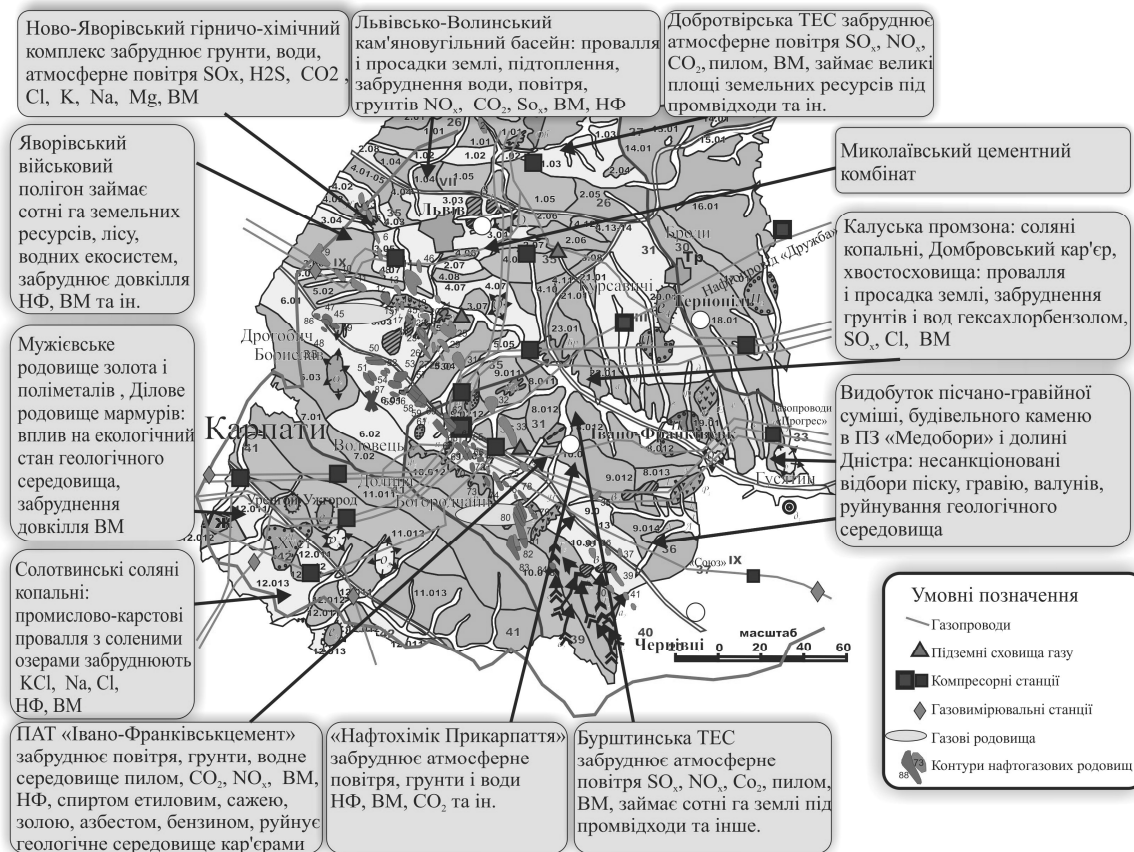


Рис. 1. Техногенні об'єкти на фоні геоecологічного районування Західного регіону України

Виклад основного матеріалу. Вплив промислового виробництва на довкілля. З метою відображення порайонного забруднення шкідливими речовинами Поділля та Прикарпаття було зібрано фактичний матеріал в обласних державних управліннях Міністерства екології та природних ресурсів України, санітарно-епідеміологічних станціях та інших організаціях, на основі яких [3] побудовано «Карту-схему сумарного порайонного показника забруднення Івано-Франківської, Львівської, Чернівецької, Закарпатської областей», як стосовно забруднення повітря, так і водою неочищеними й недостатньо очищеними стічними водами. Крім того, побудовано карту-схему розміщення основних забруднювачів по галузях промисловості тих же областей, що дало змогу побудувати графіки забруднення атмосфери та забруднення поверхневих вод стічними водами усіх перелічених вище областей з метою виділення найбільш забруднених районів [3]. Матеріали щодо забруднення зведені в табл. 1-3 по кожному району окремо. За сумарними районними показниками забруднення атмосферного повітря виділено в три зони найвищого забруднення: 1) від 340 до 50 тис. т/рік; 2) від 50 до 20 тис. т/рік; 3) від 20 до 3 тис. т/рік.

До першої зони належать: Івано-Франківська область – Галицький район (180,2 тис. т/рік), Львівська область – Стрийський район (152,1 тис. т/рік).

До другої зони належать: Івано-Франківська область – Калуський район (33,29 тис. т/рік), Надвірнянський район (29,67 тис. т/рік); Львівська область – Кам'янка-Бузький район (38,7 тис. т/рік), Дрогобицький район (38,3 тис. т/рік), Миколаївський район (37,4 тис. т/рік), Сокальський район (31,6 тис. т/рік), Пустомитівський район (26,2 тис. т/рік).

До третьої зони віднесено: Івано-Франківська область – Долинський район (12,49 тис. т/рік), Богородчанський район (12,19 тис. т/рік), Тисменицький район (8,37 тис. т/рік), Коломийський район (3,81 тис. т/рік); Львівська область – Радехівський район (7,7 тис. т/рік), Яворівський район (7,1 тис. т/рік), Буський район (4,3 тис. т/рік), Перемишлянський

район (3,4 тис. т/рік); Чернівецька область – м. Чернівці (12,726 тис. т/рік), Заставнівський район (4,63 тис. т/рік), Новоселицький район (3,04 тис. т/рік); Закарпатська область – Хустський район (4,880 тис. т/рік), Виноградівський район (4,3 тис. т/рік), Свалявський район (3,2 тис. т/рік).

Таблиця 1

Викиди шкідливих речовин промисловими підприємствами Львівської області по м. Львів і районах за 2016 р.

№№ ч/ч	Райони і міста області	Викиди шкідливих речовин в атмосферу, тис.т./рік	Скиди шкідливих речовин, тис.м ³ /рік	
			неочищені	недостатньо очищені
1	м. Львів, райони	24,4	0,03	42,134
2	Бродівський	1,1	0,1295	0,08
3	Буський	4,3	0,34	0,433
4	Городоцький	2,3		
5	Дрогобицький	38,3	1,532	
6	Жидачівський	2,6	0,109	
7	Золочівський	1,7		1,69
8	Кам'яно-Бузький	38,7		0,493
9	Мостиський	1,7		0,75
10	Нестеровський	2,6	0,006	0,787
11	Миколаївський	37,4	0,018	6,7
12	Перемишлянський	3,4	0,18	0,175
13	Пустомитівський	26,2		0,271
14	Радехівський	7,7		0,786
15	Самбірський	2,6	1,035	0,087
16	Сколівський	0,7		
17	Сокальський	31,6	0,13	10,576
18	Старосамбірський	0,8	0,02	0,03
19	Стрийський	152,8	0,06	14,367
20	Турківський	0,2	0,192	0,26
21	Яворівський	7,1	0,495	34,99

Таблиця 2

Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря на території Чернівецької області у 2016 р., тис. т/рік

№ ч/ч	Райони і міста області	Обсяги викидів шкідливих речовин – усього	У тому числі			
			речовини у вигляді твердих суспендованих частинок	діоксид сірки	діоксид азоту	оксид вуглецю
1	Чернівецька область	3443,7	785,6	791,8	263,8	608,3
2	м. Чернівці	1203,4	206,7	109,6	128,3	252,9
3	м. Новодністровськ	8,7	2,6	-	2,7	0,5
Райони						
4	Вижицький	215,1	74,0	25,9	7,0	24,8
5	Герцаївський	285,1	89,7	172,2	9,2	11,0
6	Глибоський	58,8	24,5	2,3	4,3	9,2
7	Заставнівський	217,0	39,0	134,2	13,0	24,5
8	Кельменецький	59,5	5,7	44,5	1,4	2,0
9	Кіцманський	271,3	19,3	57,2	16,9	98,6
10	Новоселицький	363,1	123,9	113,1	19,8	14,6
11	Путильський	14,0	9,5	0,4	0,6	3,2
12	Сокирянський	119,0	34,5	66,3	7,4	0,9
13	Сторожинецький	312,8	131,3	30,6	8,6	71,5
14	Хотинський	315,9	24,9	35,5	44,6	94,6

Таблиця 3

**Викиди шкідливих речовин промисловими підприємствами Закарпатської області
по м. Ужгород і районах за 2016 р.**

№ ч/ч	Райони і міста області	Викиди шкідливих речовин в атмосферу, тис. т/рік	Скиди шкідливих речовин, тис.м ³ /рік	
			неочищені	недостатньо очищені
1	м. Ужгород, райони	1,39	0,11	3,18
2	Велико-Березненський	1,3		
3	Перечинський	0,8	0,02	
4	Воловецький	0,18		
5	Мукачівський	1,74	0,35	11,85
6	Свалявський	3,2	0,24	0,20
7	Міжгірський	0,1		0,29
8	Іршавський	1,66		
9	Берегівський	1,99	0,17	1,64
10	Виноградівський	4,3	0,015	0,06
11	Хустський	4,88	0,035	0,04
12	Тячівський	1,8		0,15
13	Рахівський	1,88		

Найбільш забрудненими територіями є майже вся Львівська і частково Івано-Франківська області. З метою виявлення галузей промисловості, що забруднюють атмосферу і водойми, додатково було побудовано карту розміщення головних підприємств промислових галузей. Забруднювачами навколишнього середовища виявились майже всі галузі народного господарства, однак кількість викидів цілком залежить від наявності очисних споруд, різних уловлювачів забруднювальних речовин та їх нейтралізації, тобто, чим краще підприємства оснащені очисними спорудами, тим менше шкідливих сполук вони викидають в атмосферне повітря і поверхневі води.

Вплив транспорту та дорожньої мережі (на прикладі Чернівецької області). Чернівецька область займає вигідне транспортно-географічне положення, має досить щільну мережу залізниць і автомобільних шляхів, трубопроводів і ліній електропередач. Обласний центр має зручне залізничне сполучення з європейськими столицями: Бухарестом, Софією, Белградом, Москвою. В області проводиться робота, спрямована на поліпшення транспортного обслуговування населення та забезпечення належного рівня безпеки. Підприємства автомобільного транспорту 2016 р. перевезли 2 млн 867 тис. т вантажів, вантажообіг досягнув 827,7 млн т/км. Порівняно з 2010 р. обсяг перевезених вантажів збільшився на 17%, а вантажообіг зменшився на 6,1%. Пасажирський транспорт за 2016 р. перевіз 80,9 млн пасажирів. Обсяг пасажирообігу зріс на 10,1% і досягнув 1 млрд. 95,2 млн пас./км. За перше півріччя 2016 р. перевезено 37,4 млн пасажирів за пасажирообігу в обсязі 484,1 млн пас/км.

Впродовж 2016 р. перевіряли дотримання екологічних вимог автоперевізниками на постійних маршрутах загального користування приміського, міжміського та внутрішньообласного сполучення. За результатами перевірок окремих автоперевізників позбавлено права роботи на 21 автобусному маршруті загального користування.

За останні 2 роки рухомий склад транспортних засобів (250 автобусів) на маршрутах загального користування оновлено більш як 54%, однак через фінансову кризу й неможливість отримання кредитів оновлення парку автобусів на маршрутах загального користування стає проблематичним, що також погіршує стан довкілля. В подальшому це може мати негативний вплив на обсяг пасажирських перевезень та якість обслуговування пасажирів, забезпечення належного рівня безпеки у сфері пасажирських автоперевезень на маршрутах загального користування. На виконання делегованих повноважень щодо затвердження маршрутів і графіків руху місцевого пасажирського транспорту незалежно

від форм власності відповідним розпорядженням голова облдержадміністрації затвердив автобусну мережу області. Крім того, погоджуються розклади руху автобусів на міжобласних і міжнародних автобусних маршрутах загального користування, в тому числі при відкритті нових маршрутів, з урахуванням інтересів територіальних громад та екологічних вимог.

Область має розвинену мережу автомобільних шляхів і посідає третє місце в Україні за щільністю, яка в 1,3 рази перевищує середньоукраїнський показник і становить 354 км/1000 км² території. Мережа автомобільних шляхів загального користування області становить 2874,7 км, з яких 406,7 км державного значення, 2468 км – місцевого. 2016 р. завершено будівництво об'їзної дороги м. Чернівці, що значно поліпшило стан довкілля обласного центру.

На забруднення атмосферного повітря великою мірою впливають автомобілі. Автомобільний транспорт дає 70–90% забруднень у містах. З урахуванням факту, що в містах мешкає більш як половина населення Землі, стає зрозумілим вирішальне значення автотранспорту щодо впливу на людину.

У викидних газах автомобілів переважають оксид вуглецю, діоксид азоту, свинець, токсичні вуглеводні. Взаємодія вуглеводнів та оксидів азоту за високої температури призводить до утворення озону. Якщо в шарі атмосфери на висоті 25 км високий вміст озону необхідний для захисту органічного життя від жорстокого ультрафіолетового випромінювання з космосу, то біля земної поверхні підвищений вміст озону пригнічує рослинність, подразнює дихальні шляхи й уражає легені (рис. 2, табл. 4). Автомобільний транспорт використовує 71% бензину і 28% дизельного палива.

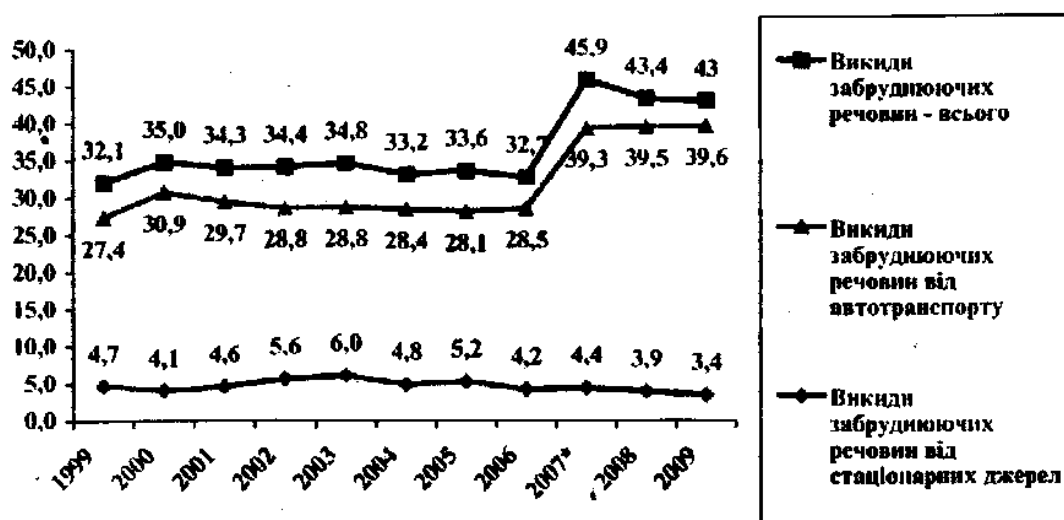


Рис. 2. Динаміка викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря над територією Чернівецької області всього (1), автотранспортом (2), стаціонарними джерелами (3)

Вплив сільськогосподарського виробництва на довкілля. Під час визначення антропогенного впливу на природне середовище проаналізовано його чинники, оцінено освоєність та антропогенну трансформацію ландшафтів. Ще в I тисячолітті н.е. на території Карпатського регіону переважали лісові ландшафти. Надмірне вирубування лісів та інтенсивне освоєння земель істотно вплинули на природні ландшафти, зумовили їх денатуралізацію, порушення цілісності (фрагментацію) біогеоценотичного покриву і формування антропогенних ландшафтів. Найбільшою мірою трансформовані рівнинні й передгірські ландшафти, у структурі яких питома вага сільськогосподарських угідь, наприклад в Івано-Франківській області, коливається в межах відповідно 68,9-72,5 і 33,9-43,5%, у гірських – 9,0-24,4% (в середньому по Україні – 71%). Загальна розораність

території області перевищує межі екологічної збалансованості як у рівнинних (50-60%), так і передгірських (30-40%) ландшафтах. Лісистість у гірських ландшафтах зменшилась до 61,5-87,6%, передгірських – до 27,7-43,6, рівнинних – до 7,1-16,8% [19, 25].

Таблиця 4

Динаміка викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря пересувними джерелами забруднення, що використовують окремі види палива

Роки	Обсяги викидів, тис. тонн	У тому числі від використання			Частка викидів шкідливих речовин від використання бензину у загальних обсягах викидів, %
		бензину	дизельного палива	зрідженого та стисненого газу	
2000	31,0	29,5	1,2	0,3	95,1
2005	28,4	25,2	2,8	0,4	88,7
2006	28,5	24,9	3,1	0,5	87,5
2007	41,5	30,4	9,2	1,9	73,2
2010	39,5	28,5	9,3	1,7	72,3
2016	39,6	28,4	9,5	1,7	72,1

Коефіцієнти антропогенної трансформації території найвищі у рівнинних ландшафтах і наближаються до 1, екологічної збалансованості території – у гірських ландшафтах. Таку ж закономірність трансформації території встановлено і для водозборів основних річок у басейнах Дністра й Прута. Природні й напівприродні угруповання (ліси, сіножаті, пасовища, водно-болотні угіддя) займають у середньому 63,7% території області. Однак у рівнинних ландшафтах цей показник значно нижчий – 20-35%, передгірських 35-40%, гірських – 82-90% (в Україні – 34%). Структура угідь у рівнинних і передгірських ландшафтах потребує оптимізації в частині зменшення питомої ваги орних земель і збільшення площ екологічно стабілізувальних угідь (лісів, сіножатей, пасовищ) [19].

Негативним наслідком антропогенної трансформації ландшафтів і, зокрема, збільшення площі орних земель є розвиток екзогенних геодинамічних процесів (водна ерозія, зсуви, селі). За останні 30 років площа еродованих сільськогосподарських угідь в Івано-Франківській області зросла в 1,3 рази. Із 635,3 тис. га сільськогосподарських угідь 128,0 тис. га (20,0%) зазнали водної ерозії, із них 90,9 тис. га – еродованих орних земель. Інтенсивність ерозійних процесів найвища на пластово-ерозійних і пластово-горбогірних рівнинних ландшафтах у межах Рогатинського, Галицького, Городенківського і Снятинського адміністративних районів. Тут ерозією пошкоджено відповідно 45, 35, 17 і 28% сільськогосподарських угідь. Зсувні та селеві процеси розвинені у передгірських і гірських ландшафтах (Верховинський, Надвірнянський і Косівський адміністративні райони) [19].

Висновки. Проведенні дослідження показали, що до чинників антропогенного впливу, які зумовлюють негативні зміни довкілля на Поділлі та Прикарпатті, належить також велика кількість поселень та густота населення, викиди і скиди забруднювальних речовин в навколишнє середовище. З метою покращення екологічної ситуації пропонуємо карту геоecологічного районування (див. рис. 1). Для кожної із зображених на карті геоecологічних структур необхідно розробити індивідуальні природоохоронні заходи.

Література

- 1 Адаменко О.М. Наш майбутній дім – Екоєвропа / О.М. Адаменко. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2007. – 428 с.
- 2 Адаменко Я.О. Оцінка впливів техногенно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище: науково-теоретичні основи, практична реалізація / Я.О. Адаменко: Автореф. дис. д-ра техн. наук. – Івано-Франківськ, 2006. – 39 с.
- 3 Адаменко Я.О. Структура будови баз даних екологічної інформації / Я.О. Адаменко // Нетрадиційні енергоресурси та екологія України. – К.: Манускрипт, 1996. – С. 111–123.
- 4 Барановський В.А. Екологічний стан агроландшафтів та шляхи його оптимізації / В.А. Барановський, П.Г. Шищенко // Фізична географія та геоморфологія. – К.: Обрії, 2005. – С. 24–29.
- 5 Волошин І.М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу / І.М. Волошин. – Львів: Простір, 1998. – 356 с.

- 6 Голояд Б.Я. Екологічні основи захисту гірсько-лісових басейнових екосистем від шкідливих екзогенних процесів в Українських Карпатах / Б.Я. Голояд, І.І. Бойчук. – Івано-Франківськ, 2001. – 389 с.
- 7 Голубець М.А. Антропогенні зміни біогеоцентричного покриву в Карпатському регіоні / М.А. Голубець, І.І. Козак, М.П. Козловський та ін. – К.: Наук. думка, 1994. – 166 с.
- 8 Гродзинський М.Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень / М.Д. Гродзинський. – К.: Лікей, 1995. – 233 с.
- 9 Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія. Геохімічний аспект / В.М. Гуцуляк. – Чернівці: Рута, 2001. – 272 с.
- 10 Зорін Д.О. Екологічна безпека Дністровського каньйону як регіонального коридора національної екологічної мережі України / Д.О. Зорін // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2011. – № 2 (4). – С. 44–55.
- 11 Киндюк Б.В. Коливання водності малих річок Українських Карпат / Б.В. Киндюк // Український географічний журнал. – 2004. – № 2. – С. 33–37.
- 12 Ковальчук І.П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз / І.П. Ковальчук. – Львів: Ін-т українознавства, 1997. – 440 с.
- 13 Кравчук Я.С. Геоморфологія Передкарпаття / Я.С. Кравчук. – Львів: Меркатор, 1994. – 347 с.
- 14 Маринич О.М. Фізична географія України / О.М. Маринич, П.Г. Шищенко. – К.: Знання, 2003. – 479 с.
- 15 Мельник А.В. Українські Карпати. Еколого-ландшафтознавче дослідження / А.В. Мельник. – Львів: ВЦ Львів. нац. ун-ту ім. Івана Франка, 1999. – 286 с.
- 16 Міщенко Л.В. Геооекологічне районування / Л.В. Міщенко. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. – 408 с.
- 17 Побігун О.В. Геооекологічний моніторинг Карпатського регіону України як основа раціонального природокористування: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Львів, 2005. – 20 с.
- 18 Поп С.С. Природні ресурси Закарпаття / С.С. Поп. – Ужгород: Карпати, 2009. – 310 с.
- 19 Приходько М.М. Екологічна безпека природних і антропогенно модифікованих геосистем / М.М. Приходько. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2013. – 201 с.
- 20 Руденко В.П. Географія природно-ресурсного потенціалу України: Підручник у 3-х частинах / В.П. Руденко. – Чернівці: Зелена Буковина, 1999. – 568 с.
- 21 Руденко Л.Г. Концептуальні основи еколого-географічних досліджень та еколого-географічного картографування / Л.Г. Руденко, А.І. Бочавська // Український географічний журнал. – 1995. – № 3. – С. 56–62.
- 22 Рудько Г.І. Конструктивна геооекологія: наукові основи та практичне втілення / Г.І. Рудько, О.М. Адаменко. – Чернівці: Маклаут, 2008. – 320 с.
- 23 Рудько Г.І. Землелогія. Еколого-ресурсна безпека Землі / Г.І. Рудько, О.М. Адаменко. – К.: Академпрес, 2009. – 512 с.
- 24 Рудько Г.І. Вступ до медичної геології / Г.І. Рудько, О.М. Адаменко. – К.: Академпрес, 2010. – Т. I – 736 с., Т. II – 448 с.
- 25 Стойко С.М. Вчення про біосферу – наукова основа її охорони / С.М. Стойко // Український ботанічний журнал. – 2009. – Т. 66, № 3. – С. 293–306.
- 26 Чубатий О.В. Влияние леса на водность рек Карпат (на примере р. Рика) / О.В. Чубатый, В.С. Олийник // Водные ресурсы. – 1976. – № 4. – С. 50–57.

© О. М. Адаменко,
Н. О. Зоріна,
В. С. Скрипник

УДК 502/504.054

О. О. Стефанишин, Т. Г. Гарасимів, В. В. Мах
*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

РАДІАЦІЙНЕ ЗАБРУДНЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Однією з найважливіших для України сьогодні є проблема охорони навколишнього середовища. Вплив радіоактивного випромінювання особливо небезпечний для організмів.

- 6 Голояд Б.Я. Екологічні основи захисту гірсько-лісових басейнових екосистем від шкідливих екзогенних процесів в Українських Карпатах / Б.Я. Голояд, І.І. Бойчук. – Івано-Франківськ, 2001. – 389 с.
- 7 Голубець М.А. Антропогенні зміни біогеоцентричного покриву в Карпатському регіоні / М.А. Голубець, І.І. Козак, М.П. Козловський та ін. – К.: Наук. думка, 1994. – 166 с.
- 8 Гродзинський М.Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень / М.Д. Гродзинський. – К.: Лікей, 1995. – 233 с.
- 9 Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія. Геохімічний аспект / В.М. Гуцуляк. – Чернівці: Рута, 2001. – 272 с.
- 10 Зорін Д.О. Екологічна безпека Дністровського каньйону як регіонального коридора національної екологічної мережі України / Д.О. Зорін // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2011. – № 2 (4). – С. 44–55.
- 11 Киндюк Б.В. Коливання водності малих річок Українських Карпат / Б.В. Киндюк // Український географічний журнал. – 2004. – № 2. – С. 33–37.
- 12 Ковальчук І.П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз / І.П. Ковальчук. – Львів: Ін-т українознавства, 1997. – 440 с.
- 13 Кравчук Я.С. Геоморфологія Передкарпаття / Я.С. Кравчук. – Львів: Меркатор, 1994. – 347 с.
- 14 Маринич О.М. Фізична географія України / О.М. Маринич, П.Г. Шищенко. – К.: Знання, 2003. – 479 с.
- 15 Мельник А.В. Українські Карпати. Еколого-ландшафтознавче дослідження / А.В. Мельник. – Львів: ВЦ Львів. нац. ун-ту ім. Івана Франка, 1999. – 286 с.
- 16 Міщенко Л.В. Геоекологічне районування / Л.В. Міщенко. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. – 408 с.
- 17 Побігун О.В. Геоекологічний моніторинг Карпатського регіону України як основа раціонального природокористування: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Львів, 2005. – 20 с.
- 18 Поп С.С. Природні ресурси Закарпаття / С.С. Поп. – Ужгород: Карпати, 2009. – 310 с.
- 19 Приходько М.М. Екологічна безпека природних і антропогенно модифікованих геосистем / М.М. Приходько. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2013. – 201 с.
- 20 Руденко В.П. Географія природно-ресурсного потенціалу України: Підручник у 3-х частинах / В.П. Руденко. – Чернівці: Зелена Буковина, 1999. – 568 с.
- 21 Руденко Л.Г. Концептуальні основи еколого-географічних досліджень та еколого-географічного картографування / Л.Г. Руденко, А.І. Бочавська // Український географічний журнал. – 1995. – № 3. – С. 56–62.
- 22 Рудько Г.І. Конструктивна геоecологія: наукові основи та практичне втілення / Г.І. Рудько, О.М. Адаменко. – Чернівці: Маклаут, 2008. – 320 с.
- 23 Рудько Г.І. Землелогія. Еколого-ресурсна безпека Землі / Г.І. Рудько, О.М. Адаменко. – К.: Академпрес, 2009. – 512 с.
- 24 Рудько Г.І. Вступ до медичної геології / Г.І. Рудько, О.М. Адаменко. – К.: Академпрес, 2010. – Т. I – 736 с., Т. II – 448 с.
- 25 Стойко С.М. Вчення про біосферу – наукова основа її охорони / С.М. Стойко // Український ботанічний журнал. – 2009. – Т. 66, № 3. – С. 293–306.
- 26 Чубатий О.В. Влияние леса на водность рек Карпат (на примере р. Рика) / О.В. Чубатый, В.С. Олийник // Водные ресурсы. – 1976. – № 4. – С. 50–57.

© О. М. Адаменко,
Н. О. Зоріна,
В. С. Скрипник

УДК 502/504.054

О. О. Стефанишин, Т. Г. Гарасимів, В. В. Мах
*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

РАДІАЦІЙНЕ ЗАБРУДНЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Однією з найважливіших для України сьогодні є проблема охорони навколишнього середовища. Вплив радіоактивного випромінювання особливо небезпечний для організмів.

Актуальною задачею є оцінка стану радіаційного забруднення, а також діагностика забрудненості навколишніх територій.

Ключові слова: радіація, забруднення, Чорнобиль, АЕС.

Одной из важнейших для Украины сегодня является проблема охраны окружающей среды. Влияние радиоактивного излучения особенно опасно для организмов. Поэтому особенно актуальной для людей являются оценка состояния радиационного загрязнения, а также диагностика загрязнения окружающих территорий.

Ключевые слова: радиация, загрязнение, Чернобыль, АЭС.

Nowadays one of the most important problems for Ukraine is a problem of environmental protection. The influence of radioactive radiation is rather dangerous for organisms. For this reason particularly actual for people is the assessment of radiation pollution condition and also the territory contamination diagnostics.

Key words: radiation, pollution, Chornobyl, NPS .

Постановка проблеми. Загальновідомо, що екологічна ситуація в Україні наразі не є задовільною. Почастішали випадки викидів в атмосферу оксиду вуглецю, вуглекислого газу, діоксиду сірки, пилу, різних оксидів та радіонуклідів. Важливою проблематикою радіаційного забруднення, адже, якщо забруднення пилом, побутовим сміттям, або різними токсинами вже є для людей звичним і легко помітним, то радіаційне забруднення важко помітити чи діагностувати без спеціальних приладів.

Основні проблеми що потребують вирішення:

– оцінка стану радіоекологічного картографування в Україні та можливості його покращення;

– пошук можливостей контролю і обліку радіоактивно забруднених територій;

– проведення аналізу стану радіаційного забруднення;

– визначення основних типів джерел радіоактивного забруднення;

– аналіз ризиків від радіаційного забруднення і його впливу на здоров'я людини.

Аналіз останніх досліджень. З політичних та економічних причин картографічні роботи на Україні проводили в обмежених обсягах і з недостатньою повнотою. Їхній головний недолік полягав у тому, що радіоекологічне картографування і прогнозування проводили як радіаційне або радіогеохімічне. Головно оцінювали лише щільність забруднення екосистем основними техногенними радіонуклідами (^{137}Cs , ^{90}Sr), а більшість важливих показників, які характеризують вплив Чорнобильської катастрофи на екосистеми радіаційно забруднених регіонів, особливо таких, як динаміку захворюваності, народжуваності і смертності населення, тривалість життя не відображали на картах.

Найдетальніші картографічні і прогнозні роботи проводили в межах 30-кілометрової зони відчуження (Чорнобильська..., 1996). До 1992 р. була підготовлена серія карт масштабу 1 : 100 000 щільності забруднення ґрунтового покриву зони відчуження ^{137}Cs , ^{90}Sr , радіоізотопами плутонію та іншими радіонуклідами. Під час їхнього утворення використовували геоінформаційні технології, сучасні засоби математичного аналізу даних і просторового моделювання. Атлас вміщує прогнозні карти щільності забруднення ґрунтів техногенними радіонуклідами до 2016 р.

Недоліком подібних часткових прогнозних карт є врахування лише одного з безлічі чинників, що впливають на зміну концентрації техногенних радіонуклідів у місці їхньої локалізації, а саме – константи періоду напіврозпаду певного радіоізоотопу. У результаті такі прогнозні карти дублюють аналогічні карти сучасної щільності радіоактивного забруднення і відрізняються лише постійними понижуючими коефіцієнтами та інтервалом прогнозування.

В Інституті географії НАН України у 1990-1992 рр. складена серія карт масштабу 1 : 100 000 ландшафтно-геохімічних показників довкілля й умов міграції радіонуклідів у межах 60-кілометрової зони ЧАЕС (Давидчук, Сорокіна, Калиненко та ін., 1999).

Матеріали досліджень дали можливість побудувати карти прогнозу зміни щільності забруднення ґрунтів з урахуванням усього спектру чинників, що впливають на концентрацію, міграцію, осадження і фіксацію радіонуклідів. Створення таких, по-справжньому прогнозних карт для всієї території України є найважливішим завданням найближчого майбутнього.

Для решти території України в плані оцінки радіаційної ситуації зроблено набагато менше, ніж для зони відчуження. Все це, незважаючи на те, що існують значні обсяги накопиченої аналітичної бази даних, головню щодо щільності забруднення ^{137}Cs , яка становить сотні тисяч визначень. За умови геоінформаційного опрацювання всієї зібраної інформації проблема комплексного радіоекологічного картографування території України буде успішно вирішена.

На сьогодні створені два варіанти карт щільності забруднення всієї території України ^{137}Cs (на 1989 і 1991 р.) і один – ^{90}Sr (на серпень 1992 р.) масштабом 1 : 500 000. В генералізованих варіантах вони широко доступні користувачам (Атлас..., 1996; Україна..., 1996, 1996). Підготовлена до опублікування перша версія карти забруднення ізотопами плутонію.

Незважаючи на виняткове значення існуючих радіоекологічних карт, виявлено низку слабких місць під час їхньої підготовки, які потребують доопрацювання (Чорнобильська..., 1996):

- недостатня вивченість радіаційно забруднених територій України, особливо південних і східних регіонів;

- завищена нижня межа виділення аномалій ^{137}Cs . Зокрема, якщо для плутонію і ^{90}Sr ця межа становить відповідно 1,5 мКі/км² і 150 мКі/км², тобто у двічі – тричі вище рівня глобальних випадань цих радіонуклідів, то для ^{137}Cs він дорівнює 1 Кі/км², що перевищує фоновий рівень аж у 15-20 разів. Це призвело до того, що значні площі на Україні, реально забруднені в результаті Чорнобильської катастрофи, дотепер позначені на картах як нібито чисті, вводячи в оману населення, державні органи і громадськість;

- погана «чутливість» інтервалів шкали значень радіоактивності при побудові відповідних карт забруднення зі значеннями 1, 5, 15, 40 Кі/км², яка приховує реальну структуру поширення радіоактивних випадань по території України;

- недостатнє використання сучасних методик побудови карт, засобів і методів геоінформаційного моделювання.

Відзначені недоліки значною мірою усунуті в серії карт поліського регіону України масштабу 1 : 200 000, що охоплюють радіаційно забруднені (з рівнем понад 0,5 Кі/км² за ^{137}Cs) райони Київської, Житомирської, Рівненської і Волинської областей. У цій роботі вперше зроблена спроба розширити рамки реально проведеного картографування радіаційної ситуації до власне радіоекологічного картографування. Атлас охоплює карти екологічного стану природного середовища; щільності поверхневого забруднення ^{137}Cs і ^{90}Sr ; міграції радіонуклідів; захворюваності населення, які підсумовуються в інтегральній карті оцінки ступеня радіоекологічної безпеки проживання населення на території Українського Полісся.

Побудовані в такий спосіб карти є результатом детальних теоретико-методичних досліджень (Чорнобильська..., 1996). Ними закладено основи комплексного аналізу різномірної інформації, яка характеризує стан уражених викидами техногенних радіонуклідів екосистем, зроблено перехід від простої оцінки радіаційної ситуації до глибшої і багатофакторної радіоекологічної оцінки, а саме – до радіоекологічного моніторингу та картографування. На цій основі у подальшому здійснюватимуться прогностичні моделі і довгострокові прогнози розвитку радіаційної ситуації як наукової основи для розробки рекомендацій із захисту населення і довкілля від негативних наслідків антропогенної діяльності.

Мета досліджень. На теперішній стадії розвитку науки, немає можливості легко знезаразити величезні площі забрудненої території. Тому метою даних досліджень

радіаційної безпеки є діагностика забрудненості для обмеження доступу до забруднених територій і захисту людини від впливу радіації. [1–7].

Викладення основного матеріалу. Дуже великою проблемою для радіаційної безпеки України стала аварія на Чорнобильській атомній електростанції 26 квітня 1986р. Аварії на АЕС мають значні відмінності від ядерних вибухів. Вони відрізняються від ядерних вибухів більшою тривалістю викидів, що змінює напрямки потоків повітряних мас, тому практично немає можливості прогнозувати розміри зон ураженості. Внаслідок Чорнобильської катастрофи на території України забруднено 12 областей, 86 адміністративних районів, 2311 населених пунктів, де загалом мешкає близько 2 млн 600 тис жителів, у тому числі – 600 тис дітей Чорнобильська зона відчуження разом із зоною безумовного (обов'язкового) відселення займає територію 55 тис. кв. км. Майже чверть її назавжди залишиться забрудненою. Потрібно, принаймні, 240 тис. років (або десять періодів напіврозпаду плутонію), щоб ця територія лише умовно позбавилась радіоактивності [1]. Забруднено радіонуклідами понад 7 млн гектарів землі, серед яких 3 млн га сільськогосподарських угідь та 2 млн лісових масивів. Ще близько 1.5 млн чоловік проживає на території, де радіоактивний фон у десятки разів перевищує допустимі норми (Київська, Житомирська, Чернівецька, Рівненська, Черкаська, Вінницька, Чернігівська, Кіровоградська, Івано-Франківська області). Велику небезпеку докільню завдають близько 1000 тимчасових могильників навколо ЧАЕС, у яких знаходиться 40 млн куб. м твердих відходів з сумарною радіоактивністю понад 200 тис Кі, і саркофаг над четвертим блоком, який вибухнув. Там ще залишилася велика кількість радіоактивного бруду потужністю в багато сотень тисяч кюрі, надійність нерозповсюдження якого зовсім не гарантована. Унаслідок аварії на Чорнобильській АЕС майже 5% населення України проживає на території, що зазнала радіаційного забруднення.

На сьогодні понад 80% українських дітей є хворими, і певна частка в цій статистиці зумовлена наслідками Чорнобильської катастрофи. Через відсутність належних очисних споруд в атмосферу щороку викидається понад 12 млн т шкідливих речовин, викликає занепокоєння стан питної води, продуктів харчування. Зони екологічного лиха охопили близько 30% нашої території. Враховуючи вищезазначене, особливого значення набуває актуальність екологічної безпеки населення, яке проживає на забруднених територіях[3].

Вплив Чорнобильської аварії на здоров'я людей дуже значний і буде проблемою не тільки для нас, а й для прийдешніх поколінь. Уже в 1992-1994 роках в Житомирській і Київській областях, як і в Білорусі, за даними Міністерства Охорони Здоров'я України, у жителів забруднених радіонуклідами районів значно збільшилася кількість народження недоношених дітей і калік, кількість тяжких ускладнень вагітності (у 2,5-3 рази), є серйозні генетичні зміни здоров'я. В результаті потрапляння радіоактивних речовин в організм у багатьох людей була уражена щитоподібна залоза, виникла променева хвороба. Нині спостерігається тенденція до збільшення онкологічних захворювань, захворювань ендокринної системи, систем кровообігу, травлення, а також захворювань, пов'язаних з імунною системою. У зв'язку з тим, що у продуктах викиду найбільше радіонуклідів з великим періодом піврозпаду, зараження буде тривалим.

Сьогодні основними типами джерел радіоактивного забруднення природного середовища є:

- уранова промисловість, яка займається видобуванням, переробкою, збагаченням і виготовленням ядерного палива. Аварійні ситуації можуть виникнути при виготовленні, зберіганні і транспортуванні ядерних виробів, зокрема тепловиробляючих елементів (ТВЕЛів);

- ядерні реактори різних типів, в активній зоні яких зосереджено велику кількість радіоактивної речовини і які є атомними бомбами, процеси в яких уповільнено до стаціонарного стану. На режимах безаварійної експлуатації АЕС спостерігається забруднення довкілля внаслідок витоків радіоактивної рідини, викидів вентиляційного

повітря, захоронення радіоактивних допоміжних матеріалів, інструменту, спецодягу та інше. Не вирішено питання і про ізоляцію приміщень АЕС після відпрацювання експлуатаційного терміну ядерних блоків, який дорівнює приблизно 20 рокам;

- радіохімічна промисловість, на підприємствах якої проводиться переробка і поновлення відпрацьованого матеріалу. При роботі АЕС “вигорання” ядерного палива в ТВЕЛах призводить до погіршення умов атомної реакції, що не дає змоги використати потенціал палива повністю. Тому ТВЕЛи замінюють до величини, яка набагато більша, ніж була в природній урановій руді. Тому відпрацьоване паливо АЕС має велику радіоактивність і є небезпечним для довкілля. Ще більшу небезпеку мають ядерні боєприпаси, термін зберігання яких скінчився;

- місця переробки і захоронення радіоактивних відходів, які внаслідок неможливості забезпечити абсолютну ізоляцію джерела радіації виділяють радіонукліди в природне середовище. Спочатку цьому питанню не приділяли належної уваги і ядерні держави скидали радіоактивні відходи в ріки, моря та океани, у вироблені штольні;

- використання радіонуклідів у народному господарстві у вигляді закритих радіоактивних джерел невеликої потужності у промисловості, медицині, геології, сільському господарстві. При недостатній кваліфікації споживачів, відсутності жорсткого контролю за використанням, перевантаженості наявних сховищ для використаних виробів та з інших причин питання радіаційного забруднення має велике значення.

В Україні екологічний чинник поряд із соціально-економічним є визначальним у народжуваності й смертності населення. З 1992 р. показники смертності у нашій країні перевищують показники народжуваності, тому спостерігається зменшення кількості населення. Це особливо гостро виявляється у регіонах, де значне радіоактивне і промислове забруднення довкілля (Чернігівська, Київська, Житомирська, Донецька, Луганська, Дніпропетровська і Запорізька області). Радіація шкідлива як у великих дозах, так і в малих. Відомо, що 95% радіонуклідів потрапляють в організм людини через продукти харчування, особливо через молоко, м'ясо, рибу й дари лісу.

Сільськогосподарські продукти, зібрані на забруднених ґрунтах, нерідко є шкідливими для вживання. Так, у пшениці може нагромаджуватися кадмій – метал, що провокує різні хвороби. Особливо небезпечними для здоров'я людей є забруднення води. З неякісною водою в організм можуть потрапляти бактерії та віруси, шкідливі речовини. Діючи на організм людини впродовж тривалого часу, токсичні речовини навіть у малих дозах знижують імунітет (стійкість організму до хвороб). Внаслідок цього частішають випадки різних захворювань, загострюються існуючі хронічні хвороби.

Для підтримання здоров'я людині потрібно чисте довкілля, незабруднені продукти та вода. Отож, плануючи свою господарську діяльність, що забезпечує різні потреби населення, треба неодмінно пам'ятати про збереження природного середовища як найнеобхіднішої потреби, яка забезпечує наше існування.

Висновок. Оскільки провести очищення всіх територій від радіаційного забруднення при сучасному розвитку науки майже неможливо, а природне очищення територій відбуватиметься ще кілька мільйонів років, то необхідно хоча б знати які території є забрудненими. Використання для таких цілей звичайних карт є недоцільним, бо дані про радіаційний стан постійно змінюються. Результатом майбутніх досліджень буде розробка програмного забезпечення (ПЗ) для обліку і контролю радіоактивних територій, а також визначення темпу їх знезараження. Будуть створені інтерактивні карти на основі такого ПЗ як складова частина веб-сервісу з вільним доступом. Завдяки цьому кожна людина зможе дізнатись, яка територія є непридатною для проживання, вирощування їжі чи навіть перебування там впродовж невеликого проміжку часу.

Література

1 Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” від 25 червня 1991 р. № 1264-XII // ВВР України. – 1991. – № 41. – С. 546.

2 Закон України “Про Загальнодержавну програму подолання наслідків Чорнобильської катастрофи на 2006 – 2010 роки” від 14 березня 2006 р. № 3522-IV. – Режим доступу : rada.gov.ua

3 Кодекс України про адміністративні правопорушення // ВВР Української РСР. – 1984. – № 51. – С. 1122.

4 Гудков І. Проблеми реалізації контрзаходів на забруднених радіонуклідами сільськогосподарських угіддях : міжнар. наук.-практ. конфер. з питань соціального захисту громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи, 24-25 квітня 2008 р., Київ / І. Гудков. – К. : “Соцінформ”, 2008. – 220 с.

5 Мартиненко В. О. Удосконалення системи державного управління охороною природного середовища в регіоні / В. О. Мартиненко // Теорія та практика державного управління : зб. наук. пр. – 2004. – Вип. 1 (1). – С. 18–23.

6 Нягу А. Социальная политика в отношении пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС. Две парадигмы в стратегии реабилитации : міжнар. наук.-практ. конф. з питань соціального захисту громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи 24 – 25 квітня 2008 р., К. / А. Нягу. – К. : “Соцінформ”, 2008. – 220 с.

7 Програма ПРООН-ГЕФ екологічного оздоровлення басейну Дніпра. – К. : Видавничо-поліграфічне ТОВ “Ай БІ”, 2003. – С. 53.

© О. О. Стефанишин,
Т. Г. Гарасимів,
В. В. Мах

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 661.46.47

*Н. М. Німець¹, А. П. Мельник¹, М. О. Подустов²**¹Український науково-дослідний
інститут природних газів**²Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

ПРО ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ І ЕКОНОМІЧНУ ДОЦІЛЬНІСТЬ ПОВЕРНЕННЯ ОЗОНОВАНИХ СУПУТНЬО-ПЛАСТОВИХ ВОД В НАДРА

Досліджено реакції перетворення йодид-іонів в йод під час озонування, співставлено швидкості реакції утворення йоду і перетворення заліза (II) у залізо (III), встановлено залежність ступеню утворення йоду при зменшенні мольно-іонного співвідношення, оцінено зменшення впливу на навколишнє середовище при використанні озону замість хлору, його з'єднань, двоокису сірки та сульфатної кислоти. Оцінено економічну доцільність одержання йоду з супутньо-пластових вод вітчизняних нафтогазоконденсатних родовищ. Отримані результати, які можуть бути використані для створення більш екологічно безпечного вилучення йоду з супутньо-пластових вод.

Ключові слова: час, концентрація, йод, озонування, мінералізація, супутньо-пластові води.

Исследовано реакции превращения йодид-ионов в йод при озонировании, сопоставлено скорости реакции образования йода и превращения железа (II) в железо (III), установлено зависимость степени образования йода при уменьшении мольно-ионного отношения, оценено уменьшение влияния на окружающую среду при использовании озона вместо хлора, его соединений, диоксида серы и сульфатной кислоты. Оценено экономическую целесообразность получения йода из попутно-пластовых вод отечественных нефтегазоконденсатных месторождений. Получены результаты, которые могут быть использованы для создания более экологически безопасного извлечения йода из попутно-пластовой воды.

Ключевые слова: время, концентрация, йод, озонирование, минерализация, попутно-пластовые воды.

The reactions of conversion of iodide ions to iodine upon ozonation were analyzed. The rates of reactions of formation of iodine and conversion of iron (II) into iron (III) were compared. The dependence of the degree of iodine formation from decrease of molecular-ion ratio was stated. The reduction of environment impact by using ozone instead of chlorine, its compounds, sulfur dioxide and sulfate acid was evaluated. The economic feasibility of obtaining iodine from associated formation water of domestic oil and gas deposits was evaluated. The obtained results can be used to create a more environmentally sound method of extracting iodine from associated formation water.

Keywords: time, concentration, iodine, ozonation, salinity, associated formation water.

Вступ. Розвиток промисловості характеризується збільшенням масштабів споживання і видобування вуглеводневої сировини, разом з якою видобувають значні обсяги супутньо-пластових вод (СПВ). Ці води створюють екологічну небезпеку і для довкілля, і для пластів, куди їх сьогодні повертають [1]. В Україні тільки родовища східного регіону разом з вуглеводнями продукують ≈ 44 млн. м³ на рік. Якби така кількість води потрапляла у навколишнє середовище, то весь ґрунт і води були б

небезпечними для існування живої природи. Разом з тим вони можуть бути цінним матеріальним ресурсом для одержання різних продуктів, наприклад йоду, броміду, сполук металів. Часто обсяги СПВ бувають більшими за об'єми видобувних вуглеводнів, особливо на завершальній стадії розробки родовищ. Використання СПВ може знизити експлуатаційні витрати та покращити екологічну ситуацію за рахунок того, що вони підпадають під корисні копалини [2–4]. Така класифікація і основи водного законодавства [5] та охорони природи визначають необхідність не тільки повернення СПВ у пласти, але й одержання корисних продуктів, зокрема йоду.

Постановка проблеми. Відомо, що одержання йоду з підземних і бурових вод нафтогазових родовищ, який знаходиться в них у вигляді йодид-іонів, шляхом використання ряду шкідливих хімічних реагентів для перетворення йодид-іонів до молекулярного йоду, вилучення йоду перед поверненням води у пласти, отримання і переробки йодних концентратів [6]. Використання ряду шкідливих реагентів зумовлює не тільки ускладнення внаслідок багатостадійності повернення СПВ у пласти, але й сприяє екологічній безпеці видобування вуглеводневої сировини [1].

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Промислове вилучення йоду з бурових вод [6] з підвищеними температурами, перед поверненням у пласт, полягає в окисленні хлором або хлорованою водою йодидів в попередньо підкисленій (HCl або H_2SO_4) воді до елементарного йоду. Утворений молекулярний йод потоком повітря з туманом SO_2 подають в скруббер з розчином відновлювача (Na_2SO_3), де йод перетворюють в іон I^- та концентрують. Концентрат повторно окислюють хлором з наступним виділенням йоду фільтрацією з-під шару сульфатної кислоти. З води з температурою до $40^\circ C$ йод одержують адсорбційним або іонообмінним способами [7]. Як більш простому, перевагу віддають іонообмінному способу, за яким після отримання концентрату, його обробляють згідно [6]. Також відомо [8] вилучення йоду з бурових вод шляхом обробки попередньо підкисленої води повітрям з ініціатором окиснення озоном у присутності солі заліза (II), яке досліджено в [9].

Задачі дослідження полягають у з'ясуванні екологічних та економічних переваг одержання йоду з СПВ озонуванням перед їх поверненням у пласт порівняно з відомим класичним способом, за яким використовують ряд інших реагентів.

Мета дослідження стосується оцінки викидів у навколишнє середовище при застосуванні озонізованої суміші і відомих реагентів, зокрема соляної і сірчаної кислот, хлору, гіпохлориту натрію, двоокису сірки для одержання йоду.

Методи, обладнання і об'єкти дослідження. Для досліджень використано СПВ Машівського ГКР ($J=51,5$ мг/дм³, Br^- =542 мг/дм³, Fe^{2+} =142 мг/дм³, $M=23,5$ г/дм³, $pH_0=6,4$), Мелихівського ГКР ($J=26,5$ мг/дм³, Br^- =43 мг/дм³, Fe^{2+} =64 мг/дм³, $M=59$ г/дм³, $pH_0=6,1$), Медведівського ($J=150$ мг/дм³, Br^- =1820 мг/дм³, Fe^{2+} =131 мг/дм³, $M=300$ г/дм³, $pH_0=5,7$) нафтогазоконденсатних родовищ (НГКР), а також модельні суміші СПВ, до складу яких входять, мг/дм³: J – 50, бромід-іони – 800, хлорид натрію – 200000, Fe^{2+} – 44. Для забезпечення необхідних концентрацій J – іонів використано KJ марки х.ч., бромід-іони KBr марки х.ч., Fe^{2+} – іонів $FeSO_4$ марки ч., хлорид натрію марки ч. Для одержання озонізованої суміші використано озонатор типу GL продуктивністю $6,63 \cdot 10^{-2}$ м³/год з концентрацією озону $6,28 \cdot 10^{-2}$ г-моль/м³. Озонування СПВ здійснено з використанням циліндричного реактора, який обладнано диспергуючим пристроєм. В реактор завантажують 100–400 мл СПВ і через диспергатор подають озонізовану суміш (ОПС). В реакційній суміші визначають концентрацію йоду титруванням гіпосульфідом натрію згідно [9] та іонів двовалентного заліза титруванням трилоном Б [10]. Ступінь утворення йоду (СУ) визначають як відношення поточної концентрації йоду у рідинній фазі до теоретично можливої концентрації при повному перетворенні йодид-іонів в йод, а ступінь перетворення (СП) йодид-іонів чи іонів заліза згідно формули $СП=100 \cdot (N_0-N_t)/N_0$, де – N_0 , N_t – початкова і поточна концентрація іону.

Результати та їх обговорення. Раніше нами показано, що під час озонування йодид-іонів [11] ступінь утворення йоду з збільшенням мольно-іонного відношення озон: I^- підпорядковується нелінійним закономірностям (рис. 1), а при озонуванні іонів заліза Fe^{2+} – спостерігається чітка лінійна закономірність (рис. 2). При цьому при переході від слаболужного середовища до кислотного ($pH < 7$), збільшується ступінь утворення йоду, що зумовлює зменшення надходження озону в атмосферу.

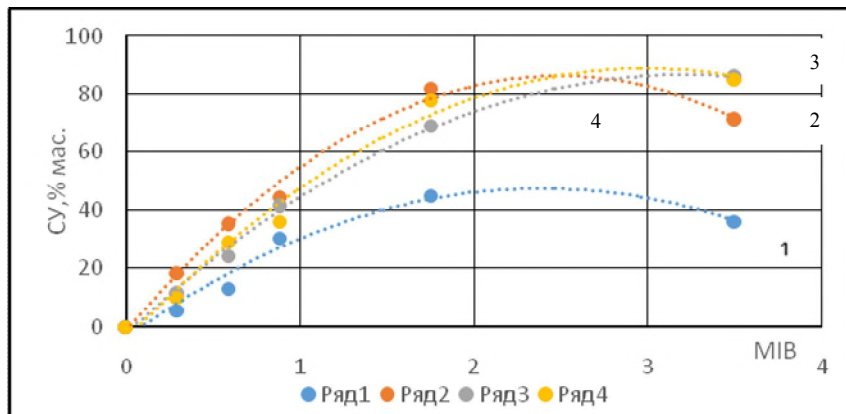


Рис. 1. Залежності ступеня утворення йоду (СУ) від мольно-іонного відношення (МІВ) і кислотності (pH_0), де 1 – 7,5; 2 – 3,78; 3 – 5,86; 4 – 6,26; ($J=50$ мг/дм³, $Fe^{2+}=44$ мг/дм³)

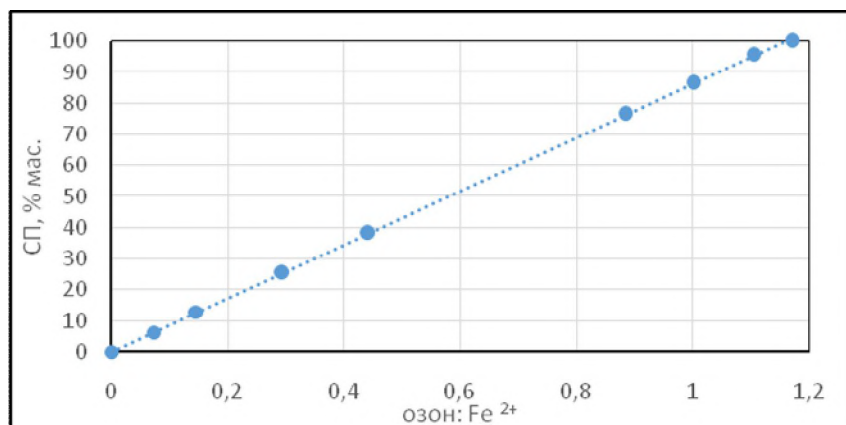


Рис. 2. Залежність ступеня перетворення (СП) іонів заліза (II) в іони заліза (III) від мольно-іонного відношення озон: Fe^{2+}

Співставлення сумісного озонування йодид-іонів і іонів Fe^{2+} свідчить про те, що йодид-іони значно швидше вступають в реакцію озонування, порівняно з іонами заліза (рис.3). Це дає підстави для того, щоб з СПВ спочатку виділяти йод, а залишки озону використовувати для озонування іонів заліза з утворенням і виділенням осадів на поверхні перед поверненням СПВ у пласти.

Дослідження озонування СПВ деяких родовищ (рис. 4–5) підтверджує результати, які одержані при озонуванні модельних сумішей.

Необхідно підкреслити те, що на відміну від озонування СПВ Машівської Мелихівської ГКР, де тільки при МІВ 0,8–1,5 можна відмітити присутність лінійного накопичення йоду, для СПВ Медведівської ГКР (рис. 5) спостерігається лінійна залежність до практично повного перетворення йодид-іонів в йод. Така відмінність зумовлена значно більшою мінералізацією.

Підвищення екологічної безпеки при використанні озоно-повітряної суміші (ОПС) для вилучення йоду і перетворення іонів заліза Fe^{2+} в Fe^{3+} , підтверджується тим, що за відомим способом перетворення йодид-іонів бурових вод в йод здійснюють у кислотному

середовищі з величиною $pH \approx 2$, а для цього води підкислюють хлорводневою чи сульфатною кислотами [6,7].

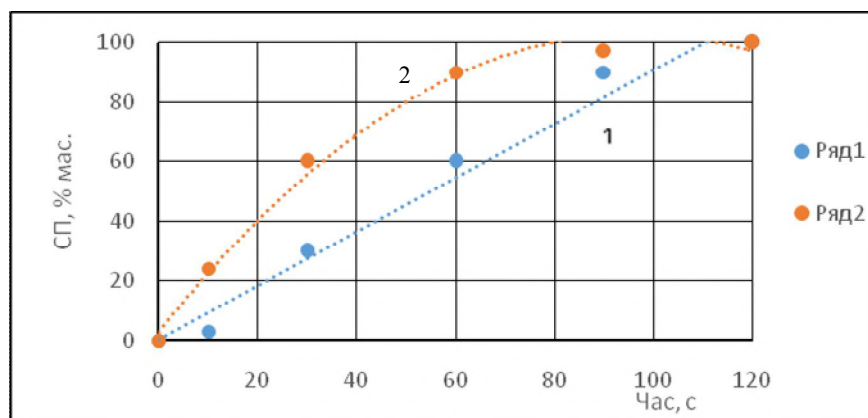


Рис. 3. Зміни ступенів перетворення (СП) іонів заліза Fe^{2+} (1) і йоду (2) від часу озонування

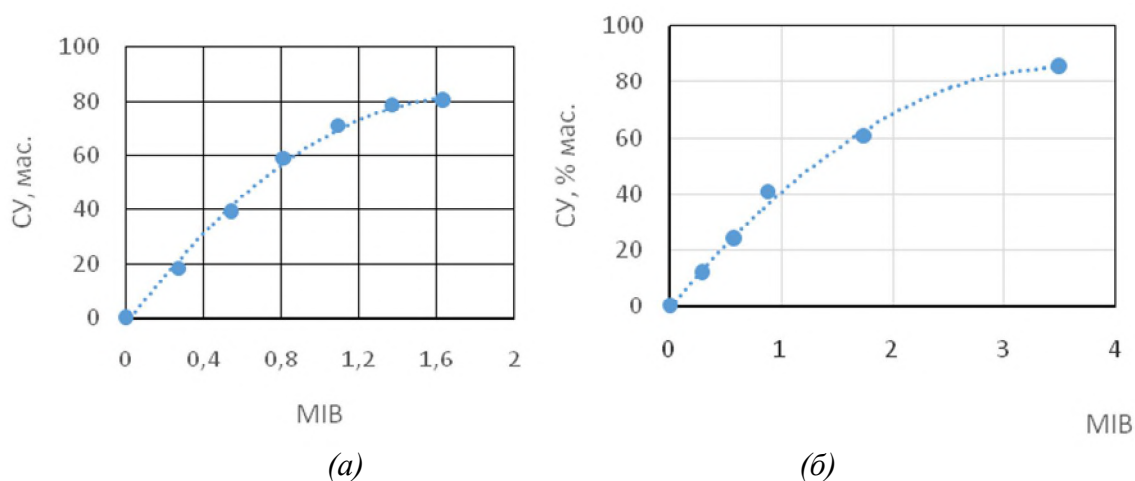


Рис. 4. Залежність ступеня утворення йоду (СУ) від МІВ при озонуванні СПВ Машівського (а) ГКР ($J=51,5$ мг/дм³, Br^- =542 мг/дм³, Fe^{2+} = 142 мг/дм³, $M=23,5$ г/дм³, $pH_0=6,4$) і Мелихівського (б) ГКР ($J=26,5$ мг/дм³, Br^- =43 мг/дм³, Fe^{2+} =64 мг/дм³, $M= 59$ г/дм³, $pH_0=6,1$)

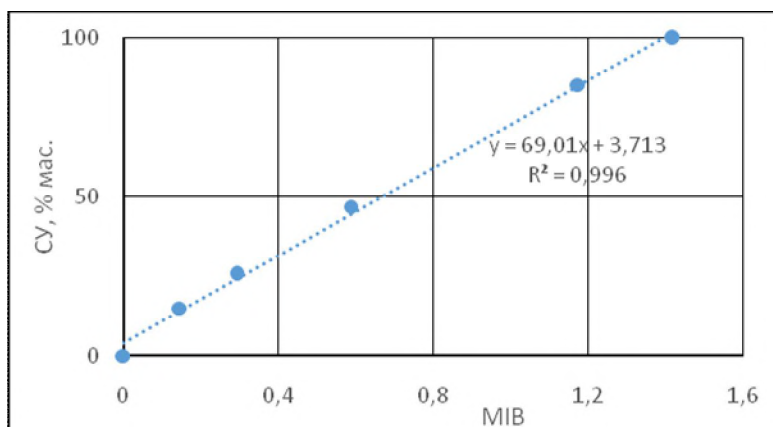


Рис. 5. Залежність ступеня утворення йоду (СУ) від мольно-іонного відношення (МІВ) реагентів при озонуванні СПВ Медведівського ГКР ($J=150$ мг/дм³, Br^- =1820 мг/дм³, Fe^{2+} = 131 мг/дм³, $M=300$ г/дм³, $pH_0= 5,7$)

Разом з тим на більшості вітчизняних родовищ величина pH знаходиться, в основному, у межах 4,5–6,2. Виходячи з цього, при озонуванні СПВ з такими величинами

pH не потрібно підкислювати, як це здійснюють за традиційними методами (рис.6), і таким чином відпадає необхідність (рис. 7) у застосуванні шкідливих речовин. Як наслідок, не утворюються відходи при нейтралізації лугом ($NaOH$ чи NH_4OH) відпрацьованих вод, відсутні викиди в атмосферу хлору і двоокису сірки, що застосовуються традиційно для вилучення йоду, та не ускладнюється повернення СПВ у пласт в зв'язку з утворенням продуктів нейтралізації і порушенням їх сумісності з водами пласта. Екологічні переваги озонування порівняно з застосуванням кислот для отримання йоду з СПВ св.63 Медведівського ГКР видно з табл. 1.

Таблиця 1

Порівняння витрат і кількості відходів на стадії підкислення у залежності від кислотності СПВ

Величина кислотності			Витрати, кг/м ³		Відходи, кг/м ³
pH	C_{H^+} , з-моль/л	$KЧ$, мг KOH /л	HCl	$NaOH$	$NaCl$
за відомим способом вилучення					
1,8	$1,58 \cdot 10^{-2}$	886	0,57	0,63	0,92
2,1	$7,94 \cdot 10^{-3}$	445	0,27	0,32	0,46
за методом озонування					
3,4	$3,98 \cdot 10^{-4}$	22,4	$14,4 \cdot 10^{-3}$	$16 \cdot 10^{-3}$	$23 \cdot 10^{-3}$
4,7	$1,99 \cdot 10^{-5}$	1,12	0	0	0
5,5	$3,16 \cdot 10^{-6}$	0,18	0	0	0
6,2	$6,3 \cdot 10^{-7}$	0,04	0	0	0

Аналіз витрат реагентів при підкисленні СПВ (табл. 1) свідчить про те, що заміна хлорводневої кислоти і луку на озон збільшує екологічну безпеку в 18,7–39,5 та 20–39,4 раз, а випадку відходів – 20–40 раз. При відсутності підкислення за способом озонування відсутні витрати кислоти і луку та не утворюється додаткова кількість відходів, що ще більше підвищує екологічну безпеку на цій стадії. Разом з тим під час озонування можливе надходження озону в атмосферу тоді, коли озон повністю не вступає у реакцію озонування йодид-іонів. Зокрема для озонування СПВ св. 63 (з дебітом 12 м³/добу води і 100 мг/дм³ йодид-іонів 61,2336 г озону/добу) при 90 % ступені утворення йоду ця кількість озону відповідає його концентрації у відпрацьованій ОПС 1,4 мг/м³, що більше рівня ГДК у повітрі населених пунктів (табл. 2). Для рівномірного розсіювання цієї кількості озону на висоті до 20 м з досягненням ГДК у повітрі населених пунктів достатній діаметр площі розсіювання впродовж доби складає 197,4 м. У випадку використання відпрацьованої ОПС для озонування іонів заліза озон практично повністю вступає у реакцію.

Згідно [11] витрати окиснювача хлору для перетворення йодид-іонів в йод, що знаходяться у 12 м³/добу води при їх концентрації 100 мг/дм³ викиди хлору складали б 369,23 г/добу. Для забезпечення рівномірного розсіювання до ГДК (табл. 2) необхідно, щоб ця кількість хлору розповсюдилась на площу діаметром ≈ 429 м. На стадії десорбції йоду з іонів [11], викиди цього реагенту можуть складати 302,57 г/добу, що зумовлює діаметр площі розсіювання ≈ 196 м. При цьому паралельно можливе утворення 497,8 г/добу хлориду натрію і 606,3 г/добу сульфату натрію, які можна віднести до відходів виробництва. Таким чином, порівняно з застосуванням хлору, коефіцієнт підвищення екологічної безпеки збільшується у 2,17 разів, а порівняно з діоксидом сірки залишається на тому ж рівні при відсутності утворення хлориду та сульфату натрію. У відповідності до розрахунку розсіювання, виконаного згідно ОНД-86, різниця концентрації забруднюючої речовини на межі санітарно-захисної зони в порівнянні хлору і озону, дорівнює 0,5 ГДК.

Крім того необхідно підкреслити те, що за способом озонування не використовується сульфатна (ГДК 0,3 мг/м³) [17] і хлорводнева (ГДК 0,2 мг/м³) [18] кислоти та гідроокис натрію (ГДК 0,5 мг/м³) [17], що також сприяє підвищенню екологічної безпеки.

Таблиця 2

Кількість викидів в атмосферу і необхідний діаметр площі рівномірного розповсюдження реагентів для досягнення ГДК у повітрі

Реагент	Кількість викидів (г/добу) за способом:		ГДК, мг/м ³	Діаметр, м	Коеф. безпеки	Посилання на літературу
	традиційний	озонування				
Cl ₂	369,23	-	0,03	429,0	-	12
SO ₂	302,57	-	0,5	196,3	0,99	13
озон	-	61,23	0,03	197,4	2,17	14

Таким чином, з результатів озонування витікає те, що одним з найбільш перспективних родовищ для аналізу екологічних і економічних показників при вилученні йоду є Медведівське ГКР ГПУ “Шебелинкагазвидобування”. На цьому родовищі тільки шість свердловин продукують близько 3300 м³ СПВ в добу, в якій концентрація йодид-іонів коливається у межах 18–198 мг/дм³ при середній концентрації ≈ 50 мг/дм³. При цьому найбільше йодид-іонів знаходиться у воді св. 63 – 107–198 мг/дм³ при дебіті води 12 м³/добу. При середній концентрації по родовищу 50 мг/дм³ і навіть мінімальній концентрації по св. 63 ~100 мг/дм³ та 80 % вилучення йоду з шести свердловин може бути отримано 48 т/рік і однієї – 3,5 т/рік йоду, відповідно. При ціні 30 \$/кг вартість таких обсягів отриманого йоду складатиме 105000–1440000 \$. Тобто вітчизняне потенціальне виробництво йоду тільки з супутньо-пластових вод одного родовища може перевершити світове виробництво у $\approx 1,5$ рази і збільшити прибутки процесів видобування вуглеводнів.

Висновки:

1. Показано, що під час озонування відбуваються реакції перетворення йодид-іонів в йод, а іонів заліза (II) в іони заліза (III) з різними швидкостями. При цьому швидкість озонування йодид-іонів більша, що зумовлює виділення з СПВ спочатку йоду, а потім сполук іонів заліза (III).

2. Встановлено, що залежності ступенів утворення йоду від витрат реагенту характеризуються нелінійними, а іонів заліза лінійними закономірностями, за якими забезпечується більш повне використання озону.

3. Озонуванням СПВ різних родовищ встановлено, що збільшення мінералізації води зумовлює збільшення ступеня утворення йоду при зменшенні мольно-іонного відношення реагентів і таким чином сприяє підвищенню екологічної безпеки виділення йоду перед поверненням СПВ у пласт.

4. Доведено, що заміна хлору, двоокису сірки, хлорводневої і сульфатної кислот на озон сприяє підвищенню екологічної безпеки при поверненні СПВ у пласт за попереднього вилучення йоду і сполук заліза у 2–40 разів.

5. Оцінено економічну доцільність одержання йоду з СПВ вітчизняних газоконденсатних родовищ.

Література

- 1 А.П. Мельник, Н. М. Німець, М. О. Подустов Підвищення екологічної безпеки при поверненні супутньо-пластових вод нафтогазоконденсатних родовищ [Текст]/ Матеріали за 13-а міжнародна научна практична конференція, «Настоящие исследования и развитие- 2017», Том 6. Медицина. Біологічні науки. Екологія. Ветеринарія. Сільськогосподарство: Софія. «Бял ГРАД-БГ» ООД – 92 с.
- 2 Класифікація експлуатаційних запасів і прогнозних ресурсів підземних вод // Затверджено ДКЗ. Київ: 1983. – 32 с.
- 3 Інструкція по застосуванню класифікації запасів підземних вод стосовно родовищ промислових вод //Затверджено ДКЗ. Київ: 1984. – 19 с.
- 4 Тимчасові вимоги до вивчення і підрахунку запасів супутніх вод газових, газонафтових родовищ як джерела мінеральної сировини //Затверджено ГКЗ. Київ: 1992.– 32 с.
- 5 Водний кодекс України (Постанова Верховної ради №214/95-ВР від 06.06.95 р.)
- 6 Ксензенко В. И. Химия и технология брома, йода и их соединений [Текст]: монографія //В. И. Ксензенко, Д. С. Стасиневич//М.: Химия, 1995. – 300 с.

- 7 Ланина, Т. Д. Процессы переработки пластовых вод месторождений углеводородов [Текст]: монография /Т. Д. Ланина, В. И. Литвиненко, Б. Г. Варфоломеев // Ухта: УГТУ, 2006. – 172 с.
- 8 Пат. 2186721 RU, C01B7/14. Способ извлечения йода из буровых вод /Власов Г.А. Бушина Н.Д. Буравцева Г.И. Мухаметшина Л.В. заявитель и патентодержатель РНЦ «Прикладная химия»; заяв. 22.12.199; опубл. 12.08.2002. Режим доступа: freepatent.ru/patents/2186721.
- 9 Резников А.А. [Текст] /Методы анализа природных вод// А.А. Резников, Е.П. Муликовская, И.Ю. Соколов. – М.: Недра, 1990. – С. 262-269.
- 10 Мельник А.П.. Практикум з хімії і технології поверхнево-активних похідних вуглеводневої сировини [Текст]: навчальний посібник / А.П.Мельник, О.П. Чумак, Т.О. Березка// Харків: Курсор, 2004. – С. 275–276.
- 11 Левин Е.А. Перспектива добычи йода из пластовых вод Узбекистана [Текст]/ Материалы Всероссийской школы-конференции молодых ученых “Сверхкритичные флюидные технологии в решении экологических проблем. Экстракция растительного сырья” 25- 27 июня 2012 г. Архангельск 2012. С. 39–44.
- 12 [Електронний ресурс]refr.ru.com/referat-22676-4.html
- 13 [Електронний ресурс]chem21.info/info/772725;
- 14 Гранично допустимі концентрації (ГДК) та орієнтовно безпечні рівні (ОБРД) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. Київ – 1996. – 66 с.
- 15 Депутат О.В. Цивільна оборона [Текст]: навчальний посібник. /О.В. Депутат - Львів: Афіша, 2000. – 345 с.
- 16 Лопухов П.М. [Текст] /Безопасность жизнедеятельности при авариях с опасными химическими веществами. Ч. 2. Оценка химической обстановки при аварии с опасным химическим веществом/ П.М. Лопухов, Е.В. Лукин. - Дніпрпетровськ: НМетАУ, 2003. – 43 с.
- 17 [Електронний ресурс]ohranatruda.ru/biblioteka/tehnicheskie_normativy
- 18 [Електронний ресурс]docs.cntd.ru/document/471851814.

© Н. М. Німець,
А. П. Мельник,
М. О Подустов

УДК 550.4 : 502.175

*К. О. Радловська, Ю. О. Супруненко
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти й газу*

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ЙМОВІРНИХ ЗМІН МІКРОКЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В МЕЖАХ ВПЛИВУ ОБ’ЄКТІВ НА ТЕРИТОРІЯХ НАФТОПРОМИСЛІВ

Проведено аналіз попередніх досліджень локального характеру в межах впливу об’єктів на територіях нафтопромислів Західного регіону України. Проаналізовані: методики попередніх досліджень з оцінювання мікрокліматичних параметрів. Встановлено, що автоматизацію контролю за змінами мікрокліматичних параметрів можна здійснювати шляхом проведення моніторингу та прогнозування стану параметрів мікроклімату на етапі виконання робіт в межах нафтопромислових об’єктів.

Ключові слова: нафтове забруднення, нафтопромисли, мікроклімат, мікрокліматичний профіль, вологість ґрунту, вологість повітря

Проведен анализ предыдущих исследований локального характера в пределах влияния объектов на территориях нефтепромыслов Западного региона Украины. Проанализированы: методики предыдущих исследований по оценке микроклиматических параметров. Установлено, что автоматизацию контроля за изменениями микроклиматических параметров можно осуществлять путем проведения мониторинга и прогнозирования состояния параметров микроклимата на этапе выполнения работ в пределах нефтепромысловых объектов.

- 7 Ланина, Т. Д. Процессы переработки пластовых вод месторождений углеводородов [Текст]: монография /Т. Д. Ланина, В. И. Литвиненко, Б. Г. Варфоломеев // Ухта: УГТУ, 2006. – 172 с.
- 8 Пат. 2186721 RU, C01B7/14. Способ извлечения йода из буровых вод /Власов Г.А. Бушина Н.Д. Буравцева Г.И. Мухаметшина Л.В. заявитель и патентодержатель РНЦ «Прикладная химия»; заяв. 22.12.199; опубл. 12.08.2002. Режим доступа: freepatent.ru/patents/2186721.
- 9 Резников А.А. [Текст] /Методы анализа природных вод// А.А. Резников, Е.П. Муликовская, И.Ю. Соколов. – М.: Недра, 1990. – С. 262-269.
- 10 Мельник А.П.. Практикум з хімії і технології поверхнево-активних похідних вуглеводневої сировини [Текст]: навчальний посібник / А.П.Мельник, О.П. Чумак, Т.О. Березка// Харків: Курсор, 2004. – С. 275–276.
- 11 Левин Е.А. Перспектива добычи йода из пластовых вод Узбекистана [Текст]/ Материалы Всероссийской школы-конференции молодых ученых “Сверхкритичные флюидные технологии в решении экологических проблем. Экстракция растительного сырья” 25- 27 июня 2012 г. Архангельск 2012. С. 39–44.
- 12 [Електронний ресурс]refr.ru.com/referat-22676-4.html
- 13 [Електронний ресурс]chem21.info/info/772725;
- 14 Гранично допустимі концентрації (ГДК) та орієнтовно безпечні рівні (ОБРД) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. Київ – 1996. – 66 с.
- 15 Депутат О.В. Цивільна оборона [Текст]: навчальний посібник. /О.В. Депутат - Львів: Афіша, 2000. – 345 с.
- 16 Лопухов П.М. [Текст] /Безопасность жизнедеятельности при авариях с опасными химическими веществами. Ч. 2. Оценка химической обстановки при аварии с опасным химическим веществом/ П.М. Лопухов, Е.В. Лукин. - Дніпрпетровськ: НМетАУ, 2003. – 43 с.
- 17 [Електронний ресурс]ohranatruda.ru/biblioteka/tehnicheskie_normativy
- 18 [Електронний ресурс]docs.cntd.ru/document/471851814.

© Н. М. Німець,
А. П. Мельник,
М. О Подустов

УДК 550.4 : 502.175

*К. О. Радловська, Ю. О. Супруненко
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти й газу*

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ЙМОВІРНИХ ЗМІН МІКРОКЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В МЕЖАХ ВПЛИВУ ОБ’ЄКТІВ НА ТЕРИТОРІЯХ НАФТОПРОМИСЛІВ

Проведено аналіз попередніх досліджень локального характеру в межах впливу об’єктів на територіях нафтопромислів Західного регіону України. Проаналізовані: методики попередніх досліджень з оцінювання мікрокліматичних параметрів. Встановлено, що автоматизацію контролю за змінами мікрокліматичних параметрів можна здійснювати шляхом проведення моніторингу та прогнозування стану параметрів мікроклімату на етапі виконання робіт в межах нафтопромислових об’єктів.

Ключові слова: нафтове забруднення, нафтопромисли, мікроклімат, мікрокліматичний профіль, вологість ґрунту, вологість повітря

Проведен анализ предыдущих исследований локального характера в пределах влияния объектов на территориях нефтепромыслов Западного региона Украины. Проанализированы: методики предыдущих исследований по оценке микроклиматических параметров. Установлено, что автоматизацию контроля за изменениями микроклиматических параметров можно осуществлять путем проведения мониторинга и прогнозирования состояния параметров микроклимата на этапе выполнения работ в пределах нефтепромысловых объектов.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, нефтепромыслы, микроклимат, микроклиматический профиль, влажность почвы, влажность воздуха

An analysis of previous studies localized within the influence of objects in the oil fields of Western Ukraine. Analyzed, techniques of previous research evaluation microclimatic parameters. Found that automate change control microclimatic parameters can be done by monitoring and forecasting of microclimate parameters during execution of works within the oil industry facilities.

Keywords: oil pollution, oil fields, microclimate, microclimate profile, soil moisture, humidity

Постановка проблеми. Видобуток і транспортування нафти чинять негативний вплив на навколишнє середовище, що відбивається на деградації ґрунтів і ландшафтів, забрудненні атмосферного повітря, поверхневих і глибинних вод.

Найбільшу небезпеку для об'єктів природного середовища становлять відходи буріння, які накопичуються та зберігаються безпосередньо на території бурової. Серед відходів буріння найбільший об'єм мають бурові стічні води. Добове споживання води залежно від умов буріння та організації водопостачання сягає від 25-30 м³ до 100-120 м³. Під час буріння свердловин у переважній більшості використовується прямоточна система постачання води з озер та річок.

Особливу небезпеку для водних об'єктів становлять випадки відмов нафтових колекторів та вихідних ліній у від'ємних формах рельєфу, в межах яких нафта та нафтопродукти безпосередньо можуть надійти у поверхневі та підземні води.

Підприємства нафтопереробної промисловості мають помітний негативний вплив на стан навколишнього середовища і, перш за все, на атмосферне повітря, що обумовлено їх діяльністю і спалюванням продуктів переробки нафти (моторних, котельних палив і ін. продукції).

За забрудненням повітряного басейну нафтопереробка і нафтохімія займають четверте місце серед інших галузей промисловості. До складу продуктів згоряння палива входять такі забруднюючі речовини, як оксиди азоту, сірки і вуглецю, технічний вуглець, вуглеводні, сірководень.

У процесах переробки вуглеводневих систем в атмосферу викидається понад 1500 тис. т/рік шкідливих речовин. З них (%): вуглеводнів – 78,8; оксидів сірки – 15,5; оксидів азоту – 1,8; оксидів вуглецю – 17,46; твердих речовин – 9,3. Викиди твердих речовин, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, оксидів азоту становлять до 98% сумарних викидів від промислових підприємств. Як показує аналіз стану атмосфери, саме викиди цих речовин в більшості промислових міст створюють підвищений фон забруднення.

Обсяги скидання на факел на підприємствах становить у середньому до 1% від нафти, що переробляється. При цьому 90% мас. сумарних скидів на факел складають вуглеводні; 1,6% мас. – водень; 2,6% мас. – сірководень; інше – водяна пара і азот. Переважна частина сірководню надходить з вуглеводневими потоками.

Як відомо, нафта це складна суміш вуглеводнів та їх виробничих похідних; кожна з цих сполук може розглядатися як самостійний токсикант. В її складі є понад 1000 індивідуальних органічних речовин, що містять 83-87% вуглецю, 12-14% водню, 0,5-6,0% сірки, 0,02-1,7% азоту і 0,005-3,6% кисню і незначні домішки мінеральних сполук; зольність нафти не перевищує 0,1%. Поповнення нафтових вуглеводнів в ґрунту викликає ряд негативних наслідків.

Нафта і нафтопродукти це складні багатокомпонентні системи, що складаються з вуглеводнів і їх похідних, які мають різну здатність до окислення, розкладання і порізнному впливають на ґрунт.

Тривалий період перебування в ґрунті зв'язаних залишків нафти і нафтопродуктів призводить до інтенсивної трансформації ґрунтово-геохімічних процесів, відбувається засолення, цементация і т.д. Процеси геохімічного перетворення ґрунтів супроводжують фізичні проблеми ґрунтового покриву, що призводить до часткового або повного

порушення їх аерації і розвитку анаеробних процесів. Результатом змін, є те, що при нафтовому забрудненні ґрунтів відбувається зниження і повна втрата ґрунтової родючості.

Нафтовими вуглеводнями значно пригнічується життєдіяльність біоти, порушується взаємопов'язана динаміка зростання мікроорганізмів, рослин і тварин, змінюється спрямованість і інтенсивність біохімічних реакцій. Токсичність ґрунтів, забруднених нафтою, визначається їх структурним і гранулометричним складом, а також вмістом органічних речовин.

Нафтове забруднення, як правило, призводить до зміни мікробіологічної активності ґрунтової системи. Тривала дія нафти на ґрунт викликає збільшення чисельності мікроорганізмів, порушення структури мікробних компонентів, яке проявляється в збідненості видової різноманітності і розвитку спеціалізованих еколого-трофічних груп мікроорганізмів, що беруть участь на різних етапах розкладання нафти, гальмують інтенсивність протікання біологічних і біохімічних процесів.

Незважаючи на небезпечні наслідки від забруднення, при низьких концентраціях, нафта і деякі її компоненти мають стимулюючу дію на ґрунтову біоту: вона є енергетичним субстратом для мікроорганізмів, стимулює ріст деяких ґрунтових грибів.

Для нафтопромислових підприємств характерне складне виробниче середовище, що впливає на машини і персонал. Вплив вібрації виробничого середовища від машин безсумнівно призводить до руйнування вузлів і деталей машин, а підвищена вологість, перепади температури, наявність в повітрі різних домішок зменшують їх довговічність і т.д. Виробниче середовище може і побічно, через людину, впливати на машини. Недостатня освітленість, підвищений рівень звуку і інші чинники можуть призвести до аварій, або дій людини через її фізичну або психічну втоми. Машини, в свою чергу, можуть впливати на стан виробничого середовища, насичуючи її шумом, вібрацією, токсичними викидами, виділенням тепла, вологи, електрики і т.д.

Більшість виробничих процесів в нафтовій промисловості йдуть на відкритому повітрі, часто при несприятливих метеорологічних умовах. Нафтопромислове експлуатаційне обладнання піддається до зовнішніх впливів, корозії, низьких температур і т.д., що призводить до порушення міцності і передчасного руйнування.

Виробничий мікроклімат характеризується температурою повітря і його відносною вологістю. Серед найбільш ефективних заходів у боротьбі з холодом і надлишковим теплом для підприємств буріння можна рекомендувати наступне – створення штучного мікроклімату і використання індивідуальних засобів захисту.

У нафтовій промисловості застосовують речовини, які при впливі на працюючих можуть викликати короточасне або тривале порушення функцій організму, послабити захисні сили організму.

Виділяють технологічні, технічні та об'ємно-планувальні засоби нормалізації повітря робочої зони та індивідуальні засоби захисту від шкідливих домішок. Технологічні методи нормалізації повітря робочої зони повинні виключати або різко обмежувати процеси і операції, що супроводжуються викидом в робочу зону шкідливих газів, парів, аерозолів.

Серед основних проблем, що стосуються екологічного оцінювання стану навколишнього середовища в межах нафтопромислових об'єктів виділяється брак методик та методологій оцінювання ймовірних змін мікрокліматичних параметрів. Одним з методів визначення таких змін, є метод оцінки за фоновими та нормативними показниками. При проведенні досліджень розглянули наступні методи та методики: порівняльний аналіз методів та засобів вимірювання параметрів мікроклімату; методи формалізації, моделювання, оцінки і прогнозування; метод аналізу ризиків та критичних контрольних точок; методи визначення розмірів і концентрації аерозольних часток, температури та вологості повітряного середовища; методи математичного та фізичного моделювання, зокрема метод експертних оцінок.

Аналіз останніх досліджень. Сучасний розвиток нафтопромислових об'єктів та

впровадження в промисловість нових технологій та установок потребує високої надійності, швидкодії та точності функціонування систем контролю стану технологічного середовища, а саме – мікроклімату.

В зв'язку з цим дослідження та створення надійних і ефективних систем контролю параметрів мікроклімату має велике значення для нафтогазової галузі.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Аналіз науково-технічної літератури визначив ряд невирішених питань, пов'язаних з загальною метою забезпечення високих і стабільних показників експлуатаційних характеристик нафтопромислових об'єктів шляхом контролю параметрів мікроклімату. Якість технологічного середовища зокрема забезпечується чітким дотриманням параметрів мікроклімату. З цією метою проведено аналіз літературних джерел щодо впливу мікроклімату на експлуатаційні характеристики нафтопромислових об'єктів.

Формулювання цілей дослідження. Для досягнення поставленої мети необхідно досягти наступних цілей:

- розглянути наукові підходи вирішення задачі підвищення якості процесу контролю і прогнозування параметрів мікроклімату для забезпечення експлуатаційних характеристик нафтопромислових об'єктів;
- проаналізувати та порівняти методи та методики дослідження параметрів мікроклімату, закономірностей їх формування та оцінки впливу мікроклімату на експлуатаційні характеристики досліджуваних об'єктів;
- створити методи аналізу і прогнозування параметрів мікроклімату на основі фізичних і математичних залежностей, алгоритмів, та методів досліджень;
- розробити автоматизовану систему контролю параметрів мікроклімату в межах функціонування нафтопромислових об'єктів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Кліматичні умови Західного регіону України визначаються у першу чергу її географічним розташуванням. Вони також формуються внаслідок взаємодії таких факторів, як сонячна радіація, циркуляційні процеси в атмосфері, підстилаючою землею поверхнею. Завдяки взаємодії всіх цих факторів, формуються загальні риси клімату досліджуваного регіону.

Аналіз науково-технічної літератури визначив ряд невирішених питань, пов'язаних з загальною метою забезпечення високих і стабільних показників експлуатаційних характеристик нафтопромислових об'єктів шляхом контролю параметрів мікроклімату. Якість технологічного середовища зокрема забезпечується чітким дотриманням параметрів мікроклімату в межах визначеного класу. З цією метою проведено аналіз літератури щодо впливу мікроклімату на експлуатаційні характеристики досліджуваних об'єктів, виконано оцінку методів і засобів контролю та формування параметрів мікроклімату.

Вимірювання параметрів мікроклімату та аналіз отриманих результатів проводиться згідно міжнародного стандарту ISO 14644.

Розміри аерозольних часток і їх концентрацію в повітрі приміщень нафтопромислових об'єктів (на прикладі Богородчанського району) вимірюють лише для тих розмірів частинок, що задані технічними вимогами процесу складання. Вимірювання можна здійснювати шляхом запропонованого методу автоматизованого неперервного відбору проб повітря. Для обробки результатів вимірювання пропонується використовувати графічний метод послідовного відбору проб.

Для прогнозування стану параметрів мікроклімату запропоновано використовувати методи інтерполяції та екстраполяції функції за допомогою кубічних сплайнів.

Розрахунок параметричної надійності системи виконується на основі методик визначення показників параметричної надійності схем системи контролю.

Для оцінки впливу мікроклімату пропонується використовувати метод експертних оцінок. Для одержання групової оцінки об'єктів використовується середнє значення оцінки для кожного об'єкта:

$$x_i = \sum_{h=1}^l \sum_{j=1}^m q_h x_{ij}^h k_j \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

де m – це кількість експертів, що виконують оцінку n об'єктів по l показникам; результати оцінки представлені у вигляді рангу x_{ij}^h ; j – номер експерта; i – номер об'єкта; h – номер показника (ознаки) порівняння; q_h – коефіцієнт ваги показників порівняння об'єктів; k_j – коефіцієнт компетентності експерту.

Коефіцієнти компетентності експертів оцінюються за ступенем погодженості з груповою оцінкою об'єктів:

$$k_j^t = \frac{1}{\lambda^t} \sum_{i=1}^n x_{ij} x_i^t; \sum_{j=1}^m k_j^t = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, m). \quad (2)$$

Метод експертних оцінок дає можливість оцінити, які експлуатаційні характеристики в процесі його складання, залежать від мікроклімату досліджуваної території, а також оцінити ступінь цієї залежності.

Використання методу аналізу ризиків і критичних контрольних точок НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points) дозволяє виконувати комплексну оцінку технологічного процесу з метою виявлення факторів, що є найбільш небезпечними для експлуатаційних характеристик об'єктів, та технологічних операцій. При цьому проводиться аналіз небезпечних факторів й відбираються ті з них, усунення або зниження негативної дії яких істотно впливає на функціонування об'єктів дослідження [1-4].

Визначення змін мікрокліматичних параметрів в межах нафтопромислових об'єктів проводились також шляхом апробації, а саме через виявлення забруднених ділянок та визначення затрат на їх відновлення.

Мікрокліматичні варіації на території дослідження стають дедалі більш контрастними. Це явище, що імовірно пов'язане з глобальним потеплінням клімату, може мати несподівані наслідки: по-перше, перерозподіляються витрати на меліоративні заходи, а, по-друге, наявним є виникнення екологічних проблем, що тісно пов'язані з мікрокліматичними варіаціями, наприклад, з так званим, «потенційним забрудненням» навколишнього середовища [2].

З метою виявлення основних факторів, що спричинили такі негативні наслідки на близько розташованих ділянках були проведені профільні мікрокліматичні дослідження (рис. 1), упродовж яких вимірювались температура і вологість повітря на висоті 1,5 м над шаром витіснення (2/3 висоти ділянки) та напрямок вітру на висоті 3 м над підстилаючою поверхнею на точці №3 (опорна точка профілю). Спостереження проводились серіями з 10 замірів по 1–3 серії на окремих точках (серії а, б, в). Кількість серій залежала від ступеня нестійкості швидкості вітру. Профіль складався з шести основних точок, на яких вимірювались показники мікроклімату, а також визначалась вологість ґрунту візуальним методом, рекомендованим міжнародним стандартом ISO 14644 [4]. Крім основних точок, були ще дві додаткові точки (2.2 та 5.2) на незрошуваних ділянках (2.1 та 5.1). Тут визначалась лише вологість ґрунту.

Таким чином, можна простежити розподіл вологості ґрунту вздовж профілю, що складався з ділянок, не змінених зрошенням – максимальна величина вологості ґрунту на точках профілю під час проведення спостережень була на останній точці профілю (рис. 2).

Значна сухість ґрунту на першій точці профілю, що розташована на відкритій місцевості, пояснюється тим, що це – найбільш незахищена від суховіїв ділянка. Деякі коливання вологості ґрунту на глибині 20 см можна віднести на рахунок статистичних коливань та неточності замірів. Температура повітря вздовж всього профілю вища 30°C, а мінімальна відносна вологість падає до 30% на двох точках (№ 1 та № 5) і становить 15,7 та 15,5 мбар відповідно. Запропонована методика дозволяє виявити проблемні ділянки, у межах яких порушення мікрокліматичних параметрів важко пояснити

загальноприйнятими підходами, наприклад, на незрошуваній точці № 5.2 ґрунт виявився найбільш сухим і тут найменша, у межах профілю, пружність водяної пари.

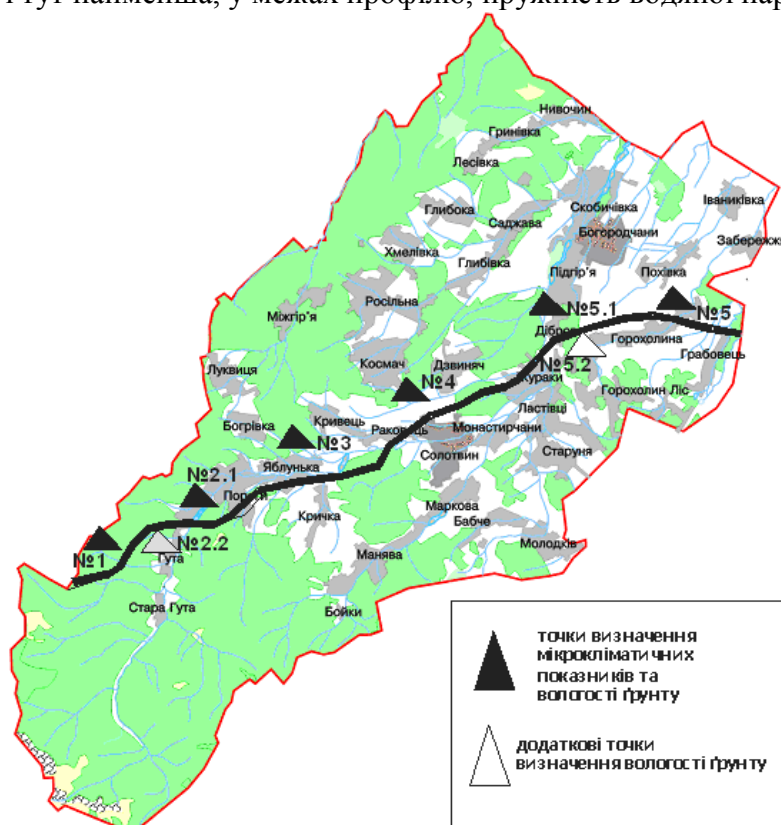


Рис. 1. Схема мікрокліматичного профілю

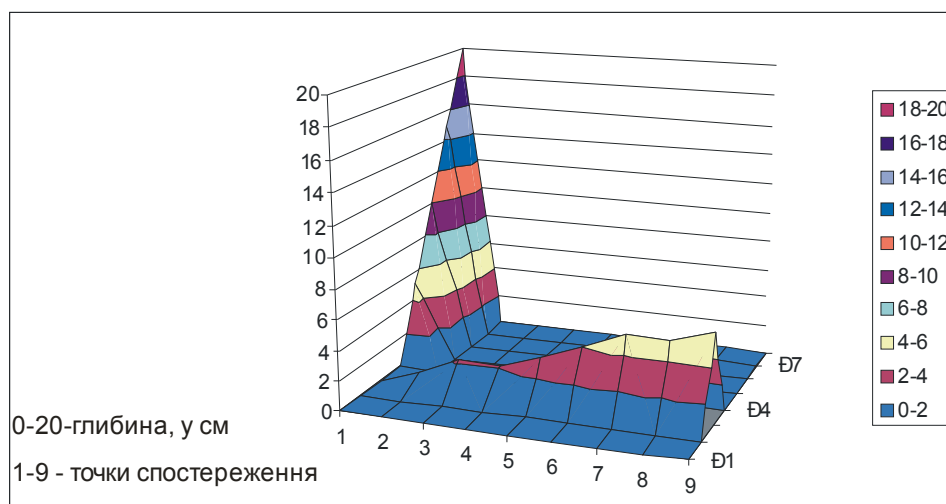


Рис. 2. Вологість ґрунту на точках мікрокліматичного профілю

Можливе пояснення цього явища можна знайти, аналізуючи екстремальні умови погоди, що характеризуються критичними показниками температури та вологості повітря (температура вище 30°C, відносна вологість нижче 30%).

Розроблена модель зміни комплексу мікрокліматичних характеристик залежно від добового ходу температури (табл. 1), для чого відповідно до максимальної добової температури на точці №3 – 31,2°C, температура на інших точках профілю проекstrapольована і за допомогою психрометричної таблиці внесено поправки у дані відносної вологості повітря.

Це дозволяє стверджувати, що з підвищенням загального фону температури збільшується кількість випадків переходу мікрокліматичних показників через критичні, шкідливі для рослин значення. Так, згідно з моделлю (табл. 2), критичних значень відносної вологості повітря найбільше на точці №1 (близько 60%), на точках №5 та №4 менше (30-40%), а на точці №6 маємо значні коливання від 0 до 40% в залежності від вітру. Таким чином, на даній місцевості провідним фактором формування мікроклімату є вітер, а на точках профілю «західних» ділянок, які хоча і знаходились на «сприятливій» стороні, але все ж значно піддавалися впливу суховію, бо виявились не досить захищеними від вітру.

Таблиця 1

Середні величини метеорологічних показників на точках профілю

Точки, серії спостережень	Пружність водяної пари, мбар	Температура повітря, °C	Відносна вологість повітря, %	Мінімальна відносна вологість повітря, % min.
№ 1	15,5	31,3	34	30
№ 2	17,7	31,8	38	34
№ 3 а)	17,5	32,2	37	34
№ 3 б)	17,3	32,6	35	34
№ 3 в)	17,7	32,6	36	35
№ 4 а)	17,3	32,9	34	33
№ 4 б)	16,9	32,1	34	31
№ 5 а)	15,7	31,5	34	30
№ 5 б)	15,9	31,2	35	31
№ 6 а)	15,8	31,6	34	31
№ 6 б)	16,9	31,9	36	33
№ 6 в)	17,5	32,1	37	34

Таблиця 2

Відносна вологість повітря при максимальній добовій температурі

№ спостереже	t max повітря											
	32,5	33,0	33,4	33,8	33,8	34,1	33,3	32,7	32,4	32,8	33,1	33,3
	точки, серії											
	№1	№2	№3 а)	№3 б)	№3 в)	№4 а)	№4 б)	№5 а)	№5 б)	№6 а)	№6 б)	№6 в)
	Відносна вологість повітря, %											
1	31	35	34	33	32	33	32	33	31	31	32	36
2	30	34	35	33	32	33	31	34	31	31	32	36
3	30	34	35	34	33	32	31	32	31	31	32	35
4	31	34	34	33	33	33	32	32	32	31	31	34
5	31	35	34	33	34	33	32	32	31	32	32	33
6	33	36	33	33	35	31	33	32	32	32	33	33
7	32	36	33	33	35	32	33	32	33	32	34	34
8	31	37	33	33	35	31	32	31	33	32	35	34
9	33	36	34	33	34	32	31	31	34	33	35	34
10	32	36	34	33	34	31	31	30	35	33	35	34

Висновки за результатами дослідження. Отже, зважаючи на світовий досвід та аналіз попередніх досліджень, обґрунтовано алгоритм проведення екологічних досліджень, шляхом контролю і прогнозування стану параметрів мікроклімату, а саме: проаналізовані та запропоновані порівняльні методи та методики (метод експертних оцінок) дослідження параметрів мікроклімату, закономірностей їх формування та оцінки впливу мікроклімату на експлуатаційні характеристики досліджуваних об'єктів; створені методи аналізу і прогнозування параметрів мікроклімату на основі фізичних і математичних залежностей, алгоритмів, та методів досліджень.

Впроваджена запропонована автоматизована система контролю параметрів мікроклімату в межах функціонування нафтопромислових об'єктів на етапі виконання технологічних операцій, з метою підвищення рівня екологічної безпеки навколишнього середовища в межах впливу об'єктів нафтопромислів.

Література

- 1 Жидецький В.Ц. Основи охорони праці/В.Ц. Жидецький – Л. : Афіша, 2005. – 349 с.
- 2 Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу : затв. Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 27.12.2001 р. № 528.
- 3 ISO 7243 "Високотемпературные условия – оценка тепловой нагрузки по индексу WBGT (температура влажного й шарового термометра)".
- 4 Міжнародний стандарт ISO 14644 «Класифікація чистоти повітря».

© К. О. Радловська,
Ю. О. Супруненко

УДК 553.98/504.43:504.4.054

Д. В. Дядін

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

ГІДРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ОСЕРЕДКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА РОДОВИЩАХ СХІДНОГО НАФТОГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНУ

Наведено результати досліджень гідрохімічних показників забруднення підземних вод компонентами супутньо-пластових вод на окремих родовищах Східного нафтогазоносного басейну. Визначено, що витоки супутньо-пластових вод формують осередки забруднення першого від поверхні водоносного горизонту, основними індикаторами якого виступають підвищені концентрації хлоридів, натрію, стронцію та літію. Найвищі рівні забруднення характерні для ділянок експлуатації відкритих систем підготовки пластових вод та систем повернення пластових вод у надра.

Ключові слова: нафтогазові родовища, підземні води, супутньо-пластові води, забруднення

Приведены результаты исследований гидрохимических показателей загрязнения подземных вод компонентами попутно-пластовых вод на отдельных месторождениях Восточного нефтегазоносного бассейна. Определено, что утечки попутно-пластовых вод формируют очаги загрязнения первого от поверхности водоносного горизонта, основными индикаторами которого выступают повышенные концентрации хлоридов, натрия, стронция и лития. Наиболее высокие уровни загрязнения характерны для участков эксплуатации открытых систем подготовки пластовых вод и систем возврата пластовых вод в недра.

Ключевые слова: нефтегазовые месторождения, подземные воды, попутно-пластовые воды, загрязнение

Hydrochemistry of groundwater contaminated by produced waters has been investigated on several oil and gas fields of Eastern oil-gas bearing basin. It is found that spillages of produced waters contaminate shallow aquifer with high amounts of chlorides, sodium, strontium and lithium. The highest levels of groundwater contamination are observed on the sites of open reservoirs of produced water treatment and injection wells.

Keywords: oil and gas fields, groundwater, produced water, contamination

Впроваджена запропонована автоматизована система контролю параметрів мікроклімату в межах функціонування нафтопромислових об'єктів на етапі виконання технологічних операцій, з метою підвищення рівня екологічної безпеки навколишнього середовища в межах впливу об'єктів нафтопромислів.

Література

- 1 Жидецький В.Ц. Основи охорони праці/В.Ц. Жидецький – Л. : Афіша, 2005. – 349 с.
- 2 Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу : затв. Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 27.12.2001 р. № 528.
- 3 ISO 7243 "Високотемпературные условия – оценка тепловой нагрузки по индексу WBGT (температура влажного й шарового термометра)".
- 4 Міжнародний стандарт ISO 14644 «Класифікація чистоти повітря».

© К. О. Радловська,
Ю. О. Супруненко

УДК 553.98/504.43:504.4.054

Д. В. Дядін

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

ГІДРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ОСЕРЕДКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА РОДОВИЩАХ СХІДНОГО НАФТОГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНУ

Наведено результати досліджень гідрохімічних показників забруднення підземних вод компонентами супутньо-пластових вод на окремих родовищах Східного нафтогазоносного басейну. Визначено, що витоки супутньо-пластових вод формують осередки забруднення першого від поверхні водоносного горизонту, основними індикаторами якого виступають підвищені концентрації хлоридів, натрію, стронцію та літію. Найвищі рівні забруднення характерні для ділянок експлуатації відкритих систем підготовки пластових вод та систем повернення пластових вод у надра.

Ключові слова: нафтогазові родовища, підземні води, супутньо-пластові води, забруднення

Приведены результаты исследований гидрохимических показателей загрязнения подземных вод компонентами попутно-пластовых вод на отдельных месторождениях Восточного нефтегазоносного бассейна. Определено, что утечки попутно-пластовых вод формируют очаги загрязнения первого от поверхности водоносного горизонта, основными индикаторами которого выступают повышенные концентрации хлоридов, натрия, стронция и лития. Наиболее высокие уровни загрязнения характерны для участков эксплуатации открытых систем подготовки пластовых вод и систем возврата пластовых вод в недра.

Ключевые слова: нефтегазовые месторождения, подземные воды, попутно-пластовые воды, загрязнение

Hydrochemistry of groundwater contaminated by produced waters has been investigated on several oil and gas fields of Eastern oil-gas bearing basin. It is found that spillages of produced waters contaminate shallow aquifer with high amounts of chlorides, sodium, strontium and lithium. The highest levels of groundwater contamination are observed on the sites of open reservoirs of produced water treatment and injection wells.

Keywords: oil and gas fields, groundwater, produced water, contamination

Постановка проблеми. Погіршення якості природних вод є однією з основних екологічних проблем України, у тому числі для північно-східних регіонів України, які відзначаються відносно високим рівнем водозабезпеченості поверхневими і підземними водними ресурсами. Прогнозні запаси питних і технічних підземних вод Полтавської, Харківської, Сумської та Чернігівської областей становлять 32% запасів всієї країни [1]. При цьому підземні водні ресурси зазначених областей місцями зазнають помітного навантаження від сільськогосподарської та промислової діяльності. Одним із найістотніших факторів впливу на довкілля, який створює екологічні проблеми регіонального рівня, є процеси видобування та переробки нафти і природного газу [2]. Східний нафтогазоносний басейн, приурочений до Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), налічує 238 родовищ вуглеводнів, розташованих в адміністративних межах Чернігівської, Сумської, Полтавської, Харківської, Дніпропетровської, Донецької та Луганської областей, і є найбільшим в Україні за обсягом розвіданих запасів та видобутком нафти та газу. Історія видобування у басейні налічує більше 50 років інтенсивної розробки надр, протягом яких були пробурені тисячі свердловин різного призначення на глибину від 1500 до 5000 м [3].

Основною проблемою, пов'язаною з видобуванням нафти і газу в регіоні, є забруднення поверхневих і неглибоких підземних вод нафтопродуктами і компонентами високомінералізованих супутніх пластових вод (СПВ), які видобувають у складі вуглеводневої суміші. На нафтових родовищах, що перебувають на кінцевій стадії розробки, обводненість продукції є дуже високою і може сягати 90% [4, 5]. Видобуті СПВ після сепарації повертаються до продуктивних горизонтів карбону у системах підтримання пластового тиску (ППТ) або нагнітаються до солоних водоносних горизонтів тріасу, що для умов Східного басейну є єдиним виправданим засобом утилізації відходів такого складу. Але висока хімічна агресивність СПВ та застарілість технологічного обладнання постійно створюють загрозу їхнього потрапляння у водоносні горизонти та поверхневі водні об'єкти на території родовищ.

Не дивлячись на масштабність освоєння нафтогазоносних надр у регіоні та очевидні ризики негативного впливу на стан водних ресурсів, питання забруднення природних вод компонентами СПВ на території Східного басейну у науковій періодиці України майже не висвітлене. У 2001 році спеціалістами ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс» було узагальнено результати моніторингу підземних і поверхневих вод і показано, що на ділянках підготовки, транспортування і скидання СПВ, а також аварійних кратерів свердловин зустрічаються високі та катастрофічні рівні забруднення вод [5]. Представниками тієї ж компанії пізніше було детально висвітлено стан забруднених вод на одному з найкрупніших нафтогазопромислових вузлів – Качанівському [6]. Схожі проблеми забруднення довкілля пластовими водами досліджуються і в Передкарпатському нафтогазоносному басейні [7]. Низкою публікацій висвітлено значення СПВ Східного нафтогазоносного басейну як гідромінеральної сировини. Генетичний зв'язок пластових вод кам'яновугільних покладів із морськими розсолами зумовлює в них промислові концентрації таких мікроелементів, як йод, бром, бор та інших [8–10]. У зарубіжних виданнях питання забруднення поверхневих і підземних вод від скидів або витоків пластових вод розглядається значно ширше. Проблеми, пов'язані з потраплянням до водних об'єктів солоних пластових вод із мінералізацією до 240 г/дм³ і високими концентраціями токсичних металів, виникають в багатьох крупних нафтогазоносних басейнах світу [15, 16].

Щорічний видобуток пластових вод разом із нафтою і газом на родовищах України оцінюють у близько 20 млн т [9]. Зважаючи на високий ступінь обводненості покладів багатьох родовищ Східного басейну та високі рівні мінералізації, характерні для місцевих СПВ, проблема екологічної безпеки водних ресурсів потребує невідкладного вивчення на регіональному рівні. Особливої актуальності проблема впливу промислових флюїдів на

стан і якість природних вод набуває зі зростанням використання у басейні технологій гідравлічного розриву пласта.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень є визначити характер і рівень забруднення підземних і поверхневих вод на ділянках нафтогазовидобувних об'єктів у Східному нафтогазоносному басейні.

Завдання, що поставлені у дослідженні, містять:

- проведення аналізу накопичених даних моніторингу природних вод на окремих родовищах Східного нафтогазоносного басейну;
- визначення показників-індикаторів забруднення природних вод та аналіз закономірностей їхнього розподілу на досліджених родовищах;
- оцінка рівня забруднення природних вод на родовищах за визначеними показниками.

Матеріали та методи дослідження. У дослідженні використано результати моніторингу підземних і поверхневих вод, що проводиться автором у складі компанії ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД» з 2002 р. на родовищах Східного басейну на територіях діяльності нафтогазовидобувних компаній ВАТ «Укрнафта», ПАТ «Укргазвидобування» та інших. Відбирання проб підземних і поверхневих вод на території родовищ відбувалося щоквартально для урахування сезонних коливань у режимі живлення водних об'єктів. Проби відбиралися із спеціальних спостережних свердловин, водозабірних свердловин питного та технічного водопостачання, колодязів громадян, природних джерел, а також поверхневих водотоків і водойм. Підземні води, що досліджувалися у ході моніторингу, належать до зони активного водообміну в четвертинних і неоген-палеогенових водоносних горизонтах. Найглибшим горизонтом, що опробувався, виступав канівсько-бучацький, який залягає на глибині від 80 до 220 м від поверхні землі у залежності від геологічної будови території розташування свердловин. Крім того, до аналізів були залучені дані щодо складу СПВ, які відбиралися на різних родовищах із продуктивних горизонтів середнього і верхнього карбону.

Під час кожного відбору проб на місці здійснювали експрес-вимірювання фізико-хімічних показників води – температури, питомої електропровідності, водневого показника рН та окислювально-відновного потенціалу Eh. Лабораторні дослідження на вміст основних іонів, стронцію, літію, нафтопродуктів і сухого залишку виконували за стандартними методиками в акредитованій лабораторії. В обробці даних використовували методи статистичного аналізу. Для оцінки рівня забруднення підземних вод використовували граничнодопустимі концентрації для питних вод, встановлені чинними санітарними нормами [11].

Виклад основного матеріалу. Гідрохімічний моніторинг, що проводиться автором у складі компанії ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД», охоплює близько 40 нафтових і газових родовищ, розташованих у різних геологічних умовах Дніпровської-Донецької западини. Для аналізу в даному дослідженні були обрані родовища, на яких у різний час були виявлені осередки забруднення підземних вод, приурочені до таких об'єктів інфраструктури, як відкриті системи підготовки СПВ (накопичувачі, ставки-відстійники), нагнітальні свердловини, насосні станції і водоводи. До цього переліку потрапили сім родовищ, кожне з яких характеризується довгою історією освоєння і має розвинену систему закачування СПВ у надра (табл. 1).

Всі досліджувані родовища є нафтогазоконденсатними, перебувають на завершальних стадіях експлуатації й характеризуються значними обсягами СПВ, що видобуваються і повертаються у надра. На Анастасівському, Бугруватівському та Рибальському родовищах функціонують системи підтримання пластового тиску шляхом закачування СПВ у продуктивні горизонти карбону.

Ступінь небезпеки СПВ як забрудника можна представити, якщо проаналізувати їхній хімічний склад. За результатами наших досліджень мінералізація пластових вод кам'яновугільних покладів становить від 80 до 240 г/дм³ у залежності від родовища. Води

мають хлоридний кальцієво-натрієвий склад, частка кальцію в якому достатньо помітна і становить 20–30%-екв., а коефіцієнт метаморфізації $r_{Na/rCl} = 0,63–0,77$, що відповідає даним інших дослідників гідрогеохімії підземних вод Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну [12].

Таблиця 1

Розподіл досліджених родовищ за басейнами стоку й об'єми досліджень

Басейн стоку	Нафтогазові родовища, на яких проводилися дослідження	Початок експлуатації родовища [3]	Кількість пунктів моніторингу	Кількість проведених спостережень
Удай	Леляківське, Гнідинцівське	1959–1964	29	75
Сула	Глинсько-Розбишівське	1959	83	981
	Анастасівське	1973	36	824
Псел	Качанівське	1960	47	1375
Ворскла	Бугруватівське, Рибальське	1965–1976	65	1090

Аналіз основного іонного складу досліджених підземних вод показує достатньо високу різноманітність у співвідношеннях катіонів і аніонів. На діаграмах Пайпера (рис. 1) узагальнено хімічний склад підземних вод, для чого використано усереднені багаторічні дані моніторингу по кожному пункту спостережень на досліджених родовищах. На цих і подальших діаграмах проби згруповані за такими водоносними горизонтами зверху вниз: 1) четвертинний горизонт в еолово-делювіальних суглинках та піщано-глинистих алювіальних відкладах; 2) неоген-палеогеновий водоносний горизонт, представлений залежно від території новопетрівсько-берецькими та харківськими піщаними відкладами; 3) канівсько-бучацький горизонт у пісках еоцену. Для більшої наочності проби також розділені за рівнем мінералізації у 1500 мг/дм^3 , що відповідає верхній допустимій межі для питних вод колодязів і каптажів джерел [11].

Всі досліджені проби характеризуються гідрокарбонатним або хлоридним складом в аніонній частині та змішаним складом у катіонній. Сульфатних вод у досліджених водоносних горизонтах не виявлено, вміст сульфатів у пробах становить переважно менше 20 %-екв.

Найбільші варіації хімічного складу притаманні ґрунтовим водам четвертинного водоносного горизонту. Переважаючим складом для незабруднених четвертинних вод є гідрокарбонатний кальцієвий, а мінералізація таких вод перебуває у межах $600–1300 \text{ мг/дм}^3$. На ділянках, де відбулося забруднення компонентами СПВ, спостерігається помітна зміна складу вод у бік хлоридно-натрієвого з відповідним підвищенням мінералізації до $2000–5000 \text{ мг/дм}^3$. Обидва ці іони нехарактерні для верхньої частини зони активного водообміну лівобережжя Дніпра, тому їхня одночасна поява у складі ґрунтових вод є ознакою забруднення компонентами СПВ.

Найвищим ступенем забруднення характеризуються ґрунтові води зі спостережних свердловин, розташованих безпосередньо на ділянках систем відкритої підготовки СПВ. Проби з таких свердловин біля накопичувачів пластових вод на Качанівському родовищі та ставків додаткового відстоювання на Глинсько-Розбишівському родовищі за вмістом хлоридів і натрію та рівнем мінералізації фактично наближаються до СПВ. Це ще раз підтверджує повну непридатність глинистих протифільтраційних екранів, в яких агресивні пластові води руйнують карбонатні мінерали та різко знижують гідроізолюючу здатність екрану [5]. Частина проб із четвертинного водоносного горизонту, в якій вміст хлоридів становить більше 70%-екв., належить до спостережних свердловин на ділянках нагнітальних свердловин та водоводів пластових вод, де відбувалися пориви і витіки СПВ. Вміст натрію в цих пробах також підвищено, але частка кальцію все одно залишається переважальною – від 50 до 80%-екв. Таким чином, в аніонній частині зміна гідрокарбонатного складу хлоридним відбувається значно помітніше.

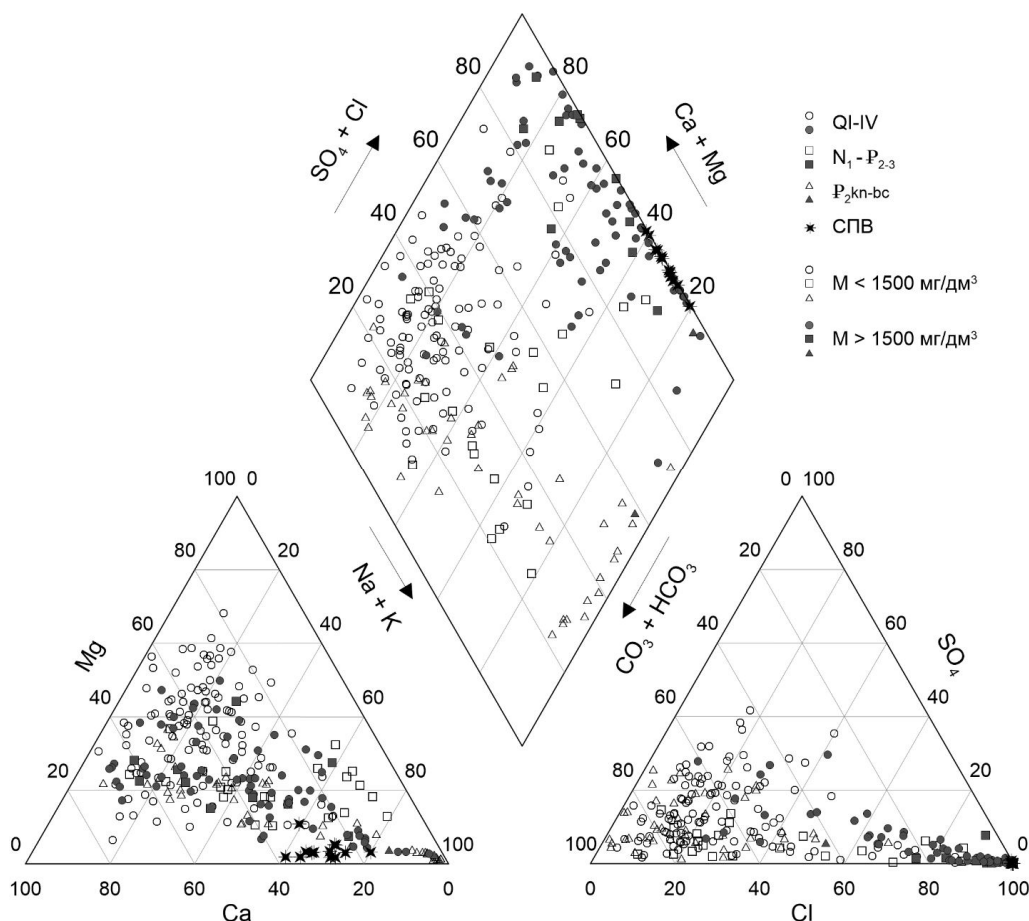


Рис. 1. Іонний склад підземних вод і СПВ на досліджених родовищах

Води другого від поверхні неоген-палеогенового горизонту, який часто утворює єдиний водоносний комплекс із четвертинними відкладами, також характеризується ознаками забруднення компонентами СПВ, але частка забруднених проб є меншою. Це обумовлено, з одного боку, його більш високою захищеністю, а з іншого – недостатньою вивченістю. Спостережних свердловин на цей горизонт споруджено дуже мало, а для водопостачання в населених пунктах і на промислах частіше використовують четвертинний та більш глибокий канівсько-буцацький горизонти. Більшість досліджених проб показують переважно гідрокарбонатний кальцієвий склад підземних вод у цьому горизонті, але на Качанівському та Глинсько-Розбишівському родовищах є спостережні свердловини, в яких зафіксована підвищена роль хлоридів і натрію на фоні підвищеної мінералізації до 2000–5000 мг/дм³.

Підземні води канівсько-буцацького горизонту, який залягає на глибині переважно більше 100 м, помітно відрізняються від перекриваючих його горизонтів та мають власні регіональні відмінності за площею. Велика група проб має гідрокарбонатний натрієвий та хлоридно-гідрокарбонатний натрієвий склад із невисокою мінералізацією – 700–1500 мг/дм³. За умов низької мінералізації та невеликої частки хлоридів такий склад не пов'язаний із забрудненням компонентами СПВ, до того ж канівсько-буцацький горизонт є регіонально захищеним водотривом київських мергелів і глин. Поява хлоридів і натрію в цих водах може бути обумовлена висхідним підживленням солонуватими водами з підстилаючих напірних горизонтів в умовах скороченості або відсутності крейдових та юрських водотривів [13].

Для оцінки зв'язку між глибокими водоносними горизонтами зони ускладненого водообміну з приповерхневими горизонтами зони активного водообміну використовують коефіцієнт метаморфізації rNa/rCl , тобто відношення вмісту натрію до вмісту хлоридів у еквівалентній формі. Високомінералізовані підземні води глибоких горизонтів, які мають

генетичний зв'язок є морськими розсолами, характеризуються значеннями rNa/rCl , близькими до морської води – 0,8–0,9. Води прісного складу, що зазнають активного водообміну з атмосферними опадами, відрізняються в бік підвищення цього коефіцієнту до 2,0–9,0 і більше [12].

На рис. 2 представлені величини коефіцієнту метаморфізації та його залежність від мінералізації вод на досліджених родовищах за водоносними горизонтами. Виявлено, що досліджений нами набір проб характеризується дуже широким спектром значень коефіцієнту метаморфізації – від 0,08 до 50, в якому виявляється тренд зниження коефіцієнту зі зростанням мінералізації підземних вод. До нього увійшли води як незабруднені компонентами СПВ, але при цьому гідрохімічно аномальні, так і ті, що безпосередньо розбавлялися витоками пластових вод з різною інтенсивністю і тривалістю. Найвищі значення rNa/rCl ми спостерігаємо в пробах підземних вод канівсько-бучацького горизонту на ділянках, де цей горизонт, очевидно, не зазнає ані забруднення від витоків СПВ зверху, ані природного висхідного підживлення солонуватими хлоридними водами. Величина коефіцієнту для сильно забруднених ґрунтових вод на ділянках відкритих системи підготовки СПВ та поглинальних свердловин наближується до 0,8–1,0, що відповідає величині, характерній для пластових вод. Низькі значення коефіцієнту rNa/rCl свідчать про наявність хлоридного забруднення підземних вод, але висока частка кальцію в них, може говорити про давність термінів такого забруднення.

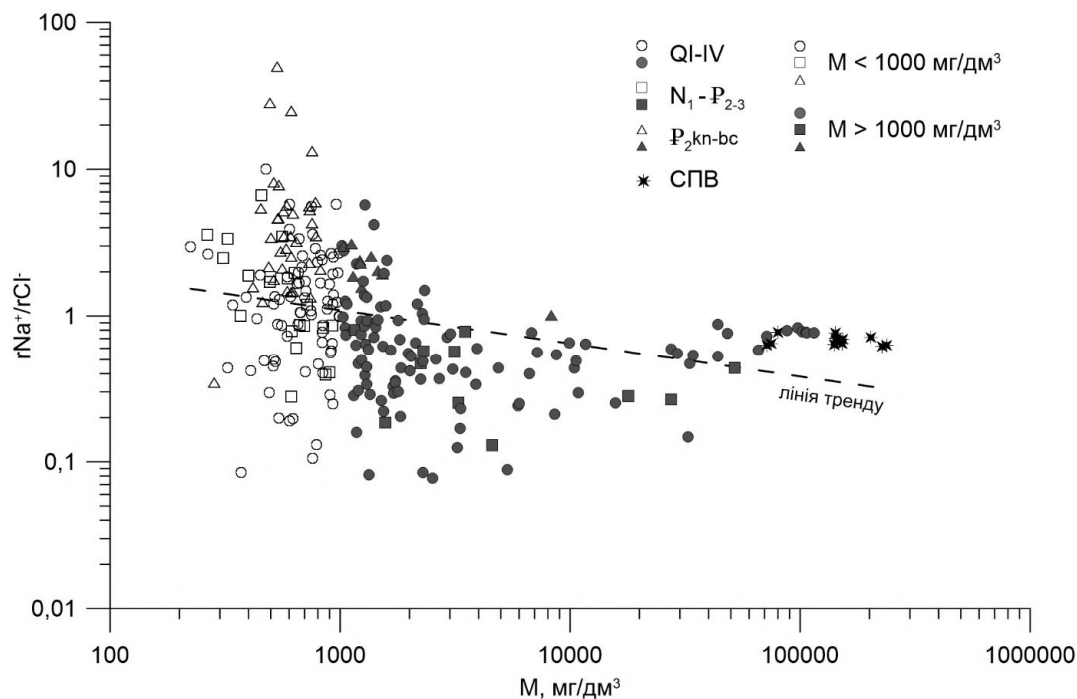


Рис. 2. Коефіцієнт метаморфізації підземних вод і СПВ на досліджених родовищах

Окрім підвищеного вмісту хлоридів і натрію на фоні високої мінералізації, індикаторами промислового забруднення можуть виступати мікроелементи, наприклад, стронцій і літій, які містяться в СПВ у високих концентраціях, виявляють добру міграційну здатність та є нехарактерними для фонового складу верхніх водоносних горизонтів Дніпровсько-Донецької западини [5, 14].

Для того, щоб оцінити рівні забруднення підземних вод на досліджених родовищах, ми узагальнили дані щодо кількості проб з перевищенням гранично допустимих концентрацій (ГДК) за хлоридами, натрієм, стронцієм, літієм і мінералізацією (табл. 2). Для розрахунків використовували ГДК, встановлені чинними нормативами України для питних вод – 250 мг/дм³ для хлоридів, 200 мг/дм³ для натрію, 7,0 мг/дм³ для стронцію, 0,03 мг/дм³ для літію і 1000 мг/дм³ для мінералізації води [11]. За результатами оцінки перший від поверхні четвертинний водоносний горизонт виявився найбільш

забрудненим за всіма показниками на території всіх досліджених родовищ. Найбільша кількість перевищень ГДК зафіксована на Глинсько-Розбишівському та Качанівському родовищах, які характеризуються найбільшою серед інших родовищ щільністю експлуатаційних та нагнітальних свердловин та наявністю відкритих систем підготовки СПВ. Другий від поверхні неоген-палеогеновий водоносний горизонт за рахунок своєї захищеності налічує значно менше проб із перевищенням ГДК, але є всі основи вважати рівень його забруднення недооціненим, оскільки він був маловивчений відносно невеликою кількістю пунктів моніторингу. У пробах із канівсько-буцацького горизонту, який на всій території експлуатується для водопостачання артезіанськими свердловинами, не виявлено ознак забруднення компонентами СПВ – одночасного підвищеного вмісту всіх досліджуваних індикаторів. Разом з тим, у його складі яскраво виявляються гідрохімічні аномалії, обумовлені регіональними гідрогеологічними особливостями. Такими прикладами є високий вміст натрію у водах горизонту на території Лесяківського та Гнідинцівського родовищ (більше 30% проб з перевищенням ГДК), а також аномальні концентрації літію на водозаборах Качанівського, Бугруватівського та Рибальського родовищ (близько 8% проб з перевищенням ГДК).

Таблиця 2

Частка проб підземних вод із перевищенням ГДК на досліджених родовищах

Басейн стоку	Родовища	Горизонт	К-ть проб	% проб з перевищенням ГДК				
				Cl ⁻	Na ⁺	Sr ²⁺	Li ⁺	мінералізація
Удай	Лесяківське, Гнідинцівське	QI-IV	34	14,5	1,8	0,0	0,0	23,6
Сула	Глинсько- Розбишівське		585	52,9	40,3	16,9	11,4	56,7
Сула	Анастасівське		401	9,3	8,1	4,7	2,9	28,3
Псел	Качанівське		566	39,3	22,4	16,9	12,4	42,6
Ворскла	Бугруватівське, Рибальське		441	11,4	7,9	1,7	4,3	24,8
Сула	Глинсько- Розбишівське	N ₁ - P ₂₋₃	143	5,1	2,7	1,0	0,4	4,0
Псел	Качанівське		322	14,8	9,9	0,6	0,3	12,7
Ворскла	Бугруватівське, Рибальське		21	1,2	0,3	0,3	0,3	0,7
Удай	Лесяківське, Гнідинцівське	P _{2kn-bc}	21	5,5	30,9	0,0	1,8	10,9
Сула	Глинсько- Розбишівське		53	2,7	4,6	0,0	2,8	4,5
Сула	Анастасівське		178	0,2	3,8	0,0	0,0	0,3
Псел	Качанівське		99	0,1	0,1	0,0	8,2	0,1
Ворскла	Бугруватівське, Рибальське		142	0,0	0,0	0,0	7,6	0,0

Відмінності у рівнях забруднення по водоносних горизонтах добре узагальнює діаграма, наведена на рис. 3. Рівні забруднення зменшуються з глибиною за рахунок зростання природної захищеності водоносних горизонтів.

Для того, щоб проаналізувати залежності між компонентами-індикаторами забруднення та виявити відмінності у характері перевищень їх ГДК, ми представили коефіцієнти перевищення ГДК окремих компонентів (хлоридів, натрію, стронцію, літію) по відношенню до коефіцієнтів перевищення гранично допустимих значень мінералізації у логарифмічному вигляді (рис. 4).

Всі чотири компоненти виявляють пряму залежність свого вмісту від мінералізації води – коефіцієнти кореляції становлять від 0,79 по літію та до 0,99 по хлоридам.

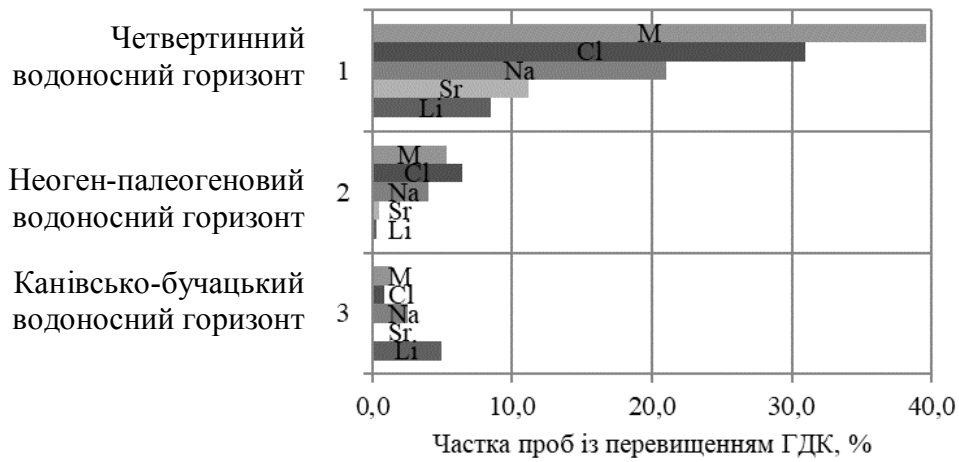


Рис. 3. Частки проб із перевищенням ГДК за водоносними горизонтами

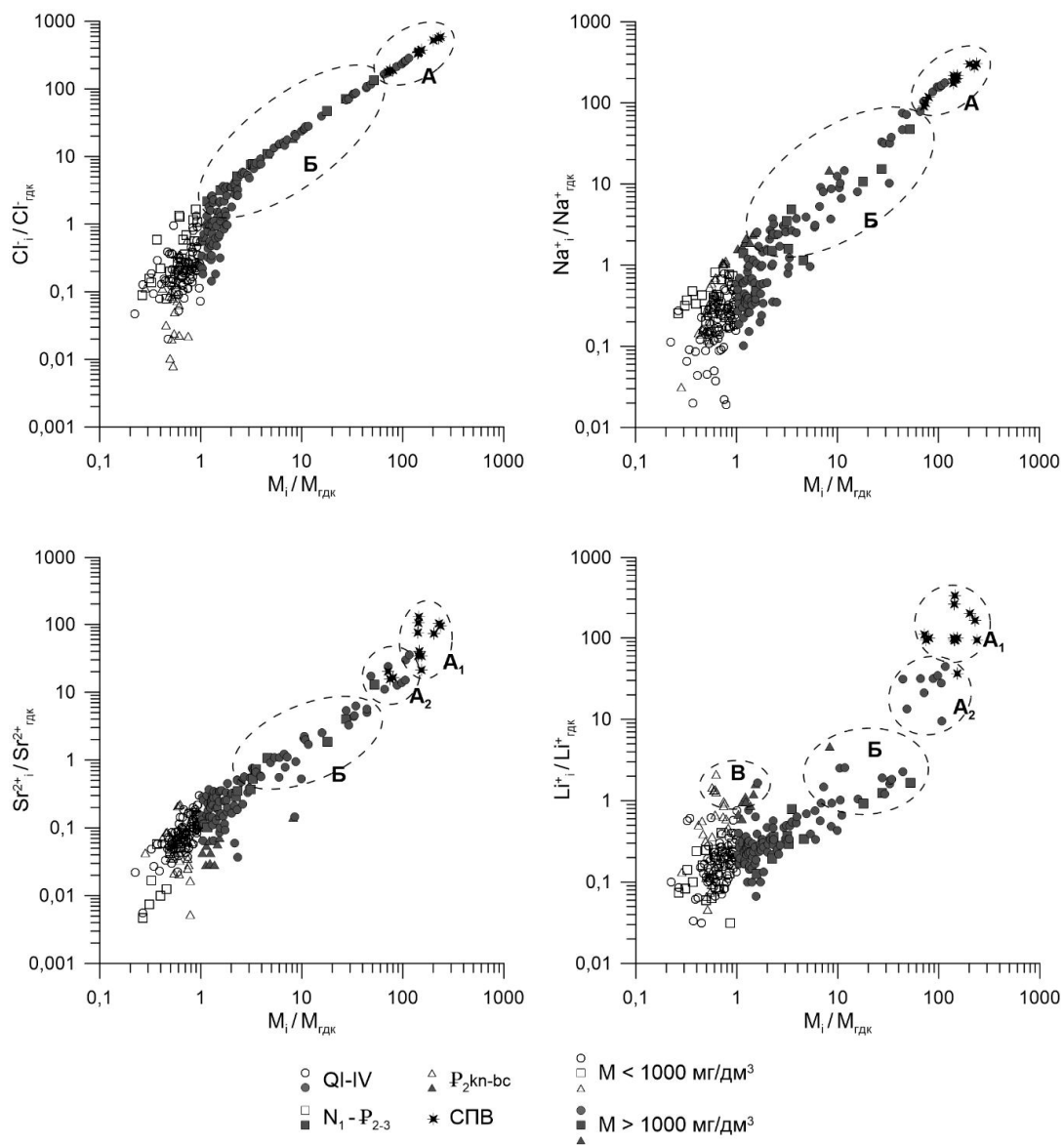


Рис. 4. Розподіл перевищень ГДК компонентів-забрудників у підземних водах досліджених родовищ (позначення А, Б, В – див. у тексті)

Для хлоридів і натрію пряма залежність виражена помітно чіткіше, і пояснюється загальновідомою гідрохімічною закономірністю – зростанням ролі хлоридів і натрію зі збільшенням загальної кількості розчинених солей у воді. Вміст мікрокомпонентів – стронцію і літію – зазнає більших варіацій по дослідженим водам, що ілюструється розширенням хмари точок на діаграмах, особливо для літію. Це, очевидно, пов'язане з більшим переліком чинників, що визначають їхню залежність від мінералізації. До них належать менша розчинність сполук стронцію і літію, обмеженість у гідрохімічній міграції за рахунок сорбції глинистими мінералами, наявність регіональних відмінностей у складі водовмісних порід.

На наведених діаграмах (див. рис. 4) достатньо чітко вирізняються окремі групи точок з різними рівнями забруднення, пов'язаних із різними джерелами надходження компонентів у досліджені водні об'єкти. На діаграмах залежностей Cl^- і Na^+ групою А позначені проби з найвищим рівнем забруднення, в яких вміст компонентів перевищує ГДК у сотні разів і наближується фактично до складу СПВ. Такі проби належать до сильно засолених ґрунтових вод на ділянках експлуатації відкритих накопичувачів СПВ на Качанівському та Глинсько-Розбишівському родовищах, на яких глинисті протифільтраційні екрани під впливом агресивних пластових вод майже втратили гідроізолюючі властивості. На діаграмах залежностей Sr^{2+} і Li^+ ці проби (група A_2) більш явно відокремлюються від СПВ (група A_1).

Група Б охоплює підземні води першого і другого водоносних горизонтів із різним ступенем забруднення, в яких ГДК досліджених компонентів перевищуються в 10–100 разів. Ці проби приурочені до ділянок експлуатації водоводів, поглинальних та експлуатаційних свердловин, які є на всіх досліджених родовищах. Межі виділення цієї групи нечіткі, адже рівні забруднення значно варіюють за територією, оскільки джерела забруднення розташовані дуже спорадично і діють непостійно. До них належать пориви на водоводах СПВ, витoki продукції з факельних амбарів, потоки розсіювання із місць захоронення бурових шлаків, аварійні розливи продукції на усті свердловин під час освоєння або капітального ремонту. Звертає на себе увагу, що кількість проб із перевищенням ГДК мікрокомпонентів (Sr^{2+} і Li^+) значно менша у порівнянні з основними іонами (Cl^- і Na^+). Це пояснюється, по-перше, меншою розчинністю Sr^{2+} і Li^+ , а по-друге, тим, що хлориди і натрій, на відміну від стронцію і літію, можуть надходити до підземних вод також із інших джерел, окрім СПВ. Можна підсумувати, що під час надходження СПВ до прісних підземних вод перевищення ГДК хлоридів і натрію зростають значно швидше, ніж для стронцію і літію.

Окремої уваги заслуговує група В, до якої ми включили відносно невелику кількість проб, в яких вміст літію перевищує ГДК, але за мінералізацією вони є прісними або трохи перевищують її граничне значення. Ці проби характерні для підземних вод канівсько-буцацького горизонту на території Качанівського родовища і обумовлені регіональними природними варіаціями хімічного складу підземних вод даного горизонту. Вміст хлоридів, натрію і стронцію в них перебуває нижче ГДК, тобто ознак забруднення пластовими водами цих підземних вод не спостерігається.

Висновки. Результати гідрохімічного моніторингу, що проводився авторами на окремих нафтогазових родовищах Східного басейну підтверджують, що основним забруднювачем підземних і поверхневих вод від нафтогазовидобутку є системи поводження із супутньо-пластовими водами. На ділянках функціонування накопичувачів пластових вод, водоводів та поглинальних свердловин Качанівського, Глинсько-Розбишівського, Анастасівського, Бугруватівського, Рибальського та інших родовищ виявлені осередки забруднення у четвертинному водоносному горизонті від слабого рівня (1–10 ГДК) до катастрофічного (>100 ГДК).

Основними індикаторами забруднення природних вод від витоків СПВ є хлориди, натрій, стронцій та літій. Ці компоненти містяться в складі пластових вод у великих кількостях, виявляють високі міграційні властивості у водному середовищі та є переважно нехарактерними для верхніх горизонтів зони вільного водообміну Дніпровсько-Донецької

западини. Такі властивості зумовлюють їхню високу індикаторну здатність щодо наявності впливу СПВ. Проте, аналіз цих показників за родовищами в різних водозбірних басейнах показав, що на їхній розподіл можуть істотно впливати також інші фактори – наявність підсолонення прісних водоносних горизонтів на ділянках висхідної фільтрації з більш глибоких напірних горизонтів, варіації літолого-фаціального складу водовмісних порід, а також забруднення іншого походження. Підземні води, що забруднюються компонентами СПВ, характеризуються одночасним підвищенням всіх чотирьох показників, хоча стронцій та літій помітно пізніше сягають рівнів своїх ГДК із зростанням мінералізації води. Для підвищення надійності діагностики компонентів СПВ у складі підземних і поверхневих вод на території нафтогазових родовищ доцільно залучати більш чутливі методи, наприклад, ізотопний аналіз вод.

Література

- 1 Мінеральні ресурси України: щорічник / Київ: Державне науково-виробниче підприємства «Державний інформаційний геологічний центр України», 2014. 270 с.
- 2 Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році / Міністерство екології та природних ресурсів України. Київ: 2016. 350 с.
- 3 Атлас родовищ нафти і газу України: у 6-ти томах / гол. ред. М. М. Іванюта. Львів: Центр Європи, 1998. Т. 1. 494 с.
- 4 Депутат Б. Ю. Підвищення екологічної безпеки нафтових родовищ на кінцевій стадії розробки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01 / Івано-Франківський нац. техн. ун-т нафти і газу. Івано-Франківськ, 2007. 20 с.
- 5 Васильев А. Н., Журавель Н. Е., Клочко П. В. Организация гидрохимического мониторинга в условиях нефтегазового северо-востока Украины. Харьков: Экограф, 2001. 112 с.
- 6 Журавель Н. Е., Клочко П. В., Дядин Д. В. Современное экологическое состояние подземных и поверхностных вод в районе Качановского нефтепромыслового узла. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2007. № 4. С. 66–73.
- 7 Семчук Я. М. Депутат Б. Ю., Лопушанський А. Я. Захист ґрунтових вод від сольового забруднення при експлуатації нафтогазоконденсатних родовищ. Екотехнології и ресурсосбережение. 2006. №3. С. 47–51.
- 8 Бандуріна О. В. Аналіз вмісту мікроелементів у пластових водах Краснокутського родовища. Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка: Сер. Галузеве машинобудування, будівництво. 2014. №1. С. 343–348.
- 9 Чомко Д., Рева М., Диняк О. Супутньо-пластова вода нафтових родовищ як гідромінеральна сировина. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка: Геологія. 2016. №4. С. 77–81.
- 10 Рева М. Супутньо-пластові води в Східному нафтогазовому регіоні України як джерело небезпеки або цінний ресурс. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка: Геологія. 2016. №1. С. 81–85.
- 11 Державні санітарні правила і норми України «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: затв. наказом М-ва здоров'я України від 12.05.2010 р. №400. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>
- 12 Кухар М. В., Крюченко Н. О. Гідрогеохімічні критерії міграції підземних вод Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Пошукова та екологічна геохімія. 2013. №1. С. 30–33.
- 13 Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена / под ред. В. М. Шестопалова. Киев: Наукова думка, 1988. 272 с.
- 14 Дядін Д. В. Гідрохімічні показники моніторингу підземних і поверхневих вод на об'єктах нафтогазовидобувної інфраструктури. Екогеофорум 2017. Актуальні проблеми та інновації: матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, Івано-Франківськ, 2017. С. 66–67.
- 15 Yusta-García R., Orta-Martínez M., Mayor P., González-Crespo C., Rosell-Melé A. Water contamination from oil extraction activities in Northern Peruvian Amazonian rivers. Environ. Pollut. 2017. vol. 225, pp. 370–380.
- 16 Torres L., Yadav O. P., Khan E. A review on risk assessment techniques for hydraulic fracturing water and produced water management implemented in onshore unconventional oil and gas production. Science of The Total Environment. 2016. vol. 539, pp. 478–493.

© Дядін Д. В.

**М. Ю. Журавель¹, О. М. Дрозд²,
Д. В. Дядін³, Т. О. Ключко⁴**

¹ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД»

²Національний науковий центр
«Інститут агрохімії та ґрунтознавства
імені О.Н. Соколовського»

³Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова

⁴Національний аерокосмічний університет
ім. М. Є. Жуковського «Харківський
авіаційний інститут»

ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ҐРУНТІВ РЕКУЛЬТИВОВАНИХ БУРОВИХ МАЙДАНЧИКІВ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

У роботі розглянуто геохімічні особливості трансформації ґрунтів після проведення рекультивації бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин. На основі комплексних досліджень встановлено просторово-часові закономірності формування техногенних геохімічних аномалій.

Ключові слова: нафтогазовидобуток, ґрунти, бурові майданчики, рекультивація, забруднення

В работе рассматриваются геохимические особенности трансформации почв после проведения рекультивации буровых площадок нефтегазодобывающих скважин. На основе комплексных исследований установлены пространственно-временные закономерности формирования техногенных геохимических аномалий.

Ключевые слова: нефтегазодобыча, почвы, площадки бурения, рекультивация, загрязнение

The paper focuses on geochemistry of soils on reclaimed drilling sites of oil-gas extraction wells. Spatial and temporal patterns of geochemical anomalies were identified.

Key words: oil and gas production, soils, drilling sites, reclamation, contamination

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Стратегією національної екологічної політики України на період до 2020 року [9] визначено необхідність удосконалення регіональної екологічної політики, що передбачає проведення класифікації регіонів за рівнями техногенно-екологічних ризиків, створення відповідних банків геоінформаційних даних і карт. Основними інструментами реалізації національної екологічної політики серед інших є моніторинг стану довкілля та контроль у сфері охорони навколишнього природного середовища і забезпечення екологічної безпеки.

За даними ДНВП «Геоінформ України» на державному обліку знаходиться 9720 нафтових та газових свердловин [2]. Розробка і експлуатація нафтогазових родовищ традиційно розглядається як один з найбільш небезпечних для навколишнього середовища вид виробничої діяльності, оскільки має комплексний характер та супроводжується неминучими просторово-часовими техногенними змінами усіх компонентів довкілля [1, 3, 7, 8, 11, 12]. Тимчасове вилучення земель із сільськогосподарського обігу для будівництва або капітального ремонту свердловин може мати такі негативні наслідки, як погіршення агрофізичних, агрохімічних властивостей та забруднення важкими металами ґрунтів рекультивованих бурових майданчиків. Прояви деградації ґрунтового покриву такої штучно створеної системи агроландшафту є стійкими

і довготривалими, як наслідок, спостерігається зниження родючості ґрунтів, а в окремих випадках і повна її втрата [8, 13].

Науковими дослідженнями доведено, що геохімічна трансформація ґрунтів починається вже на стадії будівництва бурових майданчиків [11, 14]. Серед основних чинників – докорінна зміна природної будови профілю ґрунту, утворення значної кількості рідких і твердих відходів будівництва свердловин, що містять широкий спектр різноманітних за складом і властивостями компонентів, в тому числі екотоксикантів, застосування полікомпонентних бурових розчинів тощо [7, 8, 11]. Характер їх впливу на геохімічний склад ґрунтів може зумовлювати формування складних геохімічних ореолів. Бурові майданчики чітко вирізняються по космічним знімкам площинними аномаліями різних тонів, що займають досить значну площу в агроландшафтах [4, 5].

Провідним нафтогазовидобувним регіоном України є Полтавська область, де видобувається близько 40% українського газу та 15% нафти. Перспективним напрямком діяльності нафтогазовидобувних підприємств є видобування нетрадиційного газу, ресурси якого на території області за прогностичними оцінками складають 1,9 трлн. куб. м [10]. Ліцензійні ділянки родовищ, розташовані переважно на ріллі, ґрунтовий покрив представлено чорноземними різновидами. У зв'язку з цим, дослідження еколого-геохімічних особливостей ґрунтів рекультивованих бурових майданчиків нафтогазових свердловин є необхідним етапом комплексних моніторингових досліджень, яким необхідно приділяти особливу увагу.

Мета і завдання досліджень. Мета дослідження – визначити геохімічні особливості трансформації ґрунтів після проведення рекультивації бурових майданчиків нафтогазовидобувних свердловин.

Основними завданнями роботи є:

- на основі даних дистанційного зондування Землі виявити площинні ореоли техногенних змін в агроландшафтах;
- визначити ймовірні складові процесів, що зумовили геохімічну трансформацію ґрунтів впродовж періоду експлуатації родовищ;
- провести натурні дослідження ґрунтів на фонових та рекультивованих ділянках, визначити ступінь та характер прояву техногенної трансформації;
- визначити геохімічну специфіку техногенно трансформованих ґрунтів на рекультивованих бурових майданчиках.

Матеріали і методика досліджень. Основою дослідження є результати еколого-геохімічних та агроекологічних досліджень ґрунтів бурових майданчиків Ігнатівського, Мовчанівського, Новомиколаївського і Руденківського родовищ та Заплавської площі, які належать до Новомиколаївської групи родовищ південного борту Дніпровсько-Донецької западини. Пошукове та експлуатаційне буріння на цих родовищах проводиться більше 50 років, що дозволяє оцінити різновікові аспекти утворення техноземів. До 1994 року на цій території проводилося буріння в рамках етапів пошуку та розвідки родовищ, а також дослідно-виробничої експлуатації за технологіями радянського періоду. З 1994 року ліцензії на розробку отримала нова компанія, яка впровадила сучасні міжнародні технології буріння і видобутку.

У роботі були використані матеріали моніторингу стану ґрунтового покриття, що проводиться компанією ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД» на території Новомиколаївської групи родовищ за період 2009-2016 рр. Всього було обстежено понад 50 бурових майданчиків.

Типи ґрунтів, що переважають – чорноземи звичайні середньо- та важко суглинкові. На кожному майданчику відбирали від 6 до 12 проб на рекультивованій ділянці та фоновій з орного (0–30 см) та підорного горизонтів (30–60 см). У пробах ґрунту в атестованих лабораторіях визначали гранулометричний склад, вміст гумусу, поживних речовин, катіонно-аніонний склад водної витяжки ґрунту за стандартизованими та атестованими методиками. Вміст валових та рухомих форм хімічних елементів визначали

методами емісійного спектрального, рентген-флуоресцентного та атомно-адсорбційного аналізів.

Обробка отриманих результатів та визначення зв'язків еколого-геохімічних, агроекологічних показників та відбиваючих характеристик поверхні ґрунтів рекультивованих бурових майданчиків виконували за допомогою статистичних аналізів, у тому числі факторного та кластерного.

Результати досліджень та їх обговорення. На стадії попереднього дослідження при складанні концептуальної моделі потенційного забруднення ліцензійної ділянки для визначення виду, місць і зони забруднення застосовано матеріали дистанційного зондування Землі. Фонд таких матеріалів доступний для використання у мережі Інтернет. Зони техногенного впливу ідентифіковано за своєрідною «прив'язкою», що відображає технологію пошуку та експлуатації родовищ. Розміри земельних майданчиків, які відводяться під одну свердловину на період буріння, можуть сягати 2,5–3,5 га, що обумовило розмір полігонів потенційних зон впливу навколо свердловин радіусом 150 м, які були створені у середовищі ArcGIS. Для кожної з точок відбору проб, розташованих на свердловині ми створили базу даних в Microsoft Excel, яка включала отримані статистичні дані спектральних характеристик рекультивованих точок та фонових ділянок.

Бурові майданчики, що активно експлуатувалися у 70-80 роки ХХ століття, чітко вирізняються на космічних знімках площинними аномаліями різних тонів (рис. 1). Ореоли розсіювання залишків будівельних та бурових матеріалів від гирла свердловини вздовж ріллі можуть займати відстань 100 і більше метрів.



Рис. 1. Візуальні відмінності у кольорі території рекультивованого майданчика і фонові ділянки

На етапі буріння свердловин при приготуванні бурових розчинів застосовуються великі об'єми природних мінеральних компонентів та штучних хімічних речовин. До них у першу чергу належать глинопошох (бентонітові глини), вапняки або крейда (CaCO_3), барит (BaSO_4) і галіт (NaCl). За часів СРСР майже весь баритовий концентрат, що використовувався в Україні, централізовано поставлявся з Кавказу та Середньої Азії, де вироблявся з сульфідного бариту поліметалічних родовищ. Це означає, що на старих свердловинах, рекультивованих до 1990-х років, у складі баритового концентрату слід очікувати домішки мінералів сульфідної асоціації з високим вмістом Pb, Sb, As, Zn, Mo, Ag. Наразі сучасні виробники бариту, основні з яких зосереджені в Китаї, Індії, Туреччині та Марокко, намагаються використовувати чистий флотоційний барит. Згідно

загальноприйнятих вимог Американського інституту нафти і газу (API) у бариті нормується лише сумарний вміст водорозчинних лужноземельних металів, який не повинен перевищувати 250 мг/кг [14].

Аналіз архівних матеріалів буріння по свердловинам Новомиколаївської групи родовищ показав, що на території основними компонентами бурових розчинів до 1990-х років виступали бентонітовий глинопорошок, крейда, хлористий кальцій, в якості другорядних компонентів – хромпик, графіт, дизпаливо, окзил, поліетиленовий порошок, каустична сода, нафта, карбоксиметилцелюлоза (КМЦ), конденсована сульфід-спиртова барда (КССБ). В якості обважнювачів бурових розчинів використовували крейду, а на великих глибинах за умов виникнення або очікування газопроявів – гематит і барит. Інформація щодо об'ємів використання обважнювачів в минулих роках відсутня, але згідно проектів на буріння у залежності від глибини свердловини та складності буріння на буровий майданчик завозилося від 100 до 1000 тон цих реагентів.

Для визначення показників забруднення ґрунтів мінеральними компонентами бурових розчинів ми проаналізували на вміст макро- і мікроелементів зразки бариту, вапняку та глинопорошку, що використовуються на Новомиколаївській групі родовищ. За результатами аналізу були побудовані геохімічні спектри коефіцієнтів накопичення та розсіювання хімічних елементів для глинопорошку та бариту, які порівнювались із показниками місцевого фону чорноземних ґрунтів на території досліджень (рис. 2).

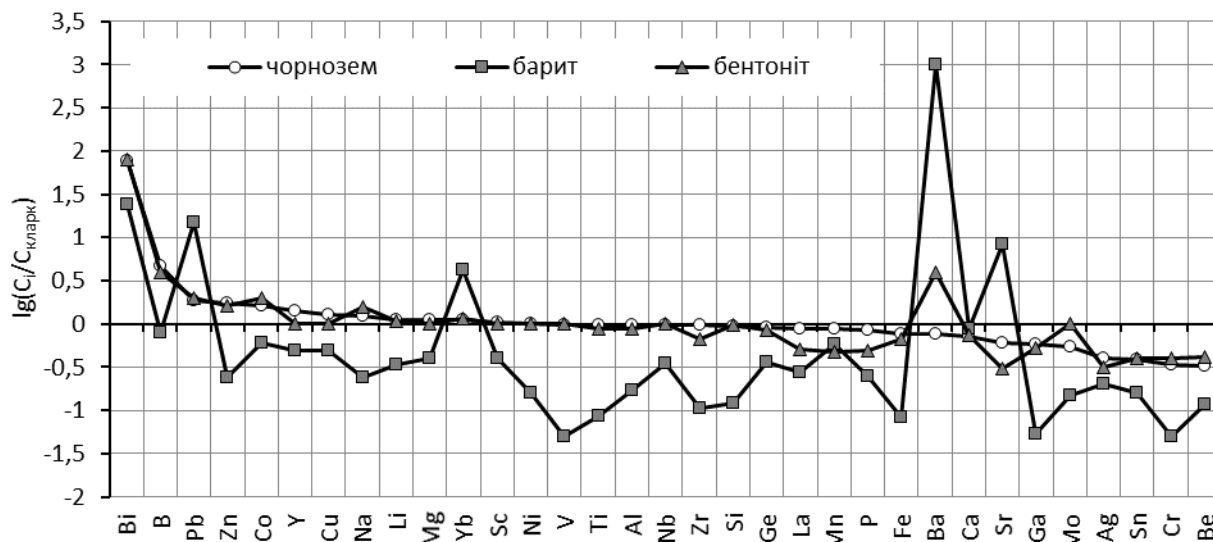


Рис. 2. Логарифми коефіцієнтів концентрацій хімічних елементів у компонентах бурових розчинів у порівнянні з фоновим складом чорноземів

Останні визначалися шляхом усереднення валових концентрацій елементів у пробах, відібраних на віддалених від свердловин ділянках ріллі, що не зазнали впливу від бурових майданчиків і рекультивації. Коефіцієнти концентрації розраховували як відношення вмісту елементу в речовині до кларку в земній корі і представили їх у логарифмічній формі для зручності візуалізації:

$$K = \lg \frac{C_i}{C_{\text{кларк}}} \quad (1)$$

де K – коефіцієнт концентрації, C_i – вміст елементу в ґрунті, $C_{\text{кларк}}$ – кларк елементу в земній корі.

Хімічний склад бентонітового глинопорошку виявився дуже близьким до фонових показників чорноземних ґрунтів за вмістом майже всіх елементів, окрім трохи підвищених концентрацій Ba та Mo і понижених концентрацій Mn, P, Sr. Обидва зразки бариту виявилися дуже схожими за хімічним складом – на фоні переважаючого елементу барію,

який становить до 60 % валового вмісту, відмічається підвищений вміст стронцію, а також свинцю, ітербію, срібла, які є типовими компонентами мінеральних сульфідних асоціацій.

Таким чином, геохімічними ознаками потрапляння мінеральних компонентів бурових розчинів на ґрунти бурових майданчиків будуть такі:

а) підвищення складової глинистої фракції в ґрунтах на фоні незначного збільшення вмісту барію (вплив глинопокрошу);

б) зміна мінерального складу ґрунтів з силікатного на карбонатний за рахунок залишків крейди;

в) різке підвищення вмісту барію та супутніх важких металів у місцях зберігання бариту та протікання бурових розчинів в ореолах розсіювання від бурових амбарів.

Рекультивация земель є обов'язковою складовою технологічних процесів, пов'язаних з відновленням порушених земель. Рекультивацию необхідно здійснювати в два послідовних етапи: технічний і біологічний, що регламентується відповідними нормативними документами [6]. Процеси рекультивации, характерні для радянських часів, включали вирівнювання мінеральної маси бурового майданчика без вилучення залишків компонентів бурових розчинів, перекриття мінерального ґрунту бурового майданчика шаром гумусового горизонту, що складався по периферії майданчика (від 10 до 40 см), біологічна рекультивация не проводилась. Землі бурових майданчиків використовувались для землеробства відразу після рекультивации.

Результатом рекультивации є формування техноземів – складних полікомпонентних органо-мінеральних систем, склад і властивості яких формуються в результаті взаємодії природної (суміш вихідних генетичних горизонтів, ґрунтоутворюючих порід і флюїдів) і техногенної (технологічні реагенти, компоненти бурових розчинів) складових, що багато в чому визначає рівень ґрунтової родючості, напрямок та інтенсивність ґрунтоутворюючого процесу [6, 7]. Серед основних негативних наслідків які, як правило, з'являються після рекультивации ґрунтів і повернення їх землевласнику є зміна потужності гумусового горизонту, реакції середовища ґрунту, содового складу, агрофізичних властивостей, забруднення ґрунту та його ущільнення.

Вивчення особливостей зміни морфологічних ознак рекультивованих ґрунтів бурових майданчиків як радянських часів так і сучасного періоду показує, що причиною даних змін можуть бути як механічні, так і геохімічні впливи, виокремити кожен з яких неможливо, оскільки вони, як правило, діють одночасно. Механічні зміни істотні вже на етапі облаштування майданчика, прокладання доріг і будівництва інших технічних об'єктів, а також при рекультивации. В результаті відбувається перемішування верхніх вихідних генетичних горизонтів, при незмінних нижніх, що призводить до зменшення ґрунтового профілю. При механічному порушенні перемішаний шар складається з різних за кольором, розміром та структурою часток вихідних генетичних горизонтів. Набуті морфологічні зміни є стійкими протягом тривалого періоду післядії. Геохімічні порушення можуть бути пов'язані з додатковим надходженням компонентів бурових розчинів, накопиченням та розсіюванням на майданчику мінеральної маси вибурених порід, привнесенням компонентів ґрунтоутворюючої породи або надходження у ґрунти нафтопродуктів, мінералізованих пластових вод, бурових розчинів тощо, що відбувається, зазвичай, в результаті недосконалості або порушення технології, низької якості, зношення обладнання, аварійних ситуацій і т. ін. Найбільш зумовлені геохімічними змінами такі морфологічні ознаки, як колір ґрунтів (неоднорідність забарвлення та контрастність в межах трансформованого шару), зміна їх структури, утворення сегрегації заліза в формі вохристих плям, посилення процесів оглеєння тощо. В результаті рекультивации відбувається зміна положення геохімічних бар'єрів, що проявляється у зміні реакції рН з нейтральної (властива фоновим ґрунтам) на слаболужну.

Рекультивовані ґрунти є істотно ущільненими відносно фонових. Ущільнення відбувається внаслідок надмірного тиску на ґрунт ходовими системами транспортних засобів та іншої техніки і значно посилюється при виконанні великих об'ємів земляних

робіт на обмежених площах в умовах підвищеної вологості ґрунту та повної відсутності біологічної рекультивації. При цьому ущільнюється не тільки верхній, кореневмісний шар ґрунту, але й нижні глибокі горизонти (30–60 см). Під час будівництва свердловини вони, фактично, підстилають поверхню, а в процесі рекультивації на етапі планування додатково ущільнюються важкою технікою. Тривалими дослідженнями встановлено, що щільність орного шару рекультивованих ґрунтів, як правило, перевищує оптимальні значення на $0,1\text{--}0,15\text{ г/см}^3$ (в окремих випадках на $0,2\text{ г/см}^3$), а підорного – на $0,25\text{--}0,3\text{ г/см}^3$ [5]. Щільний ґрунт у сухому стані чинить великий опір кореневій системі рослин, погано фільтрує воду, для обробітку потребує додаткових витрат. Вологоємність ущільненого ґрунту є гіршою, ніж у природному розпушеному стані. У зв'язку з цим рослини постійно відчувають дефіцит необхідної вологи.

Властивості гумусованого шару успадковуються від зональних ґрунтів, тому вони дуже різні. Потужність гумусованого горизонту значно зменшується і, в окремих випадках, може становити 30–40 см (здебільшого характерно для ґрунтів бурових майданчиків радянського періоду). Спостерігається також неоднорідність вмісту гумусу, внаслідок потрапляння до гумусованого горизонту домішок вихідних генетичних горизонтів зональних ґрунтів.

Процеси формування техноземів на майданчиках радянського періоду та на сучасних рекультивованих майданчиках абсолютно різні за хімізмом ґрунтів. Радянські майданчики, що рекультивовані зі значними порушеннями, мають переважно кальцито-баритовий тип техноземів з аномальним накопиченням важких металів. Рекультивовані сучасні майданчики, з додержанням технологій, характеризуються ґрунтами дуже близькими за хімізмом до фонових непорушених ґрунтів. Оцінка варіації коефіцієнтів концентрацій хімічних елементів на ділянках показує, що значних коливань не відбувається. Коефіцієнти варіації, розраховані як відношення середньоквадратичного відхилення до середнього значення, не перевищували 30%, а для переважної більшості елементів – 10%. Найпомітнішу варіацію серед усіх мали Li та Ba. Такий розподіл варіації різко відрізняється від аналогічних даних на ділянках свердловин, рекультивованих до 1994 року, що свідчить про невисокий ступінь трансформованості ґрунтового шару на ділянках рекультивації свердловин. Незначна варіація і відсутність геохімічних аномалій є безпосередньою ознакою відсутності забруднення ґрунту на бурових майданчиках.

Факторні та кластерні моделі розподілу хімічних елементів у рекультивованих ґрунтах бурових майданчиків були створені на основі опрацювання даних методами багатовимірного статистичного аналізу. Вони описують основні процеси, що описують суттєві зміни мінерального субстрату. В наведеній факторній структурі показується вага фактору в сумі варіацій компонентів матриці (38,3%) та в чисельнику – компоненти, які мають статистично значущі величини накопичення в субстраті, а в знаменнику – компоненти, які взаємодіють зменшують свої концентрації:

$$F_{138,3} \frac{\text{Ba Ca Pb Ag Mo Zn Li}}{\text{Si P Ti V}}$$

Переважаючим процесом формування техноземів на бурових майданчиках є накопичення в складі переважаючої силікатної основи ґрунту значних об'ємів кальциту та бариту (рис. 3). З боку мікроелементів цей процес описується аномальним накопиченням сульфідних металів Pb, Ag, Mo, Zn на фоні зменшення вмісту елементів, характерних для акцесорних мінералів лесоподібних суглинків – Si, P, Ti, V. Процес формування техноземів із аномально високим вмістом кальцію та барію у комплексі з аномальним накопиченням сульфідних металів виявлений на бурових майданчиках радянського періоду (св.№10P, 15P, 16H, 21P, 23), де застосовувався кавказький та середньоазійський барит.

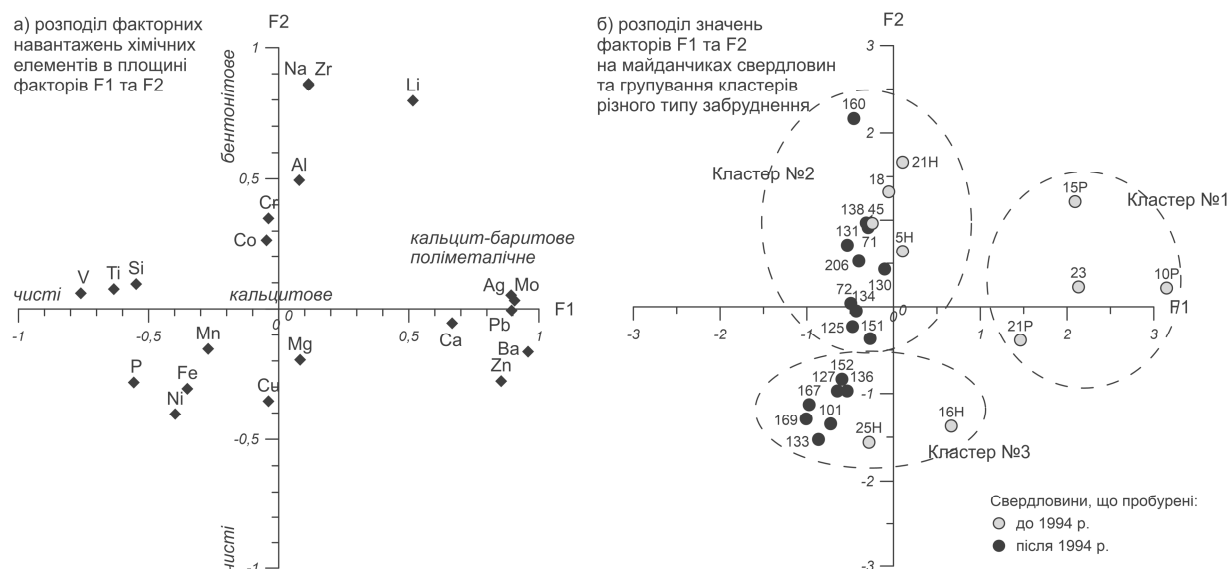


Рис. 3. Факторні моделі типів техноземів на бурових майданчиках на території Новомиkolaївської групи родовищ в площині факторів F1 та F2

Колосальні об'єми кальциту та бариту в ґрунтах простежуються навіть на космічних знімках плямами сірого кольору на фоні оточуючих темних структур чорноземів. Це показує надзвичайно неефективний підхід до рекультивації, що призвело до виходу на поверхню ґрунту значних об'ємів бурового шламу та залишків бурового розчину. Наступна оранка цих земель призвела до рознесення по площі майданчиків десятків кубометрів бурових відходів з великим вмістом вапняку та бариту, що підтверджується результатами спектрального аналізу техноземів (табл. 1).

Таблиця 1

Геохімічна спеціалізація рекультивованих майданчиків за результатами кластерного аналізу (концентрації елементів у мг/кг або ppm)

Елементи	Середні концентрації у ґрунтах кластеру			Вміст у чорноземі (фон)	ГДК
	1	2	3		
Li	51,4	27,2	41,7	33,5	—
Na	6837	5855	7087	7745	—
Mg	8345	8639	8111	7029	—
Al	66114	60833	69454	68908	—
Si	292411	310278	313992	309146	—
P	670	804	728	684	—
Ca	43571	18675	13738	9587	—
Ti	4329	4811	4818	4521	—
V	89	99	99	98	150
Cr	60,6	59,4	64,8	68,0	100
Mn	718	767	739	731	1500
Fe	28996	33694	31139	29256	—
Co	15,3	14,4	16	15,7	50
Ni	40,3	46,4	42,5	39,8	85
Cu	27,8	28,5	27,8	25,4	100
Zn	203,6	110,8	100,3	87,4	300
Zr	268	219	283	285	—
Mo	1,77	1,15	1,17	1,11	—
Ag	2,9486	0,0497	0,0452	0,040	—
Ba	17096	929	477	382	—
Pb	379,4	21,1	19,3	18,6	30

Техногенні ґрунтові утворення на сучасних бурових майданчиках описуються фактором F2:

$$F2_{15,4} = \frac{Zr Li Na Al}{-}$$

Набір елементів індикаторів показує домінуючу участь суміші глинопорошку та галіту в хімічних змінах ґрунтів рекультивованих майданчиків. При цьому навіть присутність незначної кількості бариту в бурових розчинах не призводить до появи поліметалічних аномалій, оскільки барит, що застосовується, досить чистий, і в ньому відсутній спектр важких металів. Територіально цей процес проявляється по всій території діяльності Новомиkolaївської групи родовищ і в деяких зразках ґрунтів свердловин радянського періоду.

Серед процесів формування техноземів бурових майданчиків проявився фактор F3, який показує заміщення силікатів ґрунту на карбонати кальцію без участі бариту (рис. 4):

$$F3_{15,3} = \frac{Ca}{Si}.$$

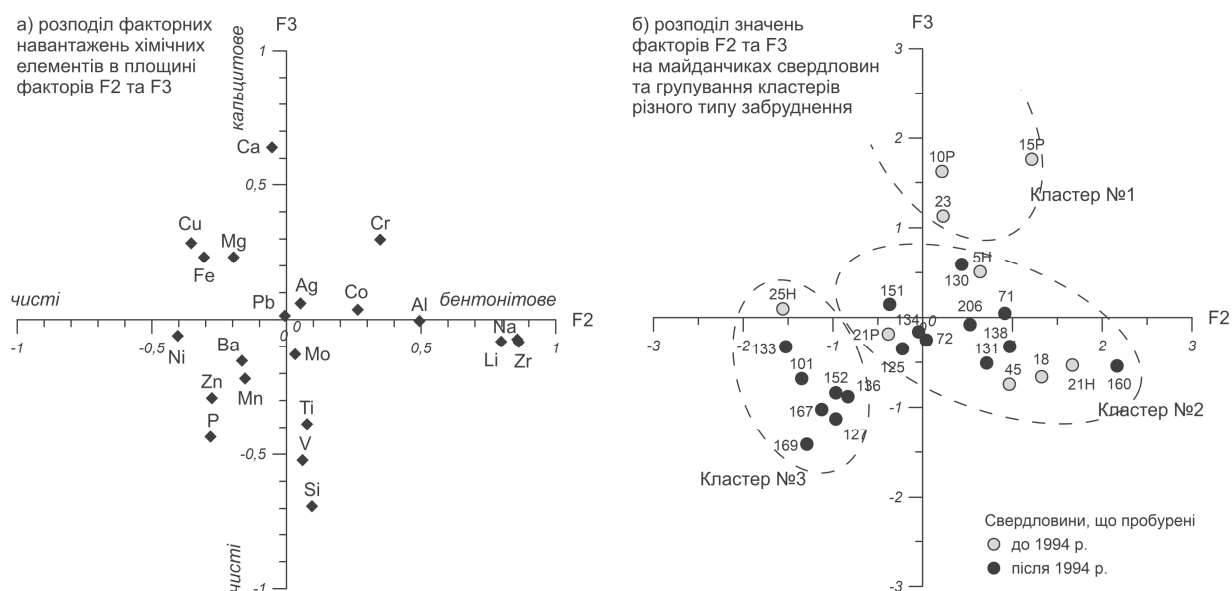


Рис. 4. Факторні моделі типів техноземів на бурових майданчиках на території Новомиkolaївської групи родовищ в площині факторів F2 та F3

Такий процес заміщення кальцієм кремнію може бути при участі карбонатних суглинків в рекультивованій масі ґрунту, а також при використанні в бурових розчинах в якості наповнювача та обважнювача вапняків без участі бариту, про що говорить стабільний фоновий вміст важких металів. Такий ефект може спостерігатися при розмиві ореолів кальцій-баритових мас атмосферними опадами. У такому випадку більш легкий кальцит мігрує у водних потоках, а більш важкий барит залишається на місці вилучення бурових відходів.

Таким чином, процеси формування техноземів на майданчиках радянського періоду та на сучасних рекультивованих майданчиках абсолютно різні за хімізмом ґрунтів. Радянські майданчики, що рекультивовані зі значними порушеннями, мають переважно кальцито-баритовий тип техноземів з аномальним накопиченням важких металів. Рекультивовані майданчики сучасного періоду характеризуються ґрунтами дуже близькими за хімізмом до фонових чорноземів.

Висновки з даного дослідження та перспективи. Пошукове та експлуатаційне буріння на родовищах Східного регіону проводиться понад 70 років, що дає змогу оцінити різновікові аспекти утворення техноземів. За допомогою космічних знімків проведена

оптимізація розташування точок спостереження ґрунтів. Аналіз космічних знімків різного періоду надав змогу вивчити історію освоєння території, показав достатньо високий контраст старих промислових майданчиків на фоні сільгоспугідь через великий строк після їх ліквідації та рекультивації.

На етапі буріння свердловин, при приготуванні бурових розчинів, застосовуються великі об'єми природних мінеральних компонентів та штучних хімічних речовин. За результатами аналізу побудовані геохімічні спектри коефіцієнтів накопичення та розсіювання хімічних елементів для глинопорошку та бариту. Їх порівняння із показниками місцевого фону чорноземних ґрунтів дозволило виявити потенційні елементи-забрудники – барій, стронцій (перевищення фону $KK > 100$), свинець (десятки значень ГДК).

Процеси формування техноземів на майданчиках радянського періоду та на сучасних рекультивованих майданчиках різні за хімізмом ґрунтів. Радянські майданчики, що рекультивовані зі значними порушеннями, мають переважно кальцито-баритовий тип техноземів з аномальним накопиченням важких металів. Рекультивовані сучасні майданчики з додержанням технологій характеризуються ґрунтами дуже близькими за хімізмом до фонових непорушених ґрунтів. Оцінка варіації коефіцієнтів концентрацій хімічних елементів на ділянках показує, що значних коливань не відбувається. Виявлені техногенні літохімічні аномалії хоча і носять локальний характер, але численні та існують десятки років. У подальших дослідженнях спектральні характеристики знімків у співставленні з даними контактних геохімічних вимірів дозволять отримати кількісні та якісні характеристики об'єктів досліджень.

Література

- 1 Власова Н.В. Изменение геохимических показателей на техногенно-измененных территориях Средней Тайги при добыче нефти и газа / Вестник ТГУ, т.19, вып.5. 2014. С. 1655-1658
- 2 Державне науково-виробниче підприємство «державний інформаційний геологічний фонд України» [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://geoinf.kiev.ua>
- 3 Дорожукова С.Л., Янин Е.П. Экологические проблемы нефтегазодо-бывающих территорий (на примере Тюменской области) // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды, 2002. № 6. С. 57–92.
- 4 Журавель М. Ю., Клочко Т.О. Дистанційна оцінка якості рекультивації родючих земель бурових майданчиків на нафтогазових родовищах України / Науково-технічний журнал. 2011. №2(4). С. 11–17
- 5 Журавель М.Ю., Дрозд О.М., Дядін Д.В., Яременко В.В. Особливості агрофізичного стану та накопичення важких металів у агроєкосистемі рекультивованих бурових майданчиків // Вісник ХНАУ. 2014. № 2. С. 112-121.
- 6 Рекультивация земель под час спорудження нафтових і газових свердловин: ГСТУ 41-00032626-00-023-2000. – Офіц вид. К: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2000 – 23 с. (Галузевий стандарт України).n
- 7 Солнцев Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. Москва, 1998. 376 с.
- 8 Солнцева Н.П. Общие закономерности трансформации почв в районах добычи нефти (формы проявления, основные процессы, модели) // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. с. 23–42.
- 9 Стратегія Державної Екологічної Політики України на період до 2020 року [Електронний ресурс] Режим доступу:<http://www.menr.gov.ua/about/strategy> (дата звернення 27.04.2017)
- 10 Стратегія розвитку Полтавської області до 2020 року. – Полтава: Видавництво «Полтава», 2014. – 164с.
- 11 Fate and Effects of Whole Drilling Fluids and Fluid Components in Terrestrial and Freshwater Ecosystems: a Literature Review, 1981[Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nepis.epa.gov/Exe/zynet.exe/>. (дата звернення 25.04.2017)
- 12 Kinigoma, Bs. Effect of Drilling Fluid Additives on the Niger Delta Environment: A Case Study of the Soku Oil Fields / Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 2001. Vol 5 (1). PP. 57-61.

13 Mcfarland Mark L., Ueckert Darrell N., Hons Frank M. Hartmann Steve Selective-placement burial of drilling fluids: Effects on soil properties, buffalograss and fourwing saltbush after 4 years / Journal of range management, 47(6). November 1994. PP. 475-480.

14 Wilshire H.G. Environmental impacts of oil and gas pipelines // U.S. Geological Survey Circular. 1995. № 1108. PP. 117-118.

© М. Ю. Журавель,
О. М. Дрозд,
Д. В. Дядін,
Т. О. Ключко

УДК 502

*Я. М. Семчук, О. С. Балан
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ПРИЧИНИ ВІДМОВ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ

Дана стаття має на меті опис і виявлення основних чинників, від яких газова мережа може зазнати негативного впливу і в подальшому спричинити відмову цілого комплексу споруд і приладів, які забезпечують безперебійну роботу системи газопостачання природним газом міст і областей, селищ і промислових підприємств. Розкриті основні фактори, які знижують кількість аварій та запобігають механічному пошкодженню газопроводів. Розглянуті пошкодження ізоляційного покриття, пошкодження підземних газопроводів електрохімічною корозією, проведений опис зовнішніх впливів на газопровід, що мають випадковий характер, наведені приклади нещасних випадків на території України, питання одоризації газу є одним з ключових у запобіганні надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: одорант, газ, мережа, вплив, пошкодження.

Целью статьи есть описание и выявление основных причин, от которых газовая сеть может быть подвержена негативному влиянию и в дальнейшем спровоцировать отказ целого комплекса сооружений и приборов, которые обеспечивают бесперебойную работу системы газопоставок природным газом городов и областей, поселков и промышленных предприятий. Раскрыты основные факторы, которые уменьшают количество аварий и предотвращают механический отказ газопроводов. Рассмотрены повреждения изоляционного покрытия, повреждения подземных газопроводов электрохимической коррозией, проведено описание внешних влияний на газопровод, что имеют случайный характер, приведены примеры несчастных случаев на территории Украины, вопрос одоризации газа есть одним из ключевых в предотвращении чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: одорант, газ, сеть, влияние, повреждения

The aim of this article is to describe and identify the main factors that may have negative effect on gas system and may cause the breakdown of complex of buildings and devices, that ensure smooth operation of natural gas supply systems in cities and regions, towns and industrial facilities. The basic factors that reduce the number of accidents and prevent mechanical damage to pipelines. Considered damages of blanked insulation, damages of underground pipelines by electrochemical corrosion, described external influences on pipeline that were completed in random, brought examples of accidents in Ukraine, that shows that the question of gas odorization is one of the most important in preventing emergencies.

Keywords: odorant, gas, network, effect, damage.

13 Mcfarland Mark L., Ueckert Darrell N., Hons Frank M. Hartmann Steve Selective-placement burial of drilling fluids: Effects on soil properties, buffalograss and fourwing saltbush after 4 years / Journal of range management, 47(6). November 1994. PP. 475-480.

14 Wilshire H.G. Environmental impacts of oil and gas pipelines // U.S. Geological Survey Circular. 1995. № 1108. PP. 117-118.

© М. Ю. Журавель,
О. М. Дрозд,
Д. В. Дядін,
Т. О. Ключко

УДК 502

*Я. М. Семчук, О. С. Балан
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ПРИЧИНИ ВІДМОВ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ

Дана стаття має на меті опис і виявлення основних чинників, від яких газова мережа може зазнати негативного впливу і в подальшому спричинити відмову цілого комплексу споруд і приладів, які забезпечують безперебійну роботу системи газопостачання природним газом міст і областей, селищ і промислових підприємств. Розкриті основні фактори, які знижують кількість аварій та запобігають механічному пошкодженню газопроводів. Розглянуті пошкодження ізоляційного покриття, пошкодження підземних газопроводів електрохімічною корозією, проведений опис зовнішніх впливів на газопровід, що мають випадковий характер, наведені приклади нещасних випадків на території України, питання одоризації газу є одним з ключових у запобіганні надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: одорант, газ, мережа, вплив, пошкодження.

Целью статьи есть описание и выявление основных причин, от которых газовая сеть может быть подвержена негативному влиянию и в дальнейшем спровоцировать отказ целого комплекса сооружений и приборов, которые обеспечивают бесперебойную работу системы газопоставок природным газом городов и областей, поселков и промышленных предприятий. Раскрыты основные факторы, которые уменьшают количество аварий и предотвращают механический отказ газопроводов. Рассмотрены повреждения изоляционного покрытия, повреждения подземных газопроводов электрохимической коррозией, проведено описание внешних влияний на газопровод, что имеют случайный характер, приведены примеры несчастных случаев на территории Украины, вопрос одоризации газа есть одним из ключевых в предотвращении чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: одорант, газ, сеть, влияние, повреждения

The aim of this article is to describe and identify the main factors that may have negative effect on gas system and may cause the breakdown of complex of buildings and devices, that ensure smooth operation of natural gas supply systems in cities and regions, towns and industrial facilities. The basic factors that reduce the number of accidents and prevent mechanical damage to pipelines. Considered damages of blanked insulation, damages of underground pipelines by electrochemical corrosion, described external influences on pipeline that were completed in random, brought examples of accidents in Ukraine, that shows that the question of gas odorization is one of the most important in preventing emergencies.

Keywords: odorant, gas, network, effect, damage.

Актуальність роботи: полягає в тому, що чим швидше ми визначимо проблему через яку відбулася відмова системи газопостачання, тим самим зменшимо число матеріальних збитків і людських жертв.

Мета роботи: визначити всі можливі причини через які може відмовити система газопостачання і проаналізувати фактори його зниження.

Виклад основного матеріалу. Багаторічний досвід експлуатації об'єктів газового господарства показує, що найбільш великі аварії з важкими наслідками виникають через несвоєчасне виявлення та усунення витоків газу на підземних газопроводах.

У системі газопостачання міста завдяки несприятливим факторам можуть виникнути відмови в роботі системи газопостачання з відключенням споживачів - у цьому випадку їм завдається матеріальний і моральний збиток. Зі збільшенням системи розподільних газопроводів надійність системи падає. Разом з тим, вимоги до надійності системи ростуть, але різко збільшується економічний і соціальний збиток, викликаний відмовленням.

Розподільні системи газопостачання - це споруди тривалого користування, які піддаються старінню, тому зі збільшенням терміну експлуатації відмови системи зростають. Досвід свідчить, що вирішення проблеми безпеки житлових будинків, споруд, розташованих поблизу підземних газопроводів, є першорядним завданням і силами тільки одних газових господарств вирішити його неможливо [3].

Газові господарства на стадії експлуатації повинні передбачати заходи з контролю за станом системи газопостачання з метою проведення технічної діагностики і підтримування мереж, споруд на них і устаткування в технічно справному стані. Аналогічне завдання повинно стояти перед власниками житлового фонду, комунально-побутових об'єктів і промислових підприємств [5]. Особливої уваги потребують останні, де електротранспорт є джерелом блукаючих струмів (трамвай, залізниця, метрополітен).

З'являються додаткові проблеми з безпечної експлуатації газопроводів, викликані новим будівництвом, реконструкцією і розширенням населених пунктів. У таких випадках газопроводи, прокладені багато років тому, попадають у зону нової забудови. Існуючими нормами відстань від газопроводу високого тиску до фундаменту будинків повинна бути 10 м, що при відмові газопроводу великого діаметра з виходом газу в атмосферу може призвести до великого матеріального збитку. Тому проектним організаціям необхідно при проектуванні враховувати ці обставини, передбачаючи збільшення відстаней від газопроводів до фундаментів будинків або винос газопроводів за межі забудов [9].

Незважаючи на заходи, що попереджують виникнення аварій, вони все ж трапляються і навіть дуже часто. Спеціалізовані підприємства з газопостачання та газифікації (СПГГ) повинні завжди концентрувати увагу на проведенні комплексу заходів разом із проектними, будівельно-монтажними організаціями, органами місцевого самоврядування і житловими органами для поліпшення стану газопроводів. Причин, що викликають витoki газу на підземних газопроводах, декілька. Розглянемо найбільш характерні з них.

Це, по-перше, електрохімічна корозія металу труб в тих місцях, де газопроводи знаходяться в анодній зоні і де існують пошкодження ізоляційного покриття газопроводу [8].

Пошкодження ізоляційного покриття можуть виникнути:

- при будівництві - від механічних пошкоджень, при транспортуванні й монтажі газопроводів або при неякісній підготовці подушки під трубопровід;
- у процесі експлуатації внаслідок механічного і хімічного впливу ґрунту, ґрунтових вод, а також дефектів ізоляції, пов'язаних з порушенням технології при виготовленні й нанесенні ізоляційного покриття (відсутність адгезії при порушенні технологічних режимів або неякісного очищення поверхні труби, порушень технології приготування мастики та ін.).

Пошкодження підземних газопроводів електрохімічною корозією виявляють за витокami газу при розкритті газопроводів. Через порівняно повільну дію корозії

пошкодження газопроводів звичайно виявляють, коли вони ще не досягли великих розмірів, хоча є окремі випадки, коли їхні розміри досягають значної величини. Як правило, ліквідувати пошкодження ділянки через електрохімічну корозію можна локалізацією без відключення пошкодженої ділянки. І тільки великі наскрізні отвори (більше 20 мм) викликають необхідність негайного відключення частини газопроводу. Такі випадки можна вважати раптовими відмовленнями системи газопостачання.

Ізоляція підземних газопроводів піддається процесу старіння, що викликає розвиток електрохімічної корозії і, як результат, старіння всієї конструкції газопроводу, незважаючи на те, що газ, який транспортується, на процес старіння матеріалу труби не впливає. У результаті старіння ізоляції збільшується вплив корозійних процесів на матеріал (сталь) газопроводу. Тому чим більший термін експлуатації газопроводу, тим більшою буде імовірність відмовлення через електрохімічну корозію.

Витоки газу, викликані електрохімічною корозією, збільшуються поступово в міру корозії тіла труби, тому ці витоки можна заздалегідь передбачати, виявляючи, в яких місцях корозійний ґрунт і утворилися анодні зони.

Проблемою витоків газу у великих містах внаслідок дії електрохімічної корозії є їхнє несвоєчасне виявлення за умов наявності великих площ асфальтних покриттів. Тому газ певний час під ними накопичується і, поширюючись під покриттям, виходить на поверхню на значній відстані від місця витoku. При цьому одорант фільтрується у ґрунті і визначити витік по запаху важко. У такому випадку знайти витік газу можна тільки за допомогою приладу. Усе це призводить до того, що основний обсяг робіт по усуненню витоків приходить на відшукування місця, звідки виходить газ. Треба проводити шурфування в місці виявлення витoku для визначення напрямку вектора максимальної загазованості. Вектор загазованості спрямований у бік шурфу, в якому концентрація газу після дегазації залишається найбільшою. Аналогічна картина може спостерігатися в зимовий період при промерзанні ґрунту, коли місце витoku не збігається з виходом газу на поверхню [6].

По-друге, причиною, що викликає витоки газу, є незадовільна якість зварювальних робіт. У результаті температурних напружень і динамічних навантажень відбувається розрив на підземних газопроводах, які неякісно зварені.

Прокладений у ґрунті газопровід піддається впливу зовнішніх сил, що викликають додаткові напруження в тілі труби, особливо в місцях стикових з'єднань. Механізм впливу зовнішніх факторів на газопровід дуже складний і не дозволяє однозначно визначити навантаження на трубу, а високий ступінь випадкових збігів впливу зовнішніх факторів може призвести до виникнення напружень у тілі труби або звареному стику вище межі текучості, що викликає руйнування.

До зовнішніх впливів на газопровід, що мають випадковий характер, відносяться: прогин газопроводу при осаді ґрунту, температурні напруження, що виникають у зимово-весняний період, пучнистість ґрунтів, що викликає вигин газопроводу на прямолінійних ділянках і крутіння на поворотах.

Виходячи з вищесказаного, важливе значення для запобігання руйнуванню газопроводів має якість зварених стиків. Загальновідомо, що міцність тіла якісно виконаного стику не поступається, а то і вище міцності тіла труби. Однак дефекти зварювання (виконаного в польових умовах), як-от непровари, неякісне припасування стику, є концентраторами напружень, у результаті чого напруження в тілі звареного шва можуть перевищити в кілька разів напруження в тілі труби, і досягти величини, коли в тілі шва виникнуть пластичні деформації при ще пружній роботі труби. Це призводить до появи тріщин у звареному стику і наступного руйнування його вже в перші роки експлуатації або через кілька років.

Витоки газу, викликані розривом зварених стиків, виникають, як правило, раптово, тому їх важко вчасно виявити й усунути. Наприклад, сталася аварія на газопроводі низького тиску. Під впливом температурних напружень, через 18 років після введення в

експлуатацію газопроводу відбувся розрив стику через дефект зварювального шва. Це призвело до витоку газу з наступним вибухом газоповітряної суміші, у результаті чого був повністю зруйнований будинок, загинули люди.

Особливу небезпеку ці два види витоків газу викликають у зимовий період, тому що в зв'язку із замерзанням верхнього шару ґрунту погіршуються умови для виходу газу в атмосферу [2]. Саме в цей період року може збільшитися кількість випадків проникнення газу в підвали будинків та інші інженерні комунікації. Прикладом може служити аварія на газопроводі високого тиску $P=0,6$ МПа, d (діаметр газопроводу) 325 мм, що відбулася 30 січня 1980 р. в одному із селищ України. Через розрив неякісно звареного стику газ по підземних комунікаціях проникнув у підвальне приміщення негазифікованої середньої школи. Від електричної іскри при включенні вимикача газоповітряна суміш вибухнула, приміщення школи було зруйновано, постраждали люди. Аналогічний випадок відбувся у великому місті, коли через розрив стику на вуличному газопроводі газ проникнув по інженерних мережах у підвал житлового будинку. У результаті вибуху частина будинку була зруйнована, загинули люди.

По-третє, це механічні пошкодження підземних газопроводів при виконанні земляних робіт механізмами поблизу газових мереж.

Вони складають значну частину від загальної кількості пошкоджень. Це пов'язано з випадковим збігом ряду помилок і неточностей у проектно-виконавчій документації, помилковими діями технічних і адміністративних працівників, які здійснюють підземні роботи поблизу газопроводів. При належній роботі служби технічного нагляду кількість механічних пошкоджень можна істотно зменшити.

Найменші наслідки аварій у тих випадках, коли витoki газу, викликані механічними пошкодженнями газопроводів, не приховуються і вчасно проводяться необхідні заходи з безпеки та ремонту газопроводу [7]. Але якщо механічне пошкодження приховується, а вихід газу в атмосферу не відбувся, то руйнування газопроводів у місцях пошкодження труби не передбачене, можуть відбутися розгерметизація і аварія на газопроводі в будь-який час з неконтрольованими наслідками [4]. Така аварія, наприклад, мала місце в одному великому місті, коли на одній з центральних вулиць у процесі будівництва прохідного каналу тепломережі був пошкоджений газопровід високого тиску діаметром 529 мм, робочим тиском 1,2 МПа (подряпина глибиною 2 мм, нанесена трубні будівельним механізмом, стала концентратором напруження в тілі труби). Факт пошкодження газопроводу був схований. Через 12 років, 10 січня 1993 р., через зміни в структурі металу відбулося руйнування труби в тому місті, де була подряпина, з виходом і загорянням газу під тиском $P=1,19$ МПа. У результаті аварії повністю згорів двоповерховий будинок, пошкоджені чотири дев'ятиповерхових і один чотирнадцятиповерховий житлові будинки, відстань між фундаментами яких і газопроводом була більше 10 м. Загорянню будинків можна було запобігти, якби вони були розташовані на більшій відстані від газопроводу (наприклад, 50 м або як для магістральних газопроводів).

Аналіз наслідків аварій свідчить, що найважчі аварії зі значними наслідками відбувалися в результаті розриву зварюваних стиків, механічних пошкоджень газопроводів та корозії. Основним фактором, що дозволяє знизити кількість аварій, є своєчасне виявлення пошкоджень на газопроводах і їхнє прогнозування. Очевидно, що імовірність більш швидкого виявлення витоків газу буде на тому підземному газопроводі, який частіше оглядається, незалежно від часу його експлуатації. Тому усім спеціалізованим підприємствам з газопостачання і газифікації (СПГТ) необхідно організовувати і робити своєчасний та якісний огляд підземних газопроводів строго за графіками з дотриманням періодичності, враховуючи особливість газопроводів, термін служби яких більше 20 років.

Періодичність обходу газопроводів, передбачена нормативними документами (ПБСПП України, ДБН та ін.), є мінімально допустимою.

Враховуючи конкретні умови, окремі ділянки підземних газопроводів треба оглядати частіше. Так, після аналізу досвіду експлуатації підземних газопроводів з урахуванням корозійної ситуації можна зробити висновок, що обхід газопроводів низького тиску необхідно проводити 1 раз на тиждень. Аналіз роботи СПГГ великого міста показує, що 75-80% витоків на газопроводах виявляються під час комплексного приладового обстеження, тобто прилади більш чутливі до виявлення метану в порівнянні з реакцією людського організму на запах одоранту. Це обумовлено суб'єктивними факторами стану здоров'я людини, а також рівнем одоризації газу. Прилади не мають цих недоліків. Ідеальним варіантом є стовідсоткове оснащення кожної бригади працівників газопошуковими приладами.

Важливим фактором, який запобігає механічним пошкодженням газопроводів, є регулярний обхід трас. Обходячи трасу, працівники візуально виявляють порушення, які допускають сторонні будівельні організації в охоронній зоні газопроводів. Це земляні роботи, висадження дерев, будівництво стоянок автотранспорту, гаражів, кіосків та ін. Своєчасне усунення цих порушень і припинення земляних робіт дозволяє скоротити кількість механічних пошкоджень на газопроводах.

Велике значення для безпечної експлуатації системи газопостачання має справність уцілень введів і випусків інженерних комунікацій, наявність продуків для вентиляції підвалів, які повинні обстежуватися власником з оформленням акту. Працівники СПГГ повинні регулярно контролювати виконання цих робіт щорічно до початку опалювального сезону. У технічних умовах на газифікацію об'єктів, передбачені вимоги щодо герметизації введів інженерних комунікацій до пуску газу, встановлення сигналізаторів загазованості й електромагнітних клапанів відповідно до діючих норм і правил. Виконання цих заходів дозволяє скоротити число аварійних ситуацій при попаданні газу в суміжні комунікації.

Немаловажним питанням є одоризація газу. Її роль не можна недооцінювати. Вона сприяє мобілізації населення газифікованих об'єктів на виявлення витоків газу. Багато витоків газу виявляється завдяки телефонним повідомленням жителів у службу "04", які виявили витік газу за запахом одоранту. Контроль за ступенем одоризації виконують не рідше одного разу в 10 днів виробничою лабораторією підприємства в різний час доби, тому що при зниженні витрат газу в нічний час з метою економії одоранту газотранспортне підприємство прикриває крапельницею, що може призвести до зниження нормативного вмісту одоранту.

Безпека систем газопостачання багато в чому залежить від ступеня готовності кожного газового господарства до локалізації і потім повної ліквідації виникаючих аварійних ситуацій. Тут першорядна роль належить службі аварійно-відбудовних робіт. Машини аварійної служби газу повинні бути оснащені необхідним сучасним обладнанням, засобами малої механізації, інструментом, матеріалами, радіо станціями, маяками [1].

Диспетчерів служби "04" треба підбирати з працівників, які мають досвід роботи в газовому господарстві. Це дозволяє одержати вірну інформацію від заявника і грамотно прийняти рішення.

Важливе значення для підвищення безпеки експлуатації системи газопостачання має паспортизація підземних газопроводів [10]. Аналіз цієї роботи дозволяє вносити в плани роботи підприємства заміну або ремонт газопроводів, подальша експлуатація яких може призвести до створення аварійних ситуацій. Забезпечити безпеку житлових та інших будинків і споруд, що знаходяться поблизу підземних газопроводів, можна тільки разом з іншими організаціями, насамперед з працівниками житлово-комунальних служб. Для цього треба розробити і затвердити рішення в місцевих органах влади, які зобов'язують їх разом з газовими господарствами виконувати наступні заходи:

- обладнання підвалів житлових та інших будинків отворами в стінах для наскрізного провітрювання, усунення тріщин фундаментів;

- складання графіків перевірки загазованості підвальних приміщень працівниками ЖЕКів і відомств, герметизація інженерних вводів;
- в особливих випадках, визначених нормативними документами (приміщення з великим скупченням людей, супермаркети, кінотеатри, театри і т. д.), обладнання їх сигналізаторами загазованості з виведенням на центральний пункт;
- перевірка спеціальними комісіями під керуванням райвиконкомів ущільнення вводів інженерних комунікацій, а також наявності продуктів у зовнішніх стінах підвалів і технічних приміщень, що не мають витяжної вентиляції. У разі потреби в зимовий час для регулювання повітрообміну в продуктах необхідно передбачати регулюючий пристрій;
- рекомендація усім службам перевіряти колодязі і канали на загазованість і обладнати ці споруди незалежно від їхньої відомчої приналежності витяжними пристроями;
- перевірити і, при необхідності, запропонувати, щоб у колекторах і каналах (особливо в каналах тепломережі і телефонної каналізації) були встановлені непроникні для газу перегородки;
- обладнати кришки люків колодязів отворами діаметром до 10 мм з внутрішньою різьбою;
- при необхідності (у корозійних зонах і газопроводах) установити контрольні трубки в районі (зоні) перетинання газопроводу з підземними комунікаціями (теплотрасою, телефонною каналізацією і т.д.), робити це треба через 50-100 м;
- планове буріння трас газопроводів з метою забезпечення безпеки від можливих витоків газу слід проводити в зимовий час, коли вихід газу в атмосферу через мерзлий ґрунт утруднений. Для цього необхідно мати буровий самохідний комбайн для повної механізації процесу буріння;
- обов'язкова перевірка підвалів будинків працівниками САВР у зимовий час незалежно від характеру заявок;
- прокладка внутрішньоквартальних і дворових вводів по фасадах будинків, газопроводів низького тиску, тому що чим менше газопроводів під землею, тим більше гарантія безпеки для життя та добробуту людей і збереження будинків;
- автоматизація процесів диспетчерського керування системою газопостачання;
- автоматизація процесів виявлення загазованості приміщень, підвалів, технічних приміщень.

Немаловажним фактором роботи газопроводів у безаварійному стані є їх своєчасна реконструкція. Найвигіднішим з точки зору безпеки, швидкості, економічності та ряду інших причин є оновлення (реновація, санація) застарілих газопроводів поліетиленовими трубами.

Аналіз показує, що газопроводи, які знаходяться в експлуатації більше 30 років, практично знаходяться в аварійному стані. За статистикою, коли брати до уваги велике місто, це становить приблизно 1,4 тисячі кілометрів, що складає 60 відсотків усіх газопроводів. Такий критичний стан газових мереж спонукає підприємства, які їх експлуатують, виконувати роботи з реновації та санації сталевих газопроводів поліетиленовими трубами. Нові технології реконструкції газових мереж сприятимуть їх безаварійній та безперебійній роботі, направленій на забезпечення споживачів газом. Крім цього скорочується періодичність обходів трас, зникає необхідність наявності установок електрохімічного захисту та ін.

Висновки: В роботі визначені основні причини відмови системи газопостачання такі як, електрохімічна корозія металу труб, незадовільна якість зварювальних робіт а також – це механічні пошкодження підземних газопроводів при виконанні земляних робіт механізмами поблизу газових мереж, а основним фактором зниження відмов є своєчасне виявлення пошкоджень на газопроводах і їхнє прогнозування, важливим також є регулярний обхід трас і одоризація газу, що свою чергу дозволить мінімізувати ризики в роботі цілого комплексу.

Література

- 1 Багдасаров В. А. Аварийная служба городского газового хозяйства. - Л.: НЕДРА, 1975. - 407 с.
- 2 Белашов А. Д. Особенности эксплуатации газового хозяйства в зимних условиях. - Л.: Недра, 1982. - 168с.
- 3 Больте О.Ж. Опыт контроля газопроводной сети. - М., 1993.
- 4 Газификация местности: Справ. пособие/ Енин П.М. и др. - К.: Урожай, 1992.-200 с.
- 5 ДНАОП 0.00-1.20-98. Правила безпеки систем газопостачання України (ПБСГУ).- К.:1998.- 368 с.
- 6 Евдокимов А. Г., Макаренко А. И., Самойленко Н. И., Седак В. С. Управление газовым хозяйством области. - Харьков: Основа, 1997. - 37 с.
- 7 Експлуатаційнику газонафтового комплексу: Довідник/ Розгонюк В.В. та ін. - К.: Росток, 1998. -431 с.
- 8 Інструкція з електрохімічного захисту підземних газопроводів та резервуарів зрідженого газу. 320.03329031.008-97 ВАТ "УкрНДІнжпроект. - К., 1980. - 102 с.
- 9 Ионин А.А., Алибеков К.С., Жила В.А., Затицян С.С. Надежность городских систем газоснабжения.-М.: Стройиздат, 1980.-231 с.
- 10 Котов В. Т. Охрана труда в газовом хозяйстве. - Л.: Недра, 1989. -117 с.

© Я. М. Семчук,
О. С. Балан

ЕКОЛОГІЯ ГІДРОСФЕРИ

УДК [556.314+556.534]:614.777:574.6

*В. Г. Сінченко, Ю. В. Караван, М. М. Тураш
ДП «Науковий центр превентивної
токсикології, харчової та хімічної безпеки
імені академіка Л. І. Медведя МОЗ України»*

**ДЕЯКІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ І БЕЗПЕЧНОСТІ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ
ПИТНОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ НА ПРИКОРДОННІЙ ТЕРИТОРІЇ
ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ТА
БІОІНДИКАЦІЮ**

Представлено дані про показники якості і безпечності води для питного водо забезпечення з джерел локального водокористування (ДЛВ) та різних створів р. Сирет і її приток. Наведено основні показники хімічного складу, радіаційного і токсичного впливу. Проведено класифікацію вод, визначено їх гідрохімічні індекси. Здійснено порівняння отриманих значень показників з їх максимально допустимими рівнями. Для досліджених ДЛВ на прикордонній території (ПТ) розраховано оптимальний коефіцієнт розведення води, величина якого характеризує її якість по відношенню до «ідеального» джерела.

Забрудненість басейну річок ПТ оцінено за усередненим показником якості через поєднання гідрохімічних, гідроморфологічних та гідробіологічних компонентів критерію екологічної якості води. Зосереджено увагу на оцінці за параметрами гідробіологічного стану. Біоіндикатором вибрано угруповання фітоперифітону. Дана оцінка стану гідроекосистем р. Сирет та її приток, як в межах ПТ, так і вище за течією. Визначено, як усереднені класи якості води, так і класи за компонентами критерію.

Ключові слова. Якість питної води; джерела локального водокористування; біоіндикація забруднення води; поверхневі води Східних Карпат

Представлены данные о показателях качества и безопасности воды для питьевого водообеспечения из источников локального водопользования (ИЛВ), а также из разных створов на р. Сирет и ее притоках. Приведены основные показатели химического состава, радиационного и токсического воздействия. Проведена классификация вод, определены их гидрохимические индексы. Проведено сравнение полученных значений показателей с их максимально допустимыми уровнями. Для исследованных ИЛВ на приграничной территории (ПТ) рассчитан оптимальный коэффициент разведения воды, величина которого характеризует её качество по отношению к «идеальному» источнику.

Загрязненность бассейна рек ПТ была оценена по усредненному показателю, который включал гидрохимическую, гидроморфологическую и гидробиологическую компоненты критерия экологического качества вод. Основное внимание в такой оценке уделялось параметрам гидробиологического состояния вод. В качестве биоиндикаторов были использованы водоросли перифитона и бентоса. Оценено состояние гидроекосистем р. Сирет и ее приток, как в пределах ПТ, так и выше по течению. Определены как усреднённые классы, так и классы качества воды по компонентам критерия.

Ключевые слова: качество питьевой воды; источники локального водопользования; биоиндикация загрязнения воды; поверхностные воды Восточных Карпат

The data on the quality and safety of water for drinking water provision from local water sources and from some sites of Siret river and its and its tributaries are presented in the article. The basic indicators of chemical, radiation and toxic effects are shown. Authors conducted the

classification of water treatment and defined hydrochemical indices of investigated waters. Also, the comparison of received values with their maximum allowable levels was done. Received data helped to calculate the optimal water dilution factor, the value of which describes water quality in relation to the "ideal" source.

Ecological assessment of surface water source like the Siret river was done by combining of the hydrochemical, hydrobiological and hydromorphological methods of water analysis. The emphasis was done on the assessing of the hydrobiological parameters of water quality. Phytoperiphyton and phytobentic groups of algae were selected as the bioindicators. Such complex parameters could be used for the ecological assessment of the mountain rivers.

Keywords: the quality of drinking water; local sources of water; bioindication of water pollution; surface waters of the Eastern Carpathians

Актуальність. Рекреація в Буковинських Карпатах – один з привабливих напрямків розвитку економіки Чернівецької області. Практично неосвоєними до теперішнього часу є території, які розташовані вздовж лінії державного кордону на заході області. Визначення перспектив їх розвитку передбачає комплексну оцінку екологічного стану гідроекосистем цих територій. Важливим фактором при цьому є можливості забезпечення господарської діяльності якісною водою, у тому числі і питною. На комплексність в підходах направлена і «Програма по розвитку рекреації та туризму в Чернівецькій області» [10], яка затверджена Чернівецькою обласною радою у 2010 році. Таким чином, отримання інформації про показники якості і безпечності водних ресурсів на прикордонній території (ПТ) Чернівецької області є актуальним завданням.

Міжнародне співробітництво передбачає взаємний обмін інформацією щодо стану гідроекосистем транскордонних водних об'єктів за узгодженими параметрами. Діючі в Європейському Союзі (ЄС) стандарти передбачають визначення екологічного стану водних об'єктів на основі врахування впливу трьох складових комплексного критерію: гідрохімічної, гідробіологічної та гідроморфологічної. Реалізація такого підходу, поряд з вимогами діючих нормативних документів (НД) [5], дозволяє на теренах Буковинських Карпат оцінити стан гідроекосистем території та отримати уніфіковані з ЄС результати.

Вихідні передумови. Інфраструктура комплексів рекреації при невеликій чисельності туристів забезпечується, як правило, водою підземних джерел локального водокористування (ДЛВ). До них належать шахтні колодязі, каптажні джерела та ненапірні свердловини. Для комплексів більшої потужності, які розраховані на значну чисельність туристів, застосовується як вода з ДЛВ, так і вода напірних свердловин. Також може використовуватись вода поверхневих водних об'єктів. До останніх можна віднести озера і ріки території. Стан гідроекосистем, визначення показників та екологічного статусу басейнів у верхній частині течії для річок регіону Українських Карпат з позиції, як державних, так і діючих у ЄС стандартів та методичних підходів Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС [2], досліджено лише для деяких великих річок та їх приток, зокрема р. Тиса та р. Прут [1,16].

На ПТ Чернівецької області, в її привабливій для рекреації гірській частині, знаходяться ріки Сучава, Сірет та ряд малих річок. Системних, науково обґрунтованих досліджень щодо складових комплексного критерію екологічного стану басейнів водних об'єктів в Буковинських Карпатах та прилеглих територіях до теперішнього часу не проведено. Відомі окремі дослідження гідрохімічної складової на ряді малих річок [3,14]. Узагальнені результати досліджень основних показників якості та безпечності у воді з деяких ДЛВ цього регіону представлено в [12].

Комплексний метод визначення екологічного стану гідроекосистем басейну було застосовано на р. Сірет, в її верхній частині (далі зазначається як р. Сірет) та її притоках, які протікають по території Чернівецької області [6,7]. Однак, в цих роботах не здійснено аналізу показників якості та безпечності з позиції можливостей застосування води для потреб господарського та питного водокористування. В той же час, таке використання є

перспективним в контексті територіальної наближеності р. Сірет та її приток до місць потенційних зон рекреації та туристичної інфраструктури у Чернівецькій області.

Мета і завдання. Робота присвячена дослідженню якості водних ресурсів в ПТ та суміжних районах з позиції потреб водозабезпечення персоналу об'єктів ПТ та можливих об'єктів інфраструктури рекреаційних комплексів. Метою роботи є отримання та аналіз значень показників безпечності і якості для води з підземних джерел та води р. Сірет, а також її приток. В основу аналізу покладено порівняння результатів експериментальних досліджень показників води з джерел та допустимих рівнів їх вмісту згідно критеріїв НД [4]. Для порівняння отриманих показників екологічного стану р. Сірет використано нормування, зазначене у Водній Рамковій Директиві ЄС від 2000 року.

Завданням роботи є розгляд основних показників безпечності та якості води з ДЛВ, а також показників поверхневих водних об'єктів, води яких можуть бути використані для потреб рекреації. Завдання включає встановлення значень показників для води з ДЛВ, які розташовані на ПТ Чернівецької області, а також оцінку необхідності корегування хімічного складу цієї води при її споживанні. До завдання також внесли проведення аналізу по встановленню екологічного стану та забрудненості гідроекосистеми р. Сірет та її приток на основі комплексного критерію.

Методи та об'єкти досліджень. Для визначення показників якості і безпечності застосовані методи фізико-хімічного, атомно-абсорбційного та бета-спектрометричного аналізу сумісно із стандартизованими методиками виконання вимірювань (МВВ). Вміст катіонів Са, Mg, карбонатів, гідрокарбонатів та перманганатна окислюваність (далі в таблицях скорочено окисл.) визначались згідно МВВ, які наведені в [8]. Ці ж методи використані при визначенні параметрів хімічної складової критерію екологічного стану р. Сірет та її приток. Для встановлення гідроморфологічної та гідробіологічної складової критерію застосовано методи, які описано в [9].

Об'єкти дослідження – вода з 21 ДЛВ і з р. Сірет та її приток. Місця розташування ДЛВ – території, які знаходяться на околицях, або поза межами населених пунктів вздовж державного кордону. 16 ДЛВ є шахтними колодязями, а 4 – ненапірними свердловинами. ДЛВ Шибени є джерелом каптажного типу. Глибина залягання водоносних горизонтів ДЛВ коливалась в межах від 2,5 м до 17 м. Місця відбору річкової води – 8 створів вздовж течії в населених пунктах від с. Долишній Шепіт до с. Кам'янка. Основну експериментальну частину досліджень проведено в період з 2007 по 2011 рік. Факторами антропогенного впливу на гідроекосистеми ПТ була і є господарська діяльність приватних садиб в населених пунктах, які розташовані в межах або поблизу ПТ, а також вздовж течії р. Сірет та її приток.

Основний матеріал, результати та їх обговорення: Прикордонна територія Чернівецької області, за фізико-географічним районуванням, може бути поділена на 3 достатньо великі частини, які відповідають чотирьом фізико-географічним областям. Перша частина включає Зовнішньокарпатську та Вододільноверховинську області, які охоплюють гірську частину Буковинських Карпат. Друга область – Передкарпатська височина – розташована між Буковинськими Карпатами та руслом р. Прут. Третя область – Прут-Дністровська височина, – знаходиться між руслами р. Прут та р. Дністер. На ПТ Чернівецької області, в її трьох фізико-географічних частинах областей, розташовано відповідно 6, 8 та 6 досліджених ДЛВ.

Перейдемо до розгляду результатів моніторингу. В табл. 1 наведено значення фізико-хімічних показників неорганічних сполук та перманганатної окислюваності у досліджених водах. Характеристики точності їх встановлення, згідно процедури валідації МВВ, представлено в [12]. Відсутність для води ряду ДЛВ результатів по вмісту карбонатів, яка позначена символом (®), пов'язана з виконанням умови їх визначення згідно МВВ, а саме $pH \geq 8,2$, де pH – водневий показник.

Визначення катіонів важких металів проведено методом атомно-абсорбційної спектроскопії з позиції співставлення отриманих значень з відповідними значеннями їх

Таблица 1

Вид показника	Назва населеного пункту																					
	Шибени	Перкалаб	Шепіт	Селятин	Руська	Фальков	Красноільськ	Н. Петрівці	Б. Криниця	Н. Вовчинець	Черепківці	Порубне	Н. Синівці	Герца	Куликівка	Тарасівці	Костичани	Нелипівці	Вашківці	Гвіздівці	Сокиряни	
Натрій, мг/дм ³	5	5	5	5	5	8	14	8	65	11	28	18	98	70	3	88	80	17	22	33	21	
Калій, мг/дм ³	31	<1	8	<1	<1	1	6	<1	10	<1	16	4	8	10	2	5	7	<1	<1	6	5	
Залізо загальне, мг/дм ³	<0.05	0.09	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.06	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Амоній, мг/дм ³	<0.05	<0.05	<0.05	0.10	<0.05	0.10	0.10	0.06	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Кальцій, мг/дм ³	78	28	76	92	84	60	48	48	68	90	119	120	80	72	124	290	230	152	132	264	112	
Магній, мг/ дм ³	17	15	14	32	34	20	19	19	73	52	14	15	49	70	46	64	58	80	46	100	52	
Хлориди, мг/дм ³	514	10	43	10	10	8	30	26	20	30	505	50	18	12	10	140	80	96	52	174	23	
Сульфати, мг/дм ³	73.9	61.8	74.2	56.1	54.2	73.1	98.2	50.0	89.0	96.2	81.5	94.2	96.2	71.6	41.2	480.0	380.0	141.0	70.5	351.9	61.2	
Нітрати, мг/дм ³	2.3	0.7	10.8	0.9	0.7	0.9	3.2	0.7	9.3	22.8	17.3	42.0	10.2	3.2	0.9	98.2	73.4	79.5	25.5	136.0	5.8	
Нітрити, мг/дм ³	<0.03	0.10	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.20	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.50	<0.03	<0.03	
Гідрокарбонати, мг/дм ³	149	79	150	348	342	200	104	146	586	370	216	245	600	241	549	500	530	488	488	519	584	
Карбонати, мг/дм ³	16	®	®	18	23	®	®	9	18	®	®	®	®	15	®	®	®	®	®	®	®	
Перманганатна окисл.,мгО ₂ /дм ³	1,57	1,28	0,68	3,35	2,72	3,62	18,4	4,16	0,64	2,86	2,41	3,62	3,04	1,44	1,44	3,36	2,62	1,28	3,28	6,72	1,88	
Водневий показник, од. рН	8,1	8,0	7,2	8,3	8,2	7,2	7,9	8,1	8,2	7,3	7,6	7,4	7,6	8,3	8,0	7,1	7,3	7,8	7,5	7,6	7,3	
Сухий залишок, мг/дм ³	328	187	320	383	397	280	251	220	638	500	453	480	700	676	497	1450	1250	835	691	1596	624	
Жорсткість загальна, ммоль/дм ³	5.3	2.6	5.0	7.2	7.0	4.6	4.0	4.0	9.4	8.8	7.2	7.2	8.0	9.4	10.0	7.1	16.8	14.2	10.4	7.5	10.0	

Аналіз даних табл. 1 свідчить, що показники води з досліджених ДЛВ за фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними критеріями, в основному, не перевищують відповідні ДР діючого НД [4]. В окремих ДЛВ спостерігається перевищення значень водневого показника рН, що, ймовірно, зумовлено наявністю значного вмісту у воді карбонатів та гідрокарбонатів металів. Часто для джерел, які розташовані у Передкарпатській та Прут-Дністровській височинних областях, виявляється перевищення за показником жорсткості загальної (ЖЗ).

Визначено у воді ДЛВ вміст радіонуклідів антропогенного походження, ^{137}Cs та ^{90}Sr . Дослідження проведено з використанням методу адсорбції катіонів за стандартною МВВ. Встановлено, що вміст зазначених радіонуклідів для всіх ДЛВ є меншим ніж межа визначення застосованої МВВ. В Бк/дм³ для ^{137}Cs вона становила <0,62, для радіонукліда ^{90}Sr її значення було <0,30. Показник відповідності при цьому для похибки вимірювання 0,4 та довірчій ймовірності 0,95 дорівнював 0,643.

Проаналізуємо дані табл. 1 з позицій якості питної води. Використаємо з цією метою ДР групи показників критерію фізіологічної повноцінності мінерального складу [4]. З отриманих даних випливає, що концентрація ряду компонентів критерію, а саме катіонів Na, K, Ca, Mg, елементів J і F, а також гідрокарбонатів та пов'язаної з ними лужності загальної (ЛЗ), сухого залишку (СЗ) і ЖЗ в деяких зразках води перевищує регламентовані критерієм значення. Між наявними у досліджуваній воді з і – го ДЛВ концентраціями C_{XX} в мг/дм³ і ммоль/дм³ компоненти XX та безрозмірними коефіцієнтами допустимого рівня концентрації (ДРК) – $i k_{XX}$, виконуються рівняння [11]:

$$\begin{aligned} i k_{Na} \cdot C_{Na} = 11, i k_{K} \cdot C_{K} = 11, i k_{J} \cdot C_{J} = 0,025, i k_{Ca} \cdot C_{Ca} = 50, i k_{Mg} \cdot C_{Mg} = 30, \\ i k_{F} \cdot C_{F} = 0,95, i k_{CЗ} \cdot C_{CЗ} = 350, i k_{ЖЗ} \cdot C_{ЖЗ} = 4,25, i k_{ЛЗ} \cdot C_{ЛЗ} = 3,5. \end{aligned} \quad (1)$$

Співвідношення (1) показують, що значення коефіцієнтів $i k_{XX}$ можуть бути розрахованими. Коефіцієнти $i k_{XX}$ для реальних вод є різними. Це означає, що в задачі корекції мінерального складу води шляхом її композиції із знесоленою водою, при розведенні води з багатокомпонентним вмістом солей слід встановити величину оптимального по групі показників коефіцієнта ДРК $i k_{cp}$. Критерій його встановлення доцільно визначити як мінімізацію суми квадратів відхилень коефіцієнтів $i k_{XX}$ від значення $i k_{cp}$. При такій умові значення $i k_{cp}$ буде визначатись як середнє для групи показників. Таким чином, для $i k_{cp}$ можна записати:

$$i k_{cp} = (1/n) \cdot (i k_{Na} + i k_{K} + i k_{J} + i k_{Ca} + i k_{Mg} + i k_{F} + i k_{CЗ} + i k_{ЖЗ} + i k_{ЛЗ}). \quad (2)$$

У рівнянні (2) n – число компонент критерію повноцінності. Для природної води число n визначається кількістю компонент, які за результатом хімічного аналізу виявлені у воді з достатньо високою концентрацією. Компоненти, які присутні у воді в незначних кількостях, на етапі розрахунку не враховуються.

В табл. 2 наведено результати розрахунку коефіцієнта $i k_{cp}$ та оцінки середнього квадратичного відхилення (СКВ) $^{орк}S_{cp}$ його значення. Використано співвідношення (1), (2) і (3) (див. нижче). Представлені результати відповідають водам ДЛВ, які розташовані в межах ПТ в двох ландшафтних зонах. Останні належать до двох фізико-географічних областей, в гірській частині та лісостеповій, на сході Чернівецької області.

Розрахунок СКВ $^{орк}S_{cp}$ проведено за загальноприйнятим рівнянням, в якому сумування проводиться за всіма n наявними компонентами XX. Його аналітична формула може бути записана у вигляді:

$$^{орк}S_{cp} = \{[\sum i k_{XX}^2 - ((\sum i k_{cp})^2 / n)] / (n - 1)\}^{0,5}. \quad (3)$$

При розрахунках величини $^{орк}S_{cp}$ по співвідношенню (3) концентрація вважалась наявною, якщо вона перевищувала нижню межу визначення МВВ в 5 разів. У табл. 2 також наведені гідрохімічні індекси і розраховані дані про оптимальне для кожного ДЛВ значення коефіцієнта розведення $i d_{cp}$, яке визначається як $i d_{cp} = 1 / i k_{cp}$.

Як видно з табл. 2, в ПТ гірської частини Чернівецької області, у дослідженій воді ДЛВ лише для двох джерел (с. Селятин, с. Руська) застосування методу композиції практично не змінює початкового хімічного складу води. У чотирьох інших ДЛВ вода потребує не розведення, а концентрування. Для ДЛВ ПТ, які розташовані у Прут-Дністровській височинній області, показники якості води можуть бути покращені шляхом її композиції із знесолоною водою в пропорції, яка зазначена для кожного ДЛВ коефіцієнтом $i d_{cp}$.

Таблиця 2

Гідрохімічні індекси, величини коефіцієнтів $i k_{cp}$, $i d_{cp}$ та оцінка $СКО^{дрк}_{ср}$ для води ДЛВ, які розташовані поблизу населених пунктів в межах двох фізико-географічних областей

Зовнішньокарпатська та Вододільноверховинська області					Прут-Дністровська височина область				
Населений пункт	Гідрохімічний індекс	Коефіцієнт $i k_{cp}$	СКВ $_{дрк} S_{cp}$	Коефіцієнт $i d_{cp}$	Населений пункт	Гідрохімічний індекс	Коефіцієнт $i k_{cp}$	СКВ $_{дрк} S_{cp}$	Коефіцієнт $i d_{cp}$
Перкалаб	$S_{111}^{Ca} \frac{2.6}{0.21}$	2.033	0,380	0.492	Тарасівці	$C_{111}^{Cф} \frac{7.1}{1.67}$	0,605	0,724	1,654
Шепіт	$C_{111}^{Ca} \frac{5.0}{0.38}$	1.392	0,597	0.718	Костичани	$C_{11}^{Ca} \frac{16.8}{1.44}$	0,483	0,496	2,071
Селятин	$C_{111}^{Ca} \frac{7.2}{0.56}$	0.966	0,628	1.035	Нелипівці	$C_{111}^{Ca} \frac{14.2}{1.05}$	0,418	0,124	2,393
Руська	$C_{111}^{Ca} \frac{7.0}{0.54}$	0.965	0,620	1.036	Вашківці	$C_{111}^{Ca} \frac{10.4}{0.84}$	0,481	0,098	2,081
Фальков	$C_{11}^{Ca} \frac{4.6}{0.37}$	1.158	0,261	0.863	Гвіздівці	$C_{111}^{Ca} \frac{7.5}{1.58}$	0,550	0,579	1,817
Красно-ільськ	$S_{111}^{Ca} \frac{4.0}{0.32}$	1.393	0,452	0.718	Сокиряни	$C_{11}^{Ca} \frac{10.0}{0.86}$	0,729	0,653	1,371

Перейдемо до аналізу якості поверхневих вод гірської частини ПТ Чернівецької області і прилеглих територій. З позиції їх придатності для забезпечення потреб у воді інфраструктури рекреаційних комплексів розглянемо групу фізико-хімічних показників таких вод. Представимо результати досліджень води р. Сірет та її приток, як найбільш антропогенно навантаженої гідроекосистеми в гірській частині ПТ. Визначимо в переліку встановлених в попередніх дослідженнях показників [4,17] ті, які є компонентами критерію фізіологічної повноцінності складу води, або дозволяють їх розраховувати. Перелік таких показників наведено в табл. 3. Результати наведено для води, проби якої відбирались у створах різних населених пунктів. При цьому є можливість аналізу змін хімічного складу та антропогенного забруднення у воді вздовж течії. Також показники якості води в притоках верхів'я р. Сірет, як протікають в Національному природному парку «Вижницький», можуть виступати в якості референтних.

Дані табл. 3 використані для розрахунку по співвідношенням (1) – (3) коефіцієнтів $i k_{xx}$, $i k_{cp}$, $i d_{cp}$ та величини оцінки СКВ середнього значення ДРК- $_{дрк} S_{ср}$. При цьому, для встановлення величини СЗ, значення МЗ зменшувалось на величину 0,4 від концентрації гідрокарбонатів. Результати розрахунків показали наявність змін у величині розрахованих коефіцієнтів для різних створів при проходженні води вниз за течією. Так, мінімальне та максимальне значення коефіцієнту $i k_{cp}$ спостерігаються у воді створів р. Сірет (с. Кам'янка) та р. Сухий (Національний парк). Їх величини становлять відповідно 1,682 та 2,420. Коефіцієнт розведення $i d_{cp}$ для води в цих створах змінюється від 0,594 до 0,413. Для інших створів спостерігались проміжні значення. З цих даних випливає, що покращення фізіологічних властивостей води р. Сірет та її приток шляхом підвищення

концентрації компонентів хімічного складу, як і для води ряду ДЛВ в гірській частині ПТ, може бути досягнуто при застосуванні систем вакуумного випарювання.

Таблиця 3

Основні складові хімічного складу у воді р. Сірет та її приток в межах населених пунктів вниз за течією

Назва та місце розташування створу при відборі проби води	Вид показника									
	Натрій, мг/дм ³	Калій, мг/дм ³	Кальцій, мг/дм ³	Магній, мг/дм ³	Хлориди, мг/дм ³	Сульфати, мг/дм ³	Гідрокарбонати, мг/дм ³	Перманганатна окисл., мгО ₂ /дм ³	Мінералізація, мг/дм ³	Жорсткість загальна, ммоль/дм ³
р. Сухий, Національний парк	4,75	1,84	59,1	7,40	10,6	31,9	198,3	3,6	313,9	3,6
р. Сірет, с. Лукавці	4,42	1,71	60,8	7,73	10,6	30,9	200,5	4,4	316,7	3,7
р. Сірет, вище м.Сторожинець	6,24	2,07	69,7	8,67	12,7	31,3	194,1	4,2	324,8	4,2
р. Сірет, нижче м.Сторожинець	5,53	2,09	72,7	8,68	13,1	30,9	206,5	4,7	339,5	4,4
р. Малий Сірет, с. Сучевени	5,97	2,27	78,5	9,46	12,7	31,7	241,3	4,2	381,9	4,7
р. Сірет, с. Кам'янка	6,13	2,97	87,2	10,7	14,8	32,0	234,7	5,4	388,5	5,3

При застосуванні систем підготовки води з використанням методу композиції слід враховувати можливе її антропогенне забруднення сполуками, як неорганічного, так і органічного походження. При широкому, невідомому спектрі можливих забруднювачів, досить ефективно використовувати біоіндикацію, як метод контролю за стабільністю забруднення. У випадку дослідження води р. Сірет та її приток в якості біоіндикаторів було застосовано водорості бентосу і перифітону (придонні та прикріплені форми). При цьому, в якості індикаторів забруднення використано такі їх показники, як чисельність особин досліджуваних видів та індекс сапробності, який визначає ступінь органічного забруднення води. Вибір саме цих показників пов'язаний з їх високою чутливістю до якісних змін у водному середовищі. Опис методів визначення зазначених показників представлено в [13]. Результати дослідження зведені в табл. 4.

Таблиця 4

Величина гідробіологічних показників в створах по відбору проб у різних населених пунктах

Вид показника	Назви та місця розташування створів					
	р. Сухий, Національний парк	р. Сірет, с. Лукавці	р. Сірет, вище м. Сторожинець	р. Сірет, нижче м. Сторожинець	р. Малий Сірет, с. Сучевени	р. Сірет, с. Кам'янка
Чисельність, кл/м ²	14 242,3	23 121,7	10 525	4 033,6	12 401,4	6 491,4
Індекс сапробності	1,45	1,38	1,48	1,7	1,57	1,8

З табл. 4 видно, що найбільші значення індексу сапробності спостерігаються у двох створах: нижче м. Сторожинець та у с. Кам'янка (поблизу кордону з Румунією). Близьким по величині до індексу референтних територій (р. Сухий (Національний парк) та р. Сірет (с. Лукавці)) є значення індексу сапробності у створі відбору на р. Малий Сірет. Це вказує

на низький рівень забрудненості води цього водного об'єкту і на переваги у використанні для водозабезпечення рекреаційних комплексів.

Для оцінки екологічного стану басейнів р. Сірет та приток в гідрохімічній складовій комплексного критерію було використано наступні показники: концентрації азоту нітратного, азоту нітритного, азоту амонійного, фосфатів та значення біологічного споживання кисню. З метою оцінки екологічного стану русло-заплавного комплексу за гідроморфологічними показниками досліджувались показники антропогенного впливу, а саме: відбір алювію, наявність та стан водозаборів, дамб обвалування. Також використовувалась інформація про ступінь розораності територій, наявність забудови та стан шляхів сполучення і промислових об'єктів, зокрема мостових переходів.

Загальна екологічна оцінка дослідженого водного об'єкту виконувалась шляхом встановлення середнього класу якості, який складався з класів якості, встановлених для гідрохімічної, гідробіологічної та гідроморфологічної складової. Кількісно оцінка екологічної якості за всіма зазначеними показниками являла собою шкалу балів, розроблену для кожної складової з урахуванням основних показників та їх вагових коефіцієнтів. Останні враховують особливості досліджуваного річкового басейну [9,15].

Оцінювання екологічного стану досліджуваної гідроекосистеми р. Сірет та деяких її приток (р. Сухий, р. Міхидри та р. Малий Сірет) за трьома складовими комплексного критерію показало наступне:

- до I класу якості („відмінного” екологічного стану) належить р. Сухий та р. Сірет на відрізьку с. Лопушна – с. Лукавці;
- до II класу якості („доброго” екологічного стану) належить р. Міхидра;
- III клас якості („задовільний” екологічний стан) спостерігається на створах на р. Сірет на відрізьку с. Мигове – с. Черепківці та р. Малий Сірет, що вказує на посилення антропогенного впливу на р. Сірет вниз за течією. Таким чином, проведена оцінка показує, що в межах ПТ на кордоні з Румунією, екологічний стан гідроекосистеми р. Сірет відповідає рівню «задовільного» стану.

Результати оцінки складових комплексного критерію, а також загального екологічного стану в різних створах р. Сірет та її приток для наочності і зручності аналізу, зведено у табл. 5.

Таблиця 5

Результати оцінки по класах якості екологічного стану р. Сірет (та її приток) в різних створах за течією

Назва та місце розташування створу	Гідрохімічна оцінка екологічного стану	Гідробіологічна оцінка екологічного стану	Гідроморфологічна оцінка екологічного стану	Загальний екологічний стан
р. Сухий, Національний парк	I «відмінний»	I «відмінний»	I «відмінний»	I «відмінний»
р. Сірет, с. Лукавці	I «відмінний»	I «відмінний»	II «добрий»	I «відмінний»
р. Сірет, вище м. Сторожинець	II «добрий»	III «задовільний»	III «задовільний»	III «задовільний»
р. Сірет, нижче м. Сторожинець	II «добрий»	IV клас «поганий»	III «задовільний»	III «задовільний»
р. Малий Сірет, с. Сучевени	II «добрий»	III «задовільний»	III «задовільний»	III «задовільний»
р. Сірет, с. Кам'янка	II «добрий»	IV клас «поганий»	III «задовільний»	III «задовільний»

Отримані таким чином результати мають значення для транскордонної взаємодії органів екологічного нагляду України та країн ЄС. Спільний кордон Чернівецької області та країни ЄС Румунії передбачає налагодження міждержавного співробітництва із

забезпечення збереження та покращення екологічного стану р. Сірет. Остання, включно з притоками, через приналежність до басейну р. Дунай, підпадає під «Екологічну програму дій для басейну Дуная», прийняту у 1994 році ЄС. Ця програма націлена на налагодження «доброго» екологічного стану басейну р. Дунай через відновлення його біологічного різноманіття.

Висновки. Результати моніторингових досліджень підземних з ДЛВ, а також поверхневих вод р. Сірет та її приток, розраховані на їх основі коефіцієнти, індекси та класи якості, дозволяють висловити стосовно водних ресурсів на ПТ наступні положення:

1. Основні гідрохімічні показники води з ДЛВ на ПТ в гірській частині Чернівецької області не перевищують допустимих рівнів критеріїв їх безпеки і якості, які зазначені в НД. Гідрохімічні показники води з таких ДЛВ, а також води р. Сірет та її приток, наближені до показників якісної питної води. Показники останньої зазначені у НД критерієм фізіологічної повноцінності мінерального складу. В досліджених водах гірської частини області використання методу композиції для корекції мінерального складу води є недоцільним.

2. У воді ДЛВ на ПТ в межах Передкарпатської височинної та Прут-Дністровської височинної областей спостерігається перевищення значень окремих гідрохімічних показників над зазначеними в НД. Суттєвим є перевищення вмісту солей Са та Mg. При використанні води в якості питної доцільним є попереднє застосування методів, які зменшують її ЖЗ. Для суттєвої корекції мінерального складу можливе застосування засобів, які реалізують метод композиції води з ДЛВ із знесолоною водою. Отримані в результаті досліджень величини показників безпеки і якості можуть використовуватись, як орієнтовні для даного регіону, а також при дослідженнях показників води ДЛВ в прилеглих до ПТ регіонах;

3. Застосування біоіндикації як методу визначення стабільності забруднення басейнових територій водних гідроекосистем з урахуванням біологічної складової оцінювання екологічного стану показало збіднення біорізноманіття у воді р. Сірет вниз за течією. Можливе пояснення такого явища, за всіма ознаками, криється у збільшенні впливу антропогенних факторів через віддалення досліджуваних створів від референтних територій. Застосована система оцінювання річкових гідроекосистем видається придатною для отримання інформації, як про екологічний стан в цілому, так і про стан окремих її складових, як біогенного, так і абіогенного характеру.

4. Практична спрямованість роботи визначається інформацією про гідрохімічні показники якості та безпечності води на ПТ, встановлення придатності її до застосування в якості питної, та висновків щодо необхідності попередньої корекції її мінерального складу. Через незначну господарську діяльність на досліджених територіях гірської частини ПТ отримані дані можна використовувати як фонові значення. Дослідження на основі підходів Водної Рамкової Директиви ЄС із зосередженням на показниках біорізноманіття є значимим для інтегральної оцінки забрудненості басейну водних об'єктів, як джерел питного та господарського водокористування. Результати можуть становити науковий і практичний інтерес не тільки при дослідженнях водних об'єктів в Чернівецькій області, але і гідроекосистем поверхневих та підземних вод всього регіону Українських Карпат.

Література

- 1 Афанасьев С.О. Структура біотичних угруповань та оцінка екологічного статусу річок басейну Тиси/ С.О.Афанасьев. – К., СП «Інтертехнодрук», 2006.- 101с
- 2 Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС : Основні терміни та їх визначення (офіційний переклад). – К. : Консорціум компаній RODECOVERSeau–WRc, 2006. – 244 с.
- 3 Волинська Е.М. Особливості формування гідрохімічних показників та екологічний стан малих річок Буковинських Карпат / Е.М. Волинська, Н.М. Омельченко // Зб. наук. праць Подільського держ. аграрно-техн. ун-ту. Спец. випуск до IX наук.-практ. конф. “Сучасні проблеми збалансованого природокористування”. – Кам.-Подільський: Подільський держ. аграрно – техн. ун-т, 2009. – С. 87-90.

- 4 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. – [Чинний від 2010–07–01].
- 5 Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. Методика. КНД 211.1. 4.010-94.- Затверджено наказом № 126 від 28.12. 94 р.
- 6 Караван Ю.В. Моніторинг басейну р. Сірет згідно з вимогами Водної рамкової директиви ЄС 2000/60/ЕС / Ю. В. Караван // Наук. вісник Чернівецького ун-ту. Серія Географія. – 2011. – Вип. 553–554. – С.45–48.
- 7 Караван Ю. В. Характеристика гідрохімічного режиму та оцінка якості води річок басейну Верхнього Сірету / Ю. В. Караван // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2012. – Т. 1 (26). – С. 102–107.
- 8 Новиков Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов/ Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. Ред. А.П. Шицковой.- М.: Медицина,- 1990.-400 с.
- 9 Ободовський О. Г. Латориця: гідроекологія, гідрологія, руслові процеси/ О. Г. Ободовський, В. В. Онищук. – К. : Київ. ун-т, 2012. – 319 с.
- 10 Програма розвитку туризму в Чернівецькій області на 2011–2012 роки, затверджена рішенням II сесії VI скликання Чернівецької обласної ради № 21-2/10 .- [чинна від 21.12.2010]
- 11 Сінченко В.Г. До питання корекції методом композиції мінерального складу при знесолюванні води з джерел локального водокористування в контексті фізико-географічного районування території // В.Г Сінченко, Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал. Спеціальний випуск.- Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, 2014.- С.15-23.
- 12 Сінченко В.Г. Про показники безпечності і якості води з колодязів в гірському регіоні та каньйоні р. Дністер у Чернівецькій області в контексті реалізації її ресурсів рекреації // В.Г. Сінченко, Ю.В. Караван, М.М. Тураш.- Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал.- 2013, №1 (7).- С.39-42.
- 13 Унифицированные методы исследований качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. – М. : СЭВ, 1975. – 185 с.
- 14 Юзик А.В. До аналізу поверхневих і підземних вод Чивчинських гір/ А.В. Юзик, М.В. Величко // Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень : матеріали Другої міжнар. наук.-практ. конф. (24–25 квіт. 2015 р., смт Путила, Чернівецька обл., Україна) / наук. ред. І. В. Скіль-ський, А. В. Юзик ; М-во екології та природ. ресурсів України, Нац. природ. парк «Черемоський» та ін. – Чернівці: Друк Арт, 2015. – С.27-29.
- 15 Karavan J. The Determination of Anthropogenic Regressing of aquatic ecosystem of the Siret river basin by phytoplankton / J. Karavan, Yu. Yuschenko, T. Solovej // Journal of Water and Land Development. Volume 19, Issue 1, 2013. – Pages 53–58.
- 16 Korchemlyuk M. Estimation of key pressures on Prut river basin in Ukrain / M. Korchemlyuk, L. Arkhyrova // Екологічна безпека. №1(19), 2015.- С. 41-45.

© В. Г. Сінченко,
Ю.В. Караван,
М.М. Тураш

УДК 504.45

В. І. Гринюк
*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти й газу*

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД НА РІВНІ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Вдосконалено управлінські підходи у вирішенні питання підвищення екологічної безпеки поверхневих вод підприємств нафтогазової промисловості Карпатського регіону. Розглянуто основні задачі існуючої системи управління екологічною безпекою навколишнього середовища. Представлено схеми водовідведення стічних вод у річки Лушава, Саджава, Тур'янка. Розроблено алгоритм етапів управління екологічної безпеки поверхневих вод. Обґрунтовано важливість зосередження уваги на керуванні та контролі водних об'єктів

- 4 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. – [Чинний від 2010–07–01].
- 5 Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. Методика. КНД 211.1. 4.010-94.- Затверджено наказом № 126 від 28.12. 94 р.
- 6 Караван Ю.В. Моніторинг басейну р. Сірет згідно з вимогами Водної рамкової директиви ЄС 2000/60/ЄС / Ю. В. Караван // Наук. вісник Чернівецького ун-ту. Серія Географія. – 2011. – Вип. 553–554. – С.45–48.
- 7 Караван Ю. В. Характеристика гідрохімічного режиму та оцінка якості води річок басейну Верхнього Сірету / Ю. В. Караван // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2012. – Т. 1 (26). – С. 102–107.
- 8 Новиков Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов/ Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. Ред. А.П. Шицковой.- М.: Медицина,- 1990.-400 с.
- 9 Ободовський О. Г. Латориця: гідроекологія, гідрологія, руслові процеси/ О. Г. Ободовський, В. В. Онищук. – К. : Київ. ун-т, 2012. – 319 с.
- 10 Програма розвитку туризму в Чернівецькій області на 2011–2012 роки, затверджена рішенням II сесії VI скликання Чернівецької обласної ради № 21-2/10 .- [чинна від 21.12.2010]
- 11 Сінченко В.Г. До питання корекції методом композиції мінерального складу при знесолюванні води з джерел локального водокористування в контексті фізико-географічного районування території // В.Г Сінченко, Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал. Спеціальний випуск.- Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, 2014.- С.15-23.
- 12 Сінченко В.Г. Про показники безпечності і якості води з колодязів в гірському регіоні та каньйоні р. Дністер у Чернівецькій області в контексті реалізації її ресурсів рекреації // В.Г. Сінченко, Ю.В. Караван, М.М. Тураш.- Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал.- 2013, №1 (7).- С.39-42.
- 13 Унифицированные методы исследований качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. – М. : СЭВ, 1975. – 185 с.
- 14 Юзик А.В. До аналізу поверхневих і підземних вод Чивчинських гір/ А.В. Юзик, М.В. Величко // Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень : матеріали Другої міжнар. наук.-практ. конф. (24–25 квіт. 2015 р., смт Путила, Чернівецька обл., Україна) / наук. ред. І. В. Скіль-ський, А. В. Юзик ; М-во екології та природ. ресурсів України, Нац. природ. парк «Черемоський» та ін. – Чернівці: Друк Арт, 2015. – С.27-29.
- 15 Karavan J. The Determination of Anthropogenic Regressing of aquatic ecosystem of the Siret river basin by phytoplankton / J. Karavan, Yu. Yuschenko, T. Solovej // Journal of Water and Land Development. Volume 19, Issue 1, 2013. – Pages 53–58.
- 16 Korchemlyuk M. Estimation of key pressures on Prut river basin in Ukrain / M. Korchemlyuk, L. Arkhyrova // Екологічна безпека. №1(19), 2015.- С. 41-45.

© В. Г. Сінченко,
Ю.В. Караван,
М.М. Тураш

УДК 504.45

В. І. Гринюк
*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти й газу*

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД НА РІВНІ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Вдосконалено управлінські підходи у вирішенні питання підвищення екологічної безпеки поверхневих вод підприємств нафтогазової промисловості Карпатського регіону. Розглянуто основні задачі існуючої системи управління екологічною безпекою навколишнього середовища. Представлено схеми водовідведення стічних вод у річки Лушава, Саджава, Тур'янка. Розроблено алгоритм етапів управління екологічної безпеки поверхневих вод. Обґрунтовано важливість зосередження уваги на керуванні та контролі водних об'єктів

під впливом нафтогазової промисловості. В результаті наведені рекомендації щодо підвищення ефективності системи управління екологічною безпекою поверхневих вод. Запропоновано комплексний підхід до керування екологічною безпекою поверхневих вод з використанням сучасних методів управління, що призведе до прийняття оптимальних управлінських рішень, досягненню швидкого результату.

Ключові слова: екологічна безпека, поверхневі води, моніторинг, алгоритм управління, екологічна оцінка, система управління

Усовершенствованы управленческие подходы в решении вопроса повышения экологической безопасности поверхностных вод предприятий нефтегазовой промышленности Карпатского региона. Рассмотрены основные задачи существующей системы управления экологической безопасностью окружающей среды. Представлены схемы водоотведения сточных вод в реки Лущава, Саджава, Турьянка. Разработан алгоритм этапов управления экологической безопасностью поверхностных вод. Обоснованно важность сосредоточения внимания на управлении и контроле водных объектов под воздействием нефтегазовой промышленности. В результате приведены рекомендации по повышению эффективности системы управления экологической безопасностью поверхностных вод. Предложен комплексный подход к системе управления экологической безопасностью поверхностных вод с использованием современных методов управления, что приведет к принятию оптимальных управленческих решений, достижению быстрого результата.

Ключевые слова: экологическая безопасность, поверхностные воды, мониторинг, алгоритм управления, экологическая оценка, система управления

Management approaches of increasing ecological safety of surface waters within oil and gas companies in Carpathian region were improved. The main tasks of the existing system of environmental ecological safety were considered. The scheme of wastewater drainage into rivers Luschava, Sadzhava, Turianka was introduced. The algorithm of ecological safety management stages of surface water was developed. Importance of focusing on the management and control of water objects under the influence of the oil and gas industry was justified. As a result the recommendations for effectiveness improvement of surface water environmental safety management were given. The integrated approach to the management system of surface water ecological safety using modern management techniques was proposed; it will lead to optimal management decisions and quick results achievement.

Keywords: ecological safety, surface water, monitoring, control algorithm, environmental assessment, management system

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток промисловості призводить до збільшення антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище. На рівні промислового підприємства під екологічною безпекою слід розуміти такий стан виробничої діяльності, який не створює загрози для навколишнього середовища та людини. Зазвичай підприємства нафтогазової промисловості приділяють більшу увагу технічним та технологічним аспектам екологічної безпеки. Проте цього недостатньо для забезпечення відповідного рівня екологічної безпеки, адже потрібно звернути увагу саме на організацію управління екобезпекою підприємства. Особливо велике значення має екологічний стан поверхневих вод, адже нафтогазовидобувна промисловість використовує значні об'єми води для виробничих потреб, тому важливим є забезпечення відповідного контролю процесу очистки і водовідведення у природні водотоки. Таким чином, актуальність даного дослідження зводиться до необхідності удосконалення системи управління екологічною безпекою на промисловому підприємстві.

Аналіз публікацій і досліджень. Проблеми управління екологічною безпекою, умови формування та реалізації екологічної політики, показників та методичних прийомів оцінювання екологічної безпеки знайшли відображення в працях вітчизняних та зарубіжних вчених: В. І. Андрейцева, Н. М. Андрєєва, В. Н. Буркова, Т. П. Галушкіна, А. Ю. Галяметдінова, О. П. Добровольської, О. С. Заржицького, Д. В. Зеркалова,

В. С. Кравціва, В. І. Крутякова, В. І. Лозо, А. В. Подковського, В. Г. Полякова, Ю. І. Стадницького, М. Р. Трухана, І. К. Бистрякова, І. М. Синякевича, А. В. Яцика, П. О. Фесянова, С. К. Харічкова Є. В. Хлобистова, О. М. Шаповалової, А. В. Щепкіна, Л. М. Якушенка, М. Е. Берлянда, В. С. Сафронова, У. Фергюсона [7].

Основною причиною екологічної кризи в Україні, на думку А. В. Яцика, є господарювання за надмірної експлуатації природних ресурсів і багатств без урахування екологічних законів, чинників, вимог, критеріїв та обмежень, недостатнє розуміння екологічних проблем більшістю населення країни [8]. Це твердження актуальне і для більшості країн світу. Екологічні проблеми безпосередньо впливають на екологічну безпеку, стан якої стає перешкодою для соціально-економічного розвитку суспільства. Б. М. Данилишин і О. О. Веклич [3], розглядаючи взаємозв'язок між економічним зростанням і тиском на довкілля, наголошують на необхідності спрямовувати наявні ресурси не тільки на економічне зростання, а й на збереження навколишнього середовища, що є запорукою найважливішого складника якісного життя людини – її здоров'я.

Заржицький О. С. визначає екологічну безпеку як комплексний стан певних властивостей довкілля, які створені цілеспрямованою діяльністю людей, з урахуванням обґрунтованих допустимих навантажень антропогенних чинників на навколишнє середовище і негативних змін, що відбулися в ньому, і забезпечують збереженість життєдіяльності людини [4].

Метою дослідження є покращення системи управління екологічною безпекою підприємств нафтогазової промисловості Карпатського регіону.

Для вирішення актуальної проблеми перед нами постають такі завдання:

- розглянути основні задачі існуючої системи управління екологічною безпекою;
- скласти алгоритм функціонування управління екологічною безпекою поверхневих вод;
- запропонувати вдосконалену систему управління поверхневими водами на рівні підприємства.

Виклад основного матеріалу. Насамперед, екологічна безпека це комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення відповідності природоохоронної діяльності підприємства нормативним вимогам. Управління екологічною безпекою водних об'єктів потребує глибоких знань про функціонування та зміну водних екосистем в умовах комплексного використання водних об'єктів, вміння прогнозувати зміни у структурній та функціональній організації під впливом антропогенних та природних чинників, наукового обґрунтування заходів, спрямованих на попередження можливих негативних змін екологічного стану водних об'єктів та погіршення якості води.

Для дослідження обрано Долинське нафтогазовидобувне підприємство Карпатського регіону. Воно здійснює водозабір з річок Свіча, Чечва, Смерека, Жижава та водовідвід стічних вод відбувається через 4 випуски у річки Тур'янка (2 випуски), Саджава (1 випуск), Луцава (1 випуск). Аналіз динаміки багаторічних спостережень за компонентами навколишнього середовища в зоні впливу нафтогазової промисловості показав, що значний вплив здійснюється на поверхневі води. Схема водовідведення стічних вод зображена на рис. 1, 2.

У виробництві підприємства вода використовується для підвищення нафтовилучення родовищ за рахунок підтримки пластового тиску шляхом заводнення. Для реалізації цих проектів створені цілі комплекси об'єктів:

- водозабори;
- фільтрувальні станції;
- насосні станції першого і другого підйомів;
- кушові насосні станції;
- система низьконапірних і високонапірних водоводів.

Для зменшення кількості водоспоживання в технологічному процесі задіяно замкнутий цикл використання води, що запобігає потраплянню пластових вод у ґрунти, поверхневі та підземні води. Підприємством проводяться планові та поточні ремонти водопровідних мереж при аварійних ситуаціях, поривах, розгерметизації. Проте цього недостатньо для забезпечення екологічної безпеки, адже дані споруди та водопровідні мережі збудовані ще в сімдесятих роках минулого століття, тому вони є технічно застарілі, потребують заміни. Нові високонкурентні ринкові умови диктують нові умови, вимагаючи від підприємства постійної раціоналізації діяльності через розроблення нових чи удосконалення існуючих технологій, впровадження нового обладнання, а відтак – високих фінансових вкладень. Однак, через брак фінансових ресурсів вітчизняні підприємства змушені задля отримання високих прибутків використовувати нові розробки на практично повністю фізично зношеному, непридатному для оптимальної роботи обладнанні або ж сприяють прискореному впровадженню нових технологій без достатнього практичного дослідження й без урахування можливих негативних наслідків для навколишнього середовища і здоров'я людини.

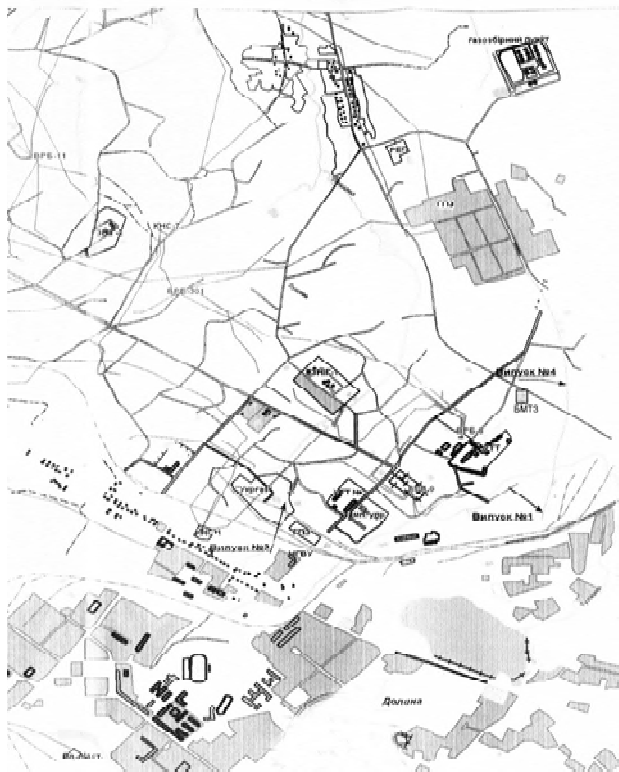


Рис. 1. Схема водовідведення стічних вод у річки Тур'янка та Лушава

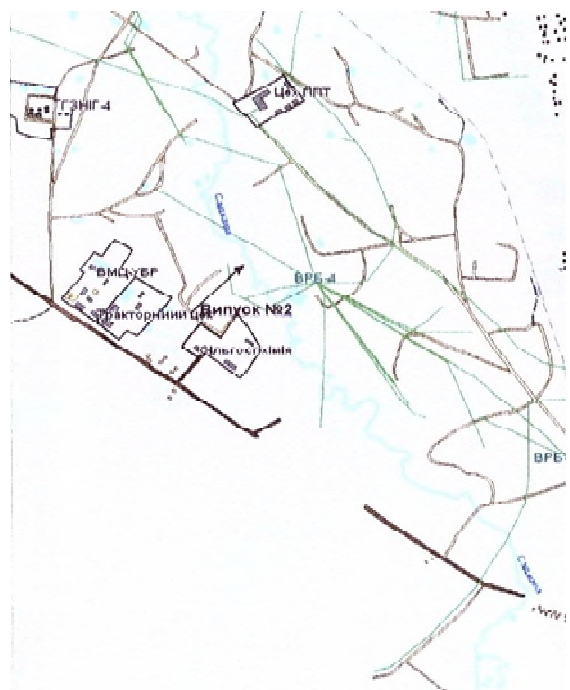


Рис. 2. Схема водовідведення стічних вод у річку Саджаву

Організація системи управління екологічною безпекою включає формування: екологічної політики, визначення цілей, задач, пріоритетів, стратегії екологічної безпеки, вибору методів управління. Ціль управління екологічною безпекою є зменшення антропогенного впливу підприємства на стан поверхневих вод за допомогою екологічного моніторингу, екологічного аудиту та менеджменту. Система управління залежить від методів управління, які визначаються на основі інформаційного та нормативно-правового забезпечення управлінського процесу.

Нормативна та методична бази у сфері раціонального водокористування і охорони вод ще недостатньо враховують природно-географічні та соціально-економічні умови, що склалися в різних районах Карпатського регіону.

Система управління навколишнім середовищем даного підприємства розроблена, документально оформлена, впроваджена та підтримується відповідно до вимог

міжнародного стандарту ISO 14001:2004, застосовних вимог чинного законодавства України, рішень і розпоряджень органів державної влади.

Головними завданнями функціонування системи управління екологічною безпекою Долинського підприємства Карпатського регіону є:

- Сприяння запобіганню, зменшенню (пом'якшенню) та ліквідації негативного впливу нафтогазової промисловості на навколишнє середовище.
- Досягнення відповідності застосовним вимогам законодавства України, нормативним вимогам, з якими погоджується підприємство.
- Сприяння постійному поліпшенню діяльності у сфері управління навколишнім середовищем.
- Зниження імовірності виникнення невідповідностей при плануванні та управлінні діяльністю, яка має вплив на екологічні аспекти, визначені ВАТ «Укрнафта», у всіх структурних одиницях та підрозділах.
- Постійний контроль результативності діяльності підприємства у сфері управління навколишнім середовищем та проведення відповідних коригувальних і запобіжних дій [9].

Недостатня ефективність існуючої системи водно-екологічного управління є наслідком недосконалості нормативно-правової бази і організаційної структури управління екологічною безпекою [5].

За результатами попередніх досліджень (2012-2014 рр.) встановлено перевищення ГДК азоту амонійного, нітритів, амонію сольового, завислих речовин, фосфатів, ХСК, БСК по всіх чотирьох випусках даного підприємства [2]. Це свідчить про скид недостатньо очищених стічних вод, наслідком якого є застаріле очисне обладнання. Проте на екологічний стан річок можуть впливати й інші фактори: метеорологічні умови, межування з іншими підприємствами-забруднювачами, несанкціонований скид сміття неподалік річок. Тому досить важливим є комплексний підхід до управління екологічною безпекою поверхневих вод з урахуванням природно-географічних факторів, економічних та екологічних принципів та правового законодавства України.

Ефективність управління екологічною безпекою залежить від трьох чинників: системності, методичності та стандартності управлінських функцій.

Безперечно, невід'ємною частиною управління екологічною безпекою водних об'єктів є водоохоронна діяльність, яка здійснюється в межах басейну річки. Проте основним постулатом управління має бути те, що «поверхневими водами треба управляти як екологічними системами» [1]. В цьому випадку основна мета управління полягатиме у досягненні екологічної безпеки водних об'єктів шляхом відтворення або ліквідації шкідливих наслідків господарської діяльності з урахуванням знань про стан екосистем, закономірностей їх змін та розвитку.

Автором запропоновано зосередити увагу на вдосконаленні системи екологічної безпеки поверхневих вод в зоні впливу нафтопромислового підприємства Карпатського регіону. Для цього створено алгоритм управління екологічною безпекою поверхневих вод, який проходить в п'ять етапів (рис. 3). На першому етапі визначаються джерела небезпеки, базовою процедурою якого є екологічний моніторинг поверхневих вод. Другий етап це оцінка стану екологічної безпеки поверхневих вод. Третій – розробка методів управління. Четвертий – впровадження управлінських рішень. П'ятий етап – аналіз результатів управлінських рішень щодо покращення екологічної безпеки поверхневих вод та рекомендації з подальшим підвищенням чи підтриманням досягнутого рівня безпеки.

Екологічний моніторинг поверхневих вод є елементом екологічної політики підприємства нафтопромислової галузі. Його метою є нагляд за факторами впливу, оцінки зміни та прогнозування стану природних водотоків, а також контроль очисних споруд на підприємстві. На підставі отриманих даних моніторинг з'ясовує закономірності взаємозв'язків між процесами, впливом людини та впливом природних факторів, спільні

закономірності функціонування компонентів біосфери на різних просторово-територіальних рівнях.

Правила контролю скидання стічних вод і оцінки їх впливу на якість природних водотоків, а також скиду і властивості вод встановлює керівний нормативний документ – КНД 211.1.2.008-94 «Гідросфера. Правила контролю складу і властивостей стічних та технологічних вод».

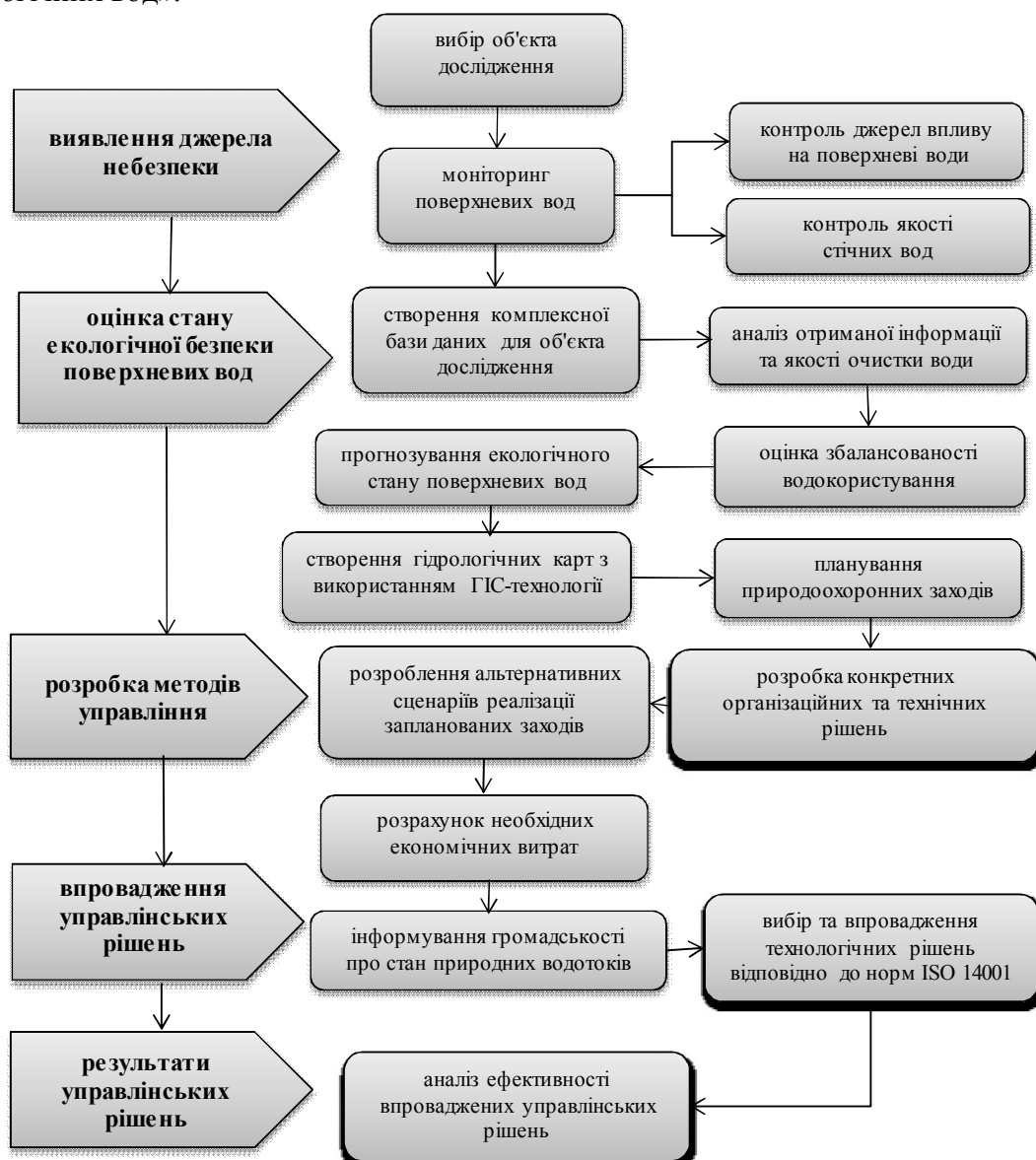


Рис. 3. Алгоритм управління екологічною безпекою поверхневих вод на рівні підприємства

Згідно до «Проекту нормативів гранично допустимих скидів (ГДС) речовин, що надходять у водні об'єкти зі стічними водами», проби поверхневих вод відбираються 500 м вище (фоновий створ) і 500 м нижче (контрольний створ) від місця випуску зворотніх вод.

Інформацію щодо вмісту хімічних речовин у відібраних пробах води потрібно внести у комп'ютерну базу даних річок Луцава, Саджава, Тур'янка, до складу якої входять фізико-географічні, гідрологічні, гідрохімічні показники. Ця база даних повинна містити результати аналізів проб води поквартально за кожний рік проведення екологічного моніторингу. Якщо зафіксовано значне перевищення ГДК у конкретному

створі, що може нести загрозу для прилеглих територій та здоров'я людей, то необхідно проводити відбір проб води щомісячно у даному створі.

Гідрологічна оцінка водного об'єкту повинна здійснюватися з врахуванням метеорологічних умов, географічних умов розташування річок по відношенню до джерел впливу. Від рівня інформаційної підтримки залежить ефективність функціонування системи управління екологічною безпекою. Необхідно створити карти розповсюдження забруднюючих речовин у річках, а також карти прогнозування екологічної ситуації природних водотоків, використовуючи сучасні ГІС-технології (Surfer, Arcgis, MapInfo, ГІС «Панорама», Digitals та інші).

Наступним завданням є планування природоохоронних і технічних заходів, а також розроблення альтернативних сценаріїв реалізації запланованих заходів. Обирати слід такі організаційні та технічні рішення, які матимуть оптимальні економічні витрати. У випадку аварійних ситуацій та виявлення загроз для поверхневих вод потрібно інформувати громадськість.

Одним з важливих підходів у вирішенні проблеми екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів є оцінка та нормування якості вод. Ощадливе і збалансоване водокористування ґрунтується на пріоритетних напрямках використання водних ресурсів на конкретній території, з урахуванням можливостей їх самовідновлення.

При виборі технологічних рішень слід строго дотримуватися нормативних вимог законодавства України [6], оцінити антропогенний вплив на інші природні компоненти навколишнього середовища та прийняти таке технологічне рішення, щоб мінімізувати економічні витрати та його вплив на довкілля.

Завершальною ланкою алгоритму є аналіз ефективності впроваджених організаційних та технічних рішень на підприємстві. Це дозволить визначити, чи отриманий результат виправдав очікування підприємства нафтогазової промисловості.

Система управління екологічною безпекою поверхневих вод – це складний процес, що визначає спочатку призначення, завдання та стратегію її реалізації (рис. 4).

Першочерговим завданням підприємства є розробка та здійснення політики збалансованого водокористування, що дасть можливість раціонально використовувати водні запаси на близьку та віддалену перспективу. Екологічна політика визначає рівень екологічної відповідальності підприємства, а також масштаб його зобов'язань щодо збереження водних об'єктів. Вона має бути достатньо чіткою і конкретною, щоб її могли зрозуміти внутрішні та зовнішні зацікавлені сторони; повинна періодично аналізуватися, щоб відображати мінливі умови та інформацію.

Екологічний контроль виступає засобом забезпечення законності в галузі охорони природи і раціонального використання природних ресурсів як один з методів управлінської діяльності та проводиться паралельно з оцінкою довкілля. Він необхідний для дотримання екологічних умов, що містяться в нормативній документації, яка затверджена у встановленому порядку.

Екологічний аудит направлений на виявлення негативних природних і природно-техногенних процесів, а також на визначення видів і рівнів техногенного впливу на поверхневі води з метою виявлення пріоритетів, конкретних дій і джерел фінансування екологічного оздоровлення забруднених територій. Фахівець з екоаудиту надаватиме не тільки висновки про можливі негативні впливи на поверхневі води, стан екологічної безпеки, але обов'язково оцінюватиме ступінь ризику, може рекомендувати заходи, які необхідно врахувати в реструктуризаційних процесах.

Аудиторський висновок засвідчує ефективність забезпечення екологічної безпеки з пропозиціями коригування екологічної політики і плану дій з охорони навколишнього середовища.

Екологічна оцінка — це той інструмент, який дає змогу оптимізувати структуру водокористування, зіставити можливості ведення певної господарської діяльності з природними, соціально-економічними й адміністративними характеристиками території,

підготувати висновки й рекомендації щодо збереження екологічного стану водних об'єктів. Статистична обробка гідрохімічних даних, отриманих в результаті екологічного моніторингу, дозволить виявити закономірності розподілу компонентів хімічного складу для виявлення спільності чи розходжень порівняльних величин.

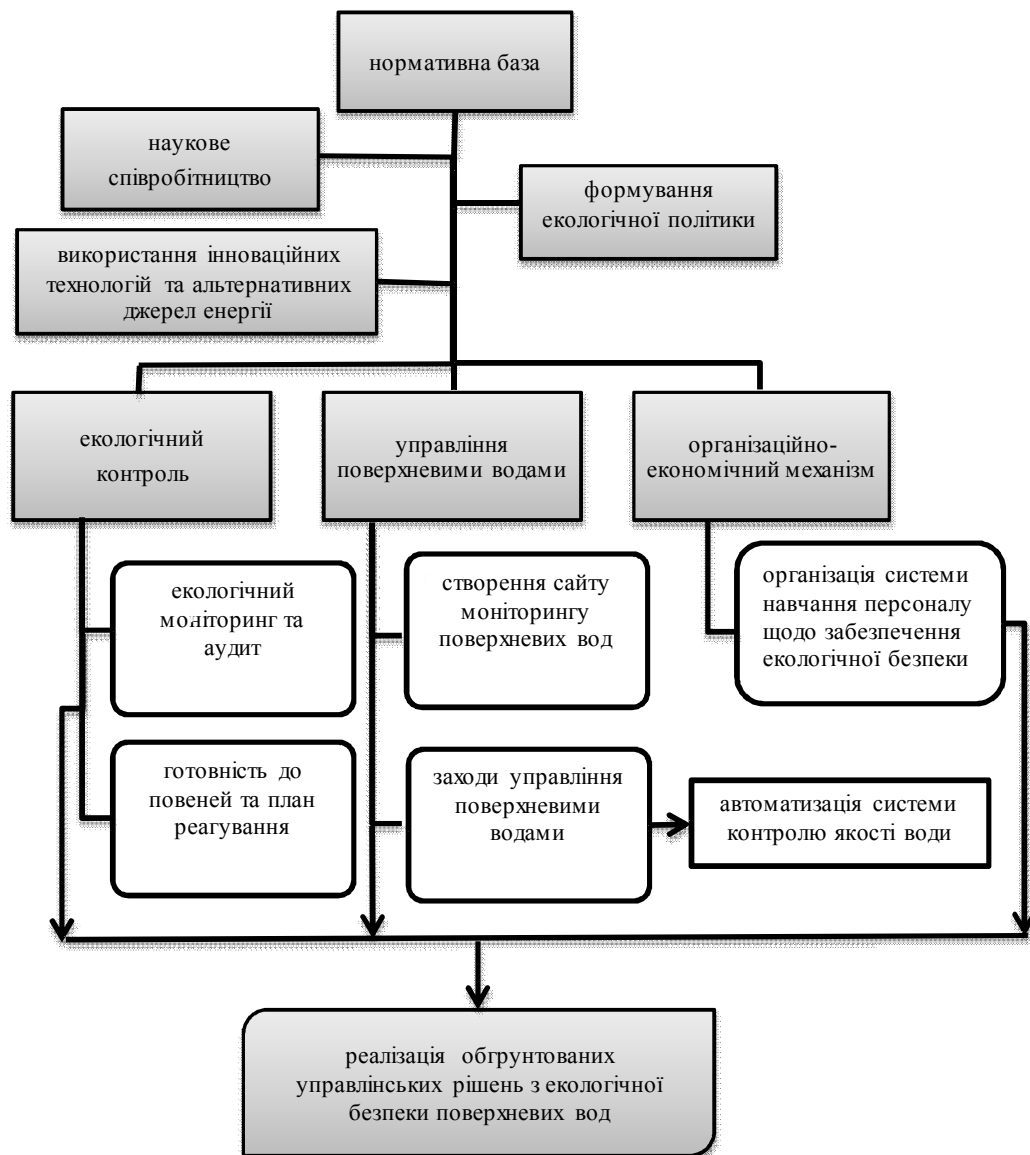


Рис. 4. Система управління екологічною безпекою поверхневих вод

Витрати електроенергії є важливим показником при водопостачанні та водовідведенні, оскільки електроенергія використовується на роботу двигунів, технологічні процеси при заборі, очищенні та транспортуванні води. Тому рекомендовано впровадити на Долинському нафтовидобувному підприємстві енерго- та ресурсозберігаючі технології, які позитивно позначаються на рентабельності виробництва, та дадуть змогу підвищити продуктивність праці.

Для управління системою екологічної безпеки необхідний відповідний організаційно-економічний механізм, щоб забезпечити функціонування цієї системи. Ефективність даного механізму залежить від дій в процесі реалізації розроблених планів та програм розвитку підприємства, мотивації персоналу, кваліфікації працівників, технології та методів управління.

Навчання персоналу щодо забезпечення екологічної безпеки веде до зростання їх компетентності, що сприяє зниженню кількості випадків порушення виробничої і

технологічної дисципліни, відповідно, зниженню числа аварійних ситуацій, що відбуваються з вини персоналу. Тому треба чітко розподілити посадові обов'язки, повноваження та відповідальність серед працівників, що входять до механізму управління на підприємстві.

Організаційно-економічний механізм в системі управління екологічною безпекою грає вагомий роль, оскільки дія його інструментів виявляється в невидимих ззовні управлінських процесах регулювання, підтримки, координації, стимулювання різноманітних функцій.

В умовах сучасного техногенного впливу на водні об'єкти виникає потреба у використанні автоматизованої системи управління, яка б забезпечила адаптивність до змін стану навколишнього середовища з врахуванням територіальних особливостей. Автоматизована система контролю якості води може одночасно вимірювати 8-10 хімічних показників, дасть змогу швидко отримувати інформацію про характер та кількість забруднюючих речовин у воді, оперативно реагувати на будь-яке перевищення ГДК та приймати необхідні рішення щодо знешкодження негативних впливів забруднювачів на природні водотоки.

Засобами досягнення ефективності екологічної безпеки, що повинні виконуватися є: вдосконалення технології виробництва, модернізація застарілих очисних споруд, впровадження ресурсозберігаючих технологій, використання екологічно чистих матеріалів для очистки стічних вод. З цією метою підприємству необхідно впровадити організаційні та економічні інструменти; звернути увагу на технічне переоснащення інженерно-комунікаційних систем; модернізувати застаріле обладнання, замінити його на вискоєфективне, енерго- та водозберігаюче; виконувати інші заходи для покращення екологічного стану річок Карпатського регіону.

Формування системи екологічного управління на промислових підприємствах – це ефективний інструмент для комплексного вирішення завдання забезпечення збалансованого водокористування, охорони довкілля, професійної безпеки виробництва і відповідальності підприємства перед суспільством. Використання ГІС-технологій підвищить оперативність, достовірність даних для розробки нових природоохоронних програм. За допомогою картографічних моделей можна обрати інженерну схему розміщення захисних споруд, дати оцінку розподілу антропогенного навантаження на річковий басейн.

Важливість концентрації уваги управління саме на рівні підприємства полягає в тому, щоб виявити джерела небезпеки для поверхневих вод на початковій стадії та вчасно приймати управлінські рішення для збереження якості води у річках Карпатського регіону згідно нормативних вимог.

Позитивного результату від реалізації представленої системи управління екологічної безпеки поверхневих вод можна досягнути завдяки скоординованості та комплексному використанні всіх елементів, що сприятиме мінімізації забруднення та виснаження природних водотоків, а також забезпечить конкурентні переваги підприємству нафтогазової галузі.

Висновки. Таким чином, запропонована система управління екологічною безпекою поверхневих вод представляє собою особливий різновид та відносно самостійну, локальну підсистему управління Долинського нафтогазовидобувного підприємства. Для того, щоб забезпечити відповідну якість стічних вод, які після очистки надходять у річки Лушави, Саджави, Тур'янка, необхідно зосередити особливу увагу на керуванні та контролі даних водних об'єктів під впливом нафтогазової промисловості.

В результаті розроблено алгоритм управління поверхневими водами та проаналізовано його етапи. Наведені рекомендації щодо підвищення ефективності системи управління екологічною безпекою поверхневих вод.

Вдосконалена система управління дасть змогу приймати гнучкі управлінські рішення, а також відповідні заходи з урахуванням існуючого рівня екологічної безпеки та прогнозування можливих загроз чи ризиків.

Література

- 1 Васенко О. Г. Екологічне управління водоохоронною діяльністю / О. Г. Васенко // Проблеми охорони навколишнього природного середовища: зб. наук. праць. – Х.: ВД «Райдер», 2006. – Вип. XXVIII (Ювіл. видання). – С. 38-60.
- 2 Гринюк В. І., Архипова Л. М. Аналіз якості зворотних вод допоміжних об'єктів нафтогазовидобувного управління «Долинанафтогаз» // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2016. – №1(13). – С. 30-38.
- 3 Данилишин Б. М. Ефект декаплінгу як фактор взаємозв'язку між економічним зростанням і тиском на довкілля / Б. Данилишин, О. Веклич // Вісн. НАН України, – 2008. – № 5. – С. 12.
- 4 Заржицький О. С. Правові аспекти регіональної екологічної політики: монографія / О. С. Заржицький. – Дніпропетр.: Наука і освіта, 2003. – 160 с.
- 5 Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року: Закон України № 2818-VI від 21.12.2010 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2011. – № 26. – 218 с.
- 6 Про охорону навколишнього природного середовища: закон України від 25 червня 1991 року // Відомості Верховної Ради. – 1991. – № 41 – 546 с.
- 7 Синякевич І. М. Принципи екологічної політики: погляд крізь призму глобальних екологічних загроз / І. М. Синякевич // Продуктивні сили України. – 2007. – № 2 (003). – С. 230-235.
- 8 Яцик А. В. Водні ресурси в контексті екологічної безпеки та збалансованого розвитку держави // Екологічний вісник. – 2007. – № 6. – С. 21-24.
- 9 <https://www.ukrnafta.com>

© В. І. Гринюк

УДК [910.3:551.332.56] (292.452)

*М. В. Корчемлюк,
Р. Л. Кравчинський,
Б. Б. Савчук
Карпатський національний
природний парк*

ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОШИРЕННЯ КАРОВИХ ОЗЕР НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Публікація присвячена особливому компоненту ландшафту Українських Карпат – високогірним озерам. На основі використання математико-статистичних методів виявлено закономірності поширення карових озер у межах Чорногірського масиву та їх взаємозв'язок із іншими компонентами навколишнього природного середовища. Проведено класифікацію водойм за низкою фізико-географічних та морфометричних показників.

Ключові слова: карові озера, предиктори, морфометричні характеристики, Українські Карпати, Чорногора, факторний аналіз, кластеризація.

Вдосконалена система управління дасть змогу приймати гнучкі управлінські рішення, а також відповідні заходи з урахуванням існуючого рівня екологічної безпеки та прогнозування можливих загроз чи ризиків.

Література

- 1 Васенко О. Г. Екологічне управління водоохоронною діяльністю / О. Г. Васенко // Проблеми охорони навколишнього природного середовища: зб. наук. праць. – Х.: ВД «Райдер», 2006. – Вип. XXVIII (Ювіл. видання). – С. 38-60.
- 2 Гринюк В. І., Архипова Л. М. Аналіз якості зворотних вод допоміжних об'єктів нафтогазовидобувного управління «Долинанафтогаз» // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2016. – №1(13). – С. 30-38.
- 3 Данилишин Б. М. Ефект декаплінгу як фактор взаємозв'язку між економічним зростанням і тиском на довкілля / Б. Данилишин, О. Веклич // Вісн. НАН України, – 2008. – № 5. – С. 12.
- 4 Заржицький О. С. Правові аспекти регіональної екологічної політики: монографія / О. С. Заржицький. – Дніпропетр.: Наука і освіта, 2003. – 160 с.
- 5 Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року: Закон України № 2818-VI від 21.12.2010 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2011. – № 26. – 218 с.
- 6 Про охорону навколишнього природного середовища: закон України від 25 червня 1991 року // Відомості Верховної Ради. – 1991. – № 41 – 546 с.
- 7 Синякевич І. М. Принципи екологічної політики: погляд крізь призму глобальних екологічних загроз / І. М. Синякевич // Продуктивні сили України. – 2007. – № 2 (003). – С. 230-235.
- 8 Яцик А. В. Водні ресурси в контексті екологічної безпеки та збалансованого розвитку держави // Екологічний вісник. – 2007. – № 6. – С. 21-24.
- 9 <https://www.ukrnafta.com>

© В. І. Гринюк

УДК [910.3:551.332.56] (292.452)

*М. В. Корчемлюк,
Р. Л. Кравчинський,
Б. Б. Савчук
Карпатський національний
природний парк*

ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОШИРЕННЯ КАРОВИХ ОЗЕР НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Публікація присвячена особливому компоненту ландшафту Українських Карпат – високогірним озерам. На основі використання математико-статистичних методів виявлено закономірності поширення карових озер у межах Чорногірського масиву та їх взаємозв'язок із іншими компонентами навколишнього природного середовища. Проведено класифікацію водойм за низкою фізико-географічних та морфометричних показників.

Ключові слова: карові озера, предиктори, морфометричні характеристики, Українські Карпати, Чорногора, факторний аналіз, кластеризація.

Публикация посвящена особому компоненту ландшафта Украинских Карпат – высокогорным озерам. На основе использования математико-статистических методов выявлены закономерности распространения каровых озер в пределах Черногорского массива и их взаимосвязь с другими компонентами окружающей среды. Проведена классификация водоемов по ряду физико-географических и морфометрических показателей.

Ключевые слова: каровые озера, предикторы, морфометрические характеристики, Украинские Карпаты, Черногора, факторный анализ, кластеризация.

This publication is dedicated to a specific component of the landscape of Ukrainian Carpathians – mountain lakes. On the basis of mathematical and statistical methods revealed patterns of distribution kars lakes within Chornohirsky mountain ridge and their relationship with other components of the environment. The classification of the waterbody for a number of physiographic and morphometric parameters was carried out.

Keywords: kars lakes, predictors, morphometric characteristics, Ukrainian Carpathians, Chornohora, factor analysis, clustering.

Вступ. Формування Карпатської гірської фізико-географічної країни супроводжувалось різними геологічними процесами: інтенсивною вулканічною діяльністю та виверженням лави (у неогеновий період); вертикальними тектонічними рухами (І. Д. Гофштейн, 1984) [5] тощо. Новітня історія сучасного ландшафтно-геоморфологічного малюнку пов'язана з геологічною діяльністю льодовиків. Гірсько-гляціальний комплекс форм в Українських Карпатах спостерігається у межах найбільш високих вершин і ділянок гребенів, зокрема на Чорногорі. Про точну кількість зледенінь, що охоплювали дану територію достовірно не відомо; досить добре вивчене останнє – четвертинне (плейстоценове). Максимальна довжина льодовика у долині р. Прут становила 5-6 км, р. Гаджини – 5 км, р. Кизі – 4 км, р. Дземброні та р. Погорільця – 4,5 км [5]. Хоча воно слабо (порівняно, наприклад, з Альпами) охопило територію Карпат, проте сліди діяльності збереглися й до сьогодні у вигляді своєрідних форм рельєфу – карів.

У різних частинах світу карову улоговину називають по-різному: у Піренеях – «куль» (oule) або «цирк», у Французьких Альпах – «ван» (van), в Норвегії – «ботн» (boten), у Швеції – «боттн» (botten), в Шотландії – «коррі» (corry), в Уельсі – «коун» (cwn), у північній Англії – «тан» (tarn), «кумб» (coomb), у деяких слов'янських країнах – «занога» (zanoga), «калдаре» (caldare) [7].

Заповнені талими та дощовими водами ці форми рельєфу перетворились на унікальні водні об'єкти, зазвичай, безстічні з особливими морфометричними характеристиками, водним режимом, своєрідним хімічним складом води, видовою біорізноманітністю тощо.

Досліджуючи карові озера країн Європи та Близького Сходу, відомий гідролог-географ Г. В. Цицарин відзначав: *«Они исключительно красивы; цвет воды их то нежно-голубой, то темно-синий. Почти всегда спокойная поверхность четко, как в зеркале, отражает окружающие склоны, местами покрытые снегом»* [7]. Льодовикові озера по-чеськи називаються «плесами» або «морськими очима», по-польськи – «ставами» [6].

Карові озера Українських Карпат мають незначні розміри; багато з них вже замулились та перетворились на алювіальні рівнини. Сьогодні у межах Чорногори налічується близько 40 озер та озерець льодовикового походження [3], які потребують постійного вивчення, охорони та збереження.

Високогірні водойми Карпат вже понад 200 років [4] привертають до себе увагу багатьох вчених-природознавців. Згадки про карові озера зустрічаються ще у працях Л. Вайгеля (1880), Г. Запаловича (1881), К. Сігмета (1932), Т. Посевича (1893), Й. Бездека (1905), Г. Козія (1932), К. Кухара (1975). На них звертають особливу увагу дослідники древнього зледеніння Чорногори: Г. Гонсьоровський (1906), С. Павловський (1915), Ф. Вітасик (1923), Б. Свідерський (1932) [2].

Пізніше вивченням озер займалися ряд відомих вчених різних науково-дослідних інститутів (зокрема Національної Академії Наук України) та вищих навчальних закладів (Львівського національного університету імені Івана Франка, Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, Дніпропетровського національного університету та ін.). Починаючи з 80-х років XX ст. і до сьогодні, всебічним вивченням високогірних озер Українських Карпат займаються провідні фахівці Карпатського національного природного парку.

Фундаментальними все ж були праці Г. П. Міллера [4], який досить детально дослідив низку озер Чорногори та класифікував їх. Залежно від характеру дії четвертинного льодовика він поділив усі льодовикові озера Чорногори на три групи: 1) озера, западини яких вироблені у корінних породах; 2) озера, западини яких із зовнішнього боку закриті мореною; 3) озера, розміщені серед стадіальних морен [4].

У формуванні озерних ванн першої групи переважала ерозійна діяльність льодовика. Ці озера характерні найбільшими глибинами і видовженою формою. При цьому вони орієнтовані зазвичай уздовж простягання пластів корінних пісковиків і конгломератів і розміщені виключно на південно-західних схилах головного хребта (Бребенескул, Верхнє Озірне, Нижнє Озірне та ін.) [4].

Озера другої групи виникли шляхом заповнення талими льодовиками і сніговими водами западин на днищах карів, закритих із зовнішнього боку стадіальною мореною. За формою вони близькі до овалу, повторюючи обриси прилеглого схилу кара та морени, за якою знаходяться. Озерні ванни мілкі, плоскодонні, але досить значні за розмірами і, як правило, заростають. Зустрічаються ці озера на північно-східних схилах головного хребта (Несамовите, Марічейка) [4].

До третьої групи належать невеличкі озера, розміщені на днищах древніх фірнових басейнів у мілких замкнутих зниженнях, серед стадіальних морен. Ці озерця, зазвичай, заростають, а в більшості випадків уже перетворилися на осоково-сфагнові болота. Характерні неправильні обриси берегової лінії, яка повторює форму випадкової западини горбисто-моренного рельєфу. Зустрічаються вони, як на південно-західних, так і на північно-східних схилах головного хребта [4].

Методика досліджень. Вивчення основних закономірностей та особливостей поширення карових озер на території Українських Карпат проводилось на основі дослідження сукупності оцінюючих параметрів та взаємозв'язків між ними. Для цього було застосовано факторний аналіз, який дає можливість комплексно і системно виміряти дію певних чинників, ідентифікувавши їх, та визначити вплив на величину результативних показників.

В якості оцінюючих параметрів нами було використано наступні морфометричні характеристики озер: довжина берегової лінії ($L_{б.л.}$), довжина водного дзеркала ($L_{в.}$), ширина водного дзеркала ($B_{в.}$), площа водного дзеркала ($S_{в.}$) та максимальна глибина озера ($h_{max.}$). Для окремих озер було враховано довжину ($L_{л.}$), ширину ($B_{л.}$) та площу ($S_{л.}$) озерного ложа. Використовуючи вихідні морфометричні характеристики нами було обчислено коефіцієнти форми озер (K_{ϕ}) і коефіцієнти звивистості берегової лінії ($K_{зв.}$).

Коефіцієнт форми характеризує горизонтальну розчленованість озера за обрисами акваторії і обчислювався як відношення довжини водного дзеркала водойми до його ширини:

$$K_{\phi} = \frac{L_{в.}}{B_{в.}}. \quad (1)$$

Коефіцієнт звивистості берегової лінії – відношення довжини берегової лінії довжини кола з такою ж площею:

$$K_{зв.} = \frac{L_{б.л.}}{2 \cdot \sqrt{S_B} \cdot \pi}. \quad (2)$$

Для визначення особливостей територіального поширення високогірних водойм було обчислено коефіцієнт озерності території ($K_{оз.}$) та густоту озер ($N_{оз.}$). Одним із ключових параметрів, що визначає особливості хімічного складу води, нами було використано величину водневого показника (pH).

Для ідентифікації факторів, що мають вплив на особливості просторового розподілу карових озер, було проаналізовано географічне положення досліджуваних об'єктів – широту ($Ш$) та довготу ($Д$), їх віддаленість від найвищої точки гірської системи – г. Говерли ($L_{Гов.}$), абсолютну висоту над рівнем моря ($H_{абс.}$), залісненість території ($K_{ліс.}$). Також нами було використано та проаналізовано показники, що відображають особливості геологічної будови ($G_{еол.}$), експозиції ($Еxp.$) та крутизни (I) схилу гори, де розташована водойма, а також приналежність озера до певного річкового водозбору ($Riv.$). Останній показник також відображає, положення об'єкта відносно Чорногірського масиву. Усього для проведення аналізу нами було використано 19 основних предикторів та 3 додаткових (і, якими можна було описати лише окремі водні об'єкти).

Результати досліджень та їх обговорення. Важливим показником спорідненості між певними ознаками X та Y є міра кореляційного зв'язку, що виражається через коефіцієнт кореляції Пірсона (коефіцієнт лінійної парної кореляції) і розраховується на основі парної вибірки значень величин X та Y за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{(x^2 - \bar{x}^2)(y^2 - \bar{y}^2)}}, \quad (3)$$

де N – об'єм вибірки; y_i, x_i – значення i -того елемента вибірок x та y відповідно; $\bar{x}, \bar{y}$ – вибіркові середні x та y відповідно; $\overline{xy}$ – середнє значення добутку x_i і y_i ; y^2, x^2 – середнє значення квадратів ознак y та x .

За результатами математико-статистичної обробки генеральної сукупності ознак нами було побудовано кореляційну матрицю системи використовуваних характеристик та визначено значимість зв'язку між предикторами (рис. 1). Вже на даному етапі це дозволило нам побачити певне групування показників за величиною зв'язку між ними.

Для виявлення більш детального міжкомпонентного взаємозв'язку нами було проведено факторний аналіз з використанням методу головних компонентів (МГК) [1].

У загальному вигляді факторна структура i -ї ознаки відображається у вигляді $\sum_j a_{ij} \cdot F_j$, куди включаються лише значимі навантаження. Ознакова структура кожного із факторів у загальному вигляді відображається як $\sum_i a_{ij} \cdot F_j$, до якої включаються лише значимі навантаження. Використовуючи матрицю факторних навантажень було обчислено значення усіх факторів для кожного спостереження вихідної вибіркової сукупності за формулою:

$$F_{jt} = \frac{\sum_{i=1}^k a_{ij} \cdot X_{it}^{ц,н}}{\lambda_j}, \quad (4)$$

де F_{jt} – значення j -ого фактора у t -ого спостереження, $X_{it}^{ц,н}$ – нормоване (і центроване) значення i -ї ознаки у t -ого спостереження вихідної вибірки; a_{ij} – факторне навантаження, λ_j – власне значення, що відповідає фактору j . Дані обчислені значення F_{jt} широко використовуються для графічного представлення результатів факторного аналізу.

Обчислені величини факторних навантажень, власні значення факторів та їх вага представлені у табл. 1.

	Ш	Д	$H_{абс.}$	$L_{б.л.}$	$L_{л.}$	$L_{в.м.}$	$B_{л.}$	$B_{в.}$	$S_{л.}$	$S_{в.}$	$h_{макс.}$	$K_{ф.}$	$K_{зв.}$	pH	$K_{ліс.}$	I	$Geol.$	$Exp.$	$K_{оз.}$	$N_{оз.}$	$L_{Гов.}$	$Riv.$
Ш	1,00																					
Д	-0,96	1,00																				
$H_{абс.}$	-0,14	0,09	1,00																			
$L_{б.л.}$	0,27	-0,40	-0,03	1,00																		
$L_{л.}$	0,54	-0,63	-0,70	0,75	1,00																	
$L_{в.м.}$	0,21	-0,33	0,00	0,98	0,77	1,00																
$B_{л.}$	0,45	-0,56	-0,67	0,79	0,88	0,75	1,00															
$B_{в.}$	0,33	-0,43	-0,13	0,90	0,68	0,83	0,82	1,00														
$S_{л.}$	0,65	-0,74	-0,37	0,87	0,93	0,83	0,92	0,88	1,00													
$S_{в.}$	0,27	-0,38	0,02	0,95	0,77	0,92	0,79	0,95	0,87	1,00												
$h_{макс.}$	0,15	-0,27	-0,22	0,82	0,76	0,80	0,70	0,76	0,89	0,81	1,00											
$K_{ф.}$	-0,07	0,06	0,10	0,08	-0,03	0,22	-0,36	-0,26	-0,18	-0,03	0,08	1,00										
$K_{зв.}$	-0,01	0,04	-0,01	0,10	0,06	0,18	-0,17	-0,12	0,03	0,02	0,06	0,74	1,00									
pH	0,20	-0,14	-0,06	0,30	-0,36	0,29	-0,19	0,18	0,12	0,20	0,08	0,23	0,30	1,00								
$K_{ліс.}$	0,10	-0,08	-0,81	0,01	0,72	0,00	0,73	0,02	0,24	-0,10	0,22	-0,04	-0,09	-0,05	1,00							
I	-0,11	0,00	-0,16	0,04	0,44	0,07	0,10	0,00	0,25	0,09	0,32	0,17	0,11	-0,32	-0,08	1,00						
$Geol.$	0,56	-0,59	0,08	-0,05	-0,16	-0,02	-0,23	-0,07	-0,16	-0,09	-0,18	0,04	-0,18	0,11	0,03	-0,10	1,00					
$Exp.$	-0,58	0,46	0,14	-0,12	-0,07	-0,04	-0,26	-0,21	-0,50	-0,12	0,20	0,12	-0,20	-0,40	0,06	0,48	-0,15	1,00				
$K_{оз.}$	-0,12	0,02	-0,54	0,46	0,79	0,47	0,74	0,43	0,66	0,40	0,64	0,03	-0,04	-0,22	0,64	0,36	-0,32	0,39	1,00			
$N_{оз.}$	-0,46	0,56	-0,30	-0,39	-0,25	-0,39	-0,29	-0,42	-0,59	-0,46	-0,26	0,05	0,24	-0,17	0,34	-0,04	-0,56	-0,02	0,20	1,00		
$L_{Гов.}$	0,99	-0,99	-0,11	0,34	0,59	0,28	0,51	0,39	0,70	0,33	0,21	-0,06	-0,03	0,17	0,09	-0,05	0,59	-0,52	-0,07	-0,53	1,00	
$Riv.$	0,77	-0,63	-0,18	0,08	0,44	-0,01	0,38	0,14	0,46	0,08	-0,15	-0,11	0,07	0,26	0,16	-0,44	0,27	-0,76	-0,28	-0,11	0,70	1,00

Рис.1. Кореляційна матриця зв'язків між показниками морфометричних характеристик карових озер з фізико-географічними та ландшафтно-геоморфологічними умовами території

Таблиця 1

Факторні навантаження, власні значення та вага факторів

Ознаки	Факторні навантаження, a_{ij}				
	$F 1$	$F 2$	$F 3$	$F 4$	$F 5$
Довгота (D)	0,15	0,93	0,08	-0,00	0,26
Широта ($Ш$)	-0,27	-0,93	-0,05	0,02	-0,10
Висота над рівнем моря, ($H_{абс.}$)	-0,01	-0,09	-0,90	0,00	-0,07
Довжина берегової лінії озера ($L_{б.л.}$)	0,97	0,14	0,03	0,09	0,05
Довжина озера ($L_{в.м.}$)	0,94	0,10	0,00	0,20	-0,03
Ширина озера ($B_{в.}$)	0,93	0,17	0,07	-0,22	0,12
Площа водного дзеркала ($S_{в.}$)	0,98	0,13	-0,05	-0,03	0,02
Максимальна глибина озера ($h_{макс.}$)	0,85	0,05	0,26	0,07	-0,27
Коефіцієнт форми озера ($K_{ф.}$)	-0,01	0,00	-0,06	0,92	-0,18
Коефіцієнт звивистості берегової лінії ($K_{зв.}$)	0,04	-0,08	0,02	0,92	0,15
Водневий показник (pH)	0,24	0,09	-0,12	0,39	0,53
Коефіцієнт залісненості території ($K_{ліс.}$)	-0,05	0,09	0,92	-0,05	-0,00
Крутизна схилу (I)	0,09	0,03	0,13	0,19	-0,77
Показник геологічної будови ($Geol.$)	-0,19	0,78	-0,20	-0,03	-0,12
Експозиція схилу ($Exp.$)	-0,03	-0,38	-0,00	-0,06	-0,84
Коефіцієнт озерності ($K_{оз.}$)	0,49	-0,18	0,71	-0,03	-0,38
Густота озер ($N_{оз.}$)	-0,37	-0,59	0,49	0,15	0,21
Віддаль від Говерли ($L_{Гов.}$)	0,22	0,94	0,06	-0,01	0,17
Річковий басейн ($Riv.$)	-0,04	0,61	0,14	-0,01	0,67
Власні значення факторів, λ_j	5,98	4,24	2,61	2,01	2,49
Вага факторів, %	30	21	13	10	12

За результатами проведеного математико-статистичного аналізу нами було виділено п'ять основних чинників, що визначають особливості поширення карових озер

на території Українських Карпат (гірський масив Чорногора) та їх морфометричних характеристик.

Перший фактор ($F1$) носить 30% інформації і характеризується наявністю тісних взаємозв'язків між окремими морфометричними характеристиками озер – довжиною берегової лінії, довжиною, шириною, площею водного дзеркала та максимальною глибиною озера (див. табл. 1). Цей фактор можна інтерпретувати, як показник спільного генезису розвитку озерної улоговини водойм, тобто їх льодовикового походження.

Додатні власні значення даного фактора об'єднують у собі озера, першої та другої групи, описані Міллером Г.П. [4] – Бребенескул, Несамовите, Марічейка, Верхнє Озірне та Нижнє Озірне (рис. 2).

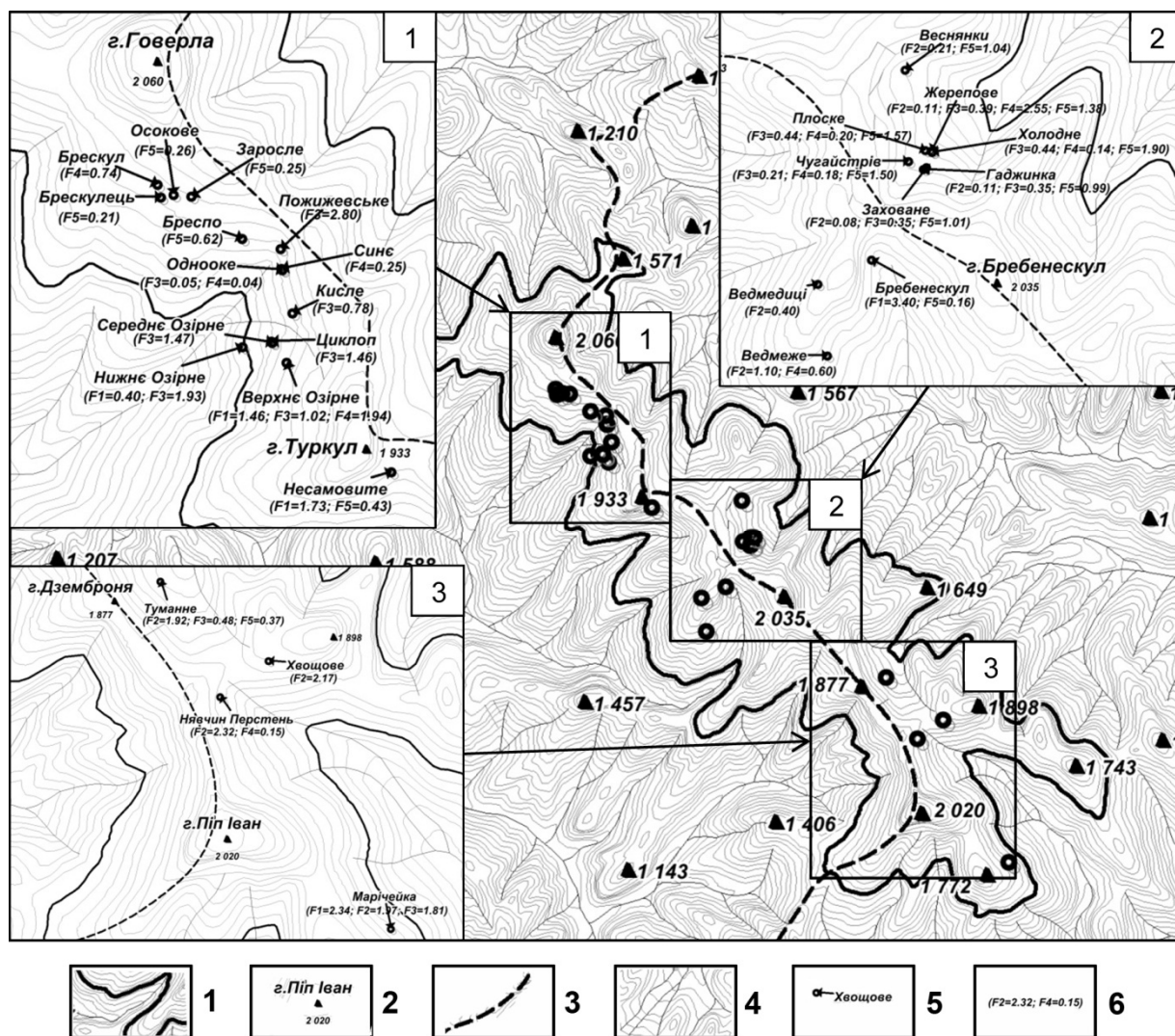


Рис. 2. Схема поширення карових озер на території Чорногори та зазначення факторів, що на них впливають (1 – контури Чорногори (проведені по горизонталі 1480 м); 2 – гірські вершини, їх абсолютні висоти та назви; 3 – вододільна лінія; 4 – водотік (струмок, річка); 5 – водойми льодовикового походження (озера, озерця) та їхні назви; 6 – визначені фактори та величини їх значень)

Другий фактор ($F2$) носить 21% інформації; він вказує, що у напрямку з півночі на південь (з віддаленням від Говерли) густота озер на одиницю площі зменшується. У широтному плані підвищення показника $N_{оз}$ відбувається зі сходу на захід. Наведені закономірності тісно пов'язані з особливостями геологічної будови території.

Третій фактор ($F3$), вага якого становить 13%, показує, що найбільша кількість озер на одиницю площі території приурочена до густозалісених районів і підпорядковується

вертикальний зональності. За результатами кореляційного аналізу (див. табл.1), прослідковується наявність тісного взаємозв'язку між коефіцієнтом озерності та довжиною і шириною озерного ложа (коефіцієнт кореляції дорівнює відповідно 0,79 та 0,74).

Четвертий фактор (F_4) – 10% інформації – характеризує чинник, що вплинув на особливості берегової лінії і характеризується наявністю тісного зв'язку між коефіцієнтами K_{ϕ} та $K_{зв.}$.

За формою озерної улоговини на території досліджень виділяється три групи озер (табл. 2). Їх просторове розміщення не підпорядковується чіткій закономірності відносно Чорногірського хребта.

Дія фактора F_4 (додатні власні значення факторів) найбільш відобразилась на формі озер Нижнє Озірне, Брескул, Синє, Однооке, Пожижевське, Чугайстрів, Плоске, Жерепове, Холодне, Ведмеже та Нявчин Перстень (див. рис.2).

Таблиця 2

Характеристика карових озер Українських Карпат за формою озерної улоговини

Клас (група)	Назви озер	Середнє значення коефіцієнта форми (K_{ϕ})	Характеристика озерної улоговини
1	Верхнє Озірне, Пожижевське, Жерепове	5,64	Видовжена
2	Бребенескул, Несамовите, Брескул, Синє, Однооке, Циклоп, Середнє Озірне, Гаджинка, Плоске, Ведмеже, Ведмедиці, Нявчин Перстень, Хвощове	2,5	Овальна
3	Марічейка, Нижнє Озірне, Брескулець, Заросле, Кисле, Бреспо, Веснянки, Чугайстрів, Заховане, Холодне, Туманне	1,34	Округла

За низкою використаних характеристик однозначно ідентифікувати даний фактор вкрай складно. Проте, за результатами кореляційного аналізу ознак меншої вибірки, що включає використання сукупності ознак лише вище перелічених водойм, наявність помірного зв'язку коефіцієнта звивистості озер з показником геологічної будови ($r = -0,37$). При цьому коефіцієнт форми мав певну залежність від експозиції схилів ($r = 0,24$), відстані від Говерли ($r = -0,32$), а також приналежності до певного схилу головного хребта ($r = -0,34$). Тому, можна припустити, що даний фактор характеризує ерозійну діяльність льодовика, про що деякою мірою свідчать результати досліджень, проведені у 50-60-х роках минулого сторіччя [4].

П'ятий фактор (F_5) є інформативним на 12% і характеризує умови формування хімічного складу води. З табл. 2 видно, що величина водневого показника залежить від місцевих геоморфологічних умов, які визначають особливості водного та теплового режиму території і є головним чинником перерозподілу сонячної радіації, опадів тощо. Є низка фактів, які свідчать, що на деяких північних схилах Чорногори сніг може утримуватись до травня-червня. Тому п'ятий фактор можна ідентифікувати як кліматичний.

Доповненням на користь даного припущення є також наявність прямого зв'язку між величинами pH та показником Riv , який характеризує положення водойми відносно вододільної лінії, що проходить уздовж Чорногори. Даний гірський масив, у свою чергу, є орографічним бар'єром для вільного проходження повітряних мас. Тому кліматичні умови басейну Прута та басейну Тиси у межах Чорногори (а таким чином і озер, що тут розташовані) дещо відрізняються.

Для класифікації карових водойм було використано кластерний аналіз (метод к-середніх). Таким чином, усі озера Українських Карпат (Чорногірський масив) за мірою схожості використаних нами ознак об'єднуються у 4 групи (рис. 3., табл. 3).

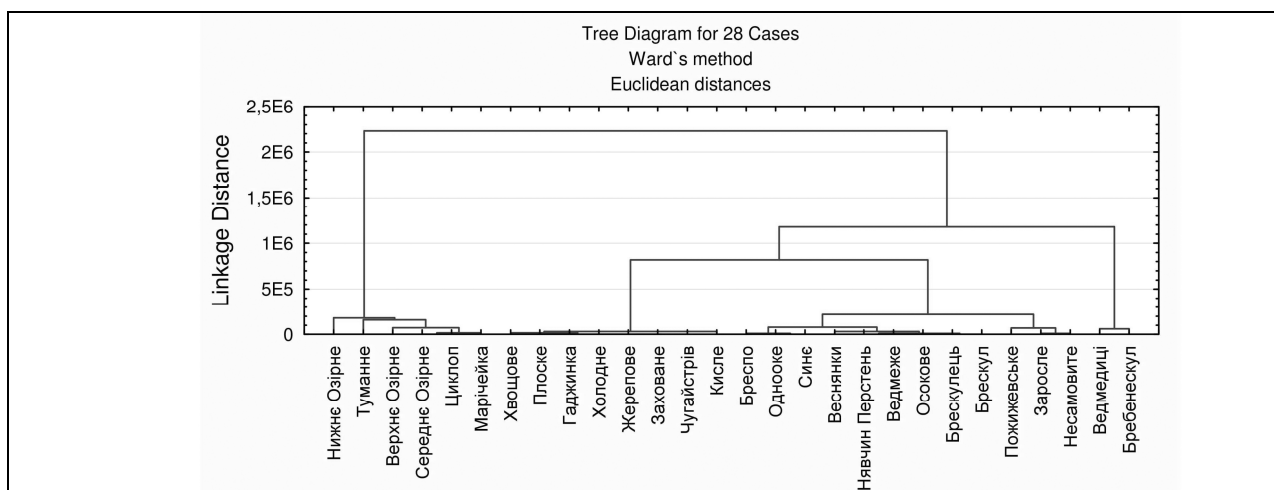


Рис. 3. Дендрограма об'єднання карових озер Українських Карпат за сукупністю оцінюючих характеристик

Таблиця 3

Класифікація карових озер Українських Карпат

Клас (група)	Кількість об'єктів	Назви озер
1	9	Кисле, Чугайстрів, Гаджинка, Заховане, Плоске, Жерепове, Холодне, Туманне, Хвощове
2	12	Несамовите, Брескул, Брескулець, Осокове, Заросле, Синє, Однооке, Пожижевське, Бресло, Веснянки, Ведмеже, Невчин Перстень
3	2	Бребенескул, Ведмедиці
4	5	Марічейка, Верхнє Озірне, Нижнє Озірне, Циклоп, Середнє Озірне

Озера першої групи мають невеликі розміри; розташовані вони переважно у басейні р. Прут на схилах гір південно-східної експозиції з незначним похилом (крутизна – близько 15°); відстань від Говерли значна – 7-14 км; приурочені переважно до територій зі значною густотою озер. За певними параметрами із загальної картини вирізняється оз. Кисле.

До другої групи належать 14 об'єктів, які, як і у попередньому випадку, мають незначні морфометричні характеристики; розташовані на південно-західних схилах гір уздовж головної вододільної лінії (виняток – оз. Ведмеже) переважно у басейні р. Тиса на незначній відстані від Говерли (за винятком оз. Невчин Перстень). З-поміж інших досліджуваних водних об'єктів відрізняються підвищеним середнім значенням величини рН (6,5).

До водойм третьої групи належать найбільші за розмірами високігірні озера – Бребенескул та Ведмедиці (див. табл.3); знаходяться вони виключно у басейні р. Тиси на схилах гір з відносно значним похилом (близько 20°) та експозицією на північний-захід; мають найменші величини рН, залісненість території та показник густоти озер.

Четверта група карових озер розміщується переважно у басейні р. Тиса (за винятком оз. Марічейка) на незначних абсолютних висотах – 1510-1640 м. над рівнем моря; приурочені здебільшого до північно-західних схилів гір зі значним похилом (19°); для даної групи водойм характерними є найбільші максимальні глибини, найбільша залісненість водозбору, найвищий середній коефіцієнт форми; характеризується територія поширення озер одноманітністю геологічної будови: тут переважають грубошаруваті піщаники з прошарками аргілітів та алевролітів верхнього відділу крейдової системи.

Висновки. Карові озера Українських Карпат належать до досить добре вивчених водних об'єктів нашої країни у багатьох аспектах. Їх високогірне, важкодоступне положення та розташування у межах природно-заповідних територій обмежує знання науковців щодо окремих динамічних характеристик водойм, таких, наприклад, як режим

(водний або гідрохімічний). Проте, є компоненти навколишнього середовища, менш мінливі, з якими озера тісно пов'язані. Вивчення цих геосистемних взаємозв'язків дає змогу не лише оцінити закономірності поширення озер, відтворити певним чином силу, напрямок, діяльність поширення льодовика, а й спрогнозувати майбутнє озерних улоговин.

Використання математико-статистичних методів дозволило нам ще раз довести спільне генетичне льодовикове походження озерних улоговин високогірних озер Українських Карпат, що розташовані у межах гірського масиву Чорногори. Нами виявлено, що густота розташування озер тісно пов'язана з геологічним фактором і підпорядковується географічному положенню, зокрема віддаленості від Говерли.

Величина коефіцієнта озерності зв'язана з висотним положенням території і знаходиться в прямій залежності від ступеня залісеності водозбору. Тому, при неправильному природокористуванні і зменшенні лісових площ існує великий ризик зміни морфометричних параметрів ложа льодовикових озер, зменшення кількості цих унікальних водних об'єктів або їх повного зникнення. За результатами досліджень можна припустити, що особливості геологічної будови території та сила ерозійної дії льодовика стали також визначальним фактором формування «звивистості» та «округлості» карової улоговини.

Хімічний склад озерної води значною мірою залежить від крутизни та експозиції схилів, які відображають вплив мікрокліматичних процесів, а також регіональних орографічних особливостей самого Чорногірського масиву, що виконує роль кліматичного бар'єра. На загальному фоні усіх досліджуваних водойм виділяється оз. Жерепове, де відмічаються додатні величини власних значень одночасно чотирьох факторів (F2–F5).

Сліди древньої льодовикової діяльності значно перероблені денудаційними процесами, що створює певні труднощі в ідентифікації окремих факторів і вимагає застосування більшої кількості ознак і кращої якості (мається на увазі використання результатів крупно масштабних геологічних та ін. досліджень).

Системний аналіз використаних нами критеріїв та визначених факторів дозволяє поділити усі досліджувані карові озера Чорногори на 4 групи, поширення яких носить чіткий характер із північного заходу на південний схід. На даному фоні виділяються також дві групи озер: ті, що розташовані у басейні р. Тиса та ті, що знаходяться у басейні р. Прут (територія Карпатського національного природного парку). Тому є доцільним подальше вивчення умов формування та поширення водойм кожної з цих груп окремо.

Література

- 1 Белонин М.Д. Факторный анализ в геологии // М.Д. Белонин, В.А. Голубева, Г.Т. Скублов. – М.: Недра, 1982. – 269 с.
- 2 Екосистеми лентичних водойм Чорногори (Українські Карпати) / [Микітчак Т., Решетило О., Костюк А. та ін.]. – Львів: ЗУКЦ, 2014. – 288 с.
- 3 Микітчак Т. І. Фізико-географічна та гідрохімічна характеристики озер та озерець масиву Чорногора (Українські Карпати) / Т.І. Микітчак, І.М. Рожко, О.В. Ленько // Наукові праці УкрНДГМІ, 2010, Вип. 259. – С. 231-244.
- 4 Міллер Г.П. Льодовикові озера Чорногори / Г.П. Міллер // Вісник Ордена Леніна Державного університету ім. Ів. Франка. Серія : географічна. – 1964. – С. 44-52.
- 5 Природа карпатського національного парку / [С.М. Стойко, Л.І. Мілкіна, Л.О. Тасенкевич та ін.]. – Київ: Наук. думка, 1993. – 211 с.
- 6 Хабер С. Высокие Татры / Природа // С.Хабебр, 1956. – № 9. – С. 92-93.
- 7 Цыцарин Г. В. Кресловинные озера / Вопросы географии. Гидрология // Г.В. Цыцарин. – М. : Гос. издат. географической литературы, 1951. – № 26. – С. 118-129.

© М. В. Корчемлюк,
Р. Л. Кравчинський,
Б.Б. Савчук

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

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Проблема організації ефективної системи моніторингу водних об'єктів є важливим питанням сьогодення. Аналіз впливів та дослідження особливостей функціонування гідроекосистеми дозволяє структурувати алгоритм формування мережі моніторингу, що може забезпечити достатній рівень екологічної безпеки водних об'єктів та досягнення чи збереження її доброго стану. Вирішення даного питання дає можливість формулювання та вдосконалення управлінських рішень направлених на ефективне управління водними ресурсами, визначення та прогнозування гідроекологічного ризику.

Ключові слова: моніторинг, гідроекологічний ризик, гідроенергетичний об'єкт, басейн ріки, гідроекосистема, водний об'єкт.

Проблема организации эффективной системы мониторинга водных объектов является важным вопросом современности. Анализ воздействий и исследования особенностей функционирования гидроекосистемы позволяет структурировать алгоритм формирования сети мониторинга, который может обеспечить достаточный уровень экологической безопасности водных объектов и достижение или сохранение ее хорошего состояния. Решение данного вопроса дает возможность формулировки и совершенствования управленческих решений, направленных на эффективное управление водными ресурсами, определения и прогнозирования гидроэкологического риска.

Ключевые слова: мониторинг, гидроэкологический риск, гидроэнергетический объект, бассейн реки, гидроекосистема, водный объект.

The problem of the efficient monitoring of water bodies is an important issue today. Analysis of impact and research of the features of functioning of the hydroecosystem allowing to structure a network monitoring and to forming the algorithm that can provide an adequate level of environmental safety of water bodies or maintain its good condition. The solution this issue gives an improvement opportunity of the formulation and management decisions aimed at the efficient water management, identification and forecasting of hydroecological risk.

Keywords: monitoring, hydroecological risk, hydropower facility, river basin, hydroecosystem, water bodies.

Постановка проблеми. В Угоді про Асоціацію між Україною та Європейським союзом, що є новим етапом у розвитку європейсько-українських договірних відносин в галузі довкілля одним з секторів є якість води та управління водними ресурсами. Враховуючи вимоги водної рамкової директиви ЄС, виникає необхідність створити нову мережу пунктів спостережень та запровадити всі необхідні види моніторингу. Такий підхід є оптимальним та актуальним.

Аналіз останніх досліджень. Сектор якості води та управління водними ресурсами включає 6 Директив. Відповідно до державних планів реформування водогосподарської галузі та планів імплементації європейських директив в Україні прийнятий Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управління водними ресурсами за басейновим принципом» [1]. При впровадженні закону основними завданнями є створення підзаконних нормативно-правових актів, які введуть водогосподарське районування, виділення меж районів річкових басейнів, суббасейнів, водних масивів, порядок розроблення водогосподарських

балансів та обліку поверхневих водних об'єктів та запровадження нових вдосконалених програм моніторингу якості вод.

Головною метою Водної Рамкової Директиви [4] та Закону України є досягнення доброго екологічного стану масиву поверхневих і підземних вод та доброго екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод. Саме тому, при формуванні мережі моніторингу слід також врахувати і такий фактор, як формування водного балансу території, що регулюється «Законом України Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» [1]. Водогосподарські баланси розробляються для оцінки наявності та можливості використання водних ресурсів.

Метою даної роботи є обґрунтування вдосконалення системи організації мережі моніторингу водних об'єктів, з метою її оптимізації та підвищення рівня екологічної безпеки гідроєкосистем.

При складанні водогосподарського балансу необхідно враховувати вирішення таких задач:

- проведення оцінки кількісного та якісного аспекту водних ресурсів;
- визначення величини потреб водокористування та безповоротної втрати води;
- виявлення об'ємів води доступної водокористувачам в природних умовах, а також при запровадженні додаткових заходів з регулювання стоку;
- встановлення вільного об'єму стоку, який лишаються в річці, для використання за межами даної території.

Отже, водогосподарський баланс є відображенням складної взаємодії водних ресурсів, формування яких зумовлене природними і антропогенними факторами, з потребами у воді людського суспільства, які визначаються економічними, технологічними і соціальними факторами.

На відміну від діючої в Україні системи моніторингу водних ресурсів, у Водній Рамковій Директиві запроваджено принцип багаторівневого моніторингу, що суттєво відмінний за своїми цілями і включає в себе три типи моніторингу.

Контрольний моніторинг (Surveillance) передбачає надання інформації про довгострокові зміни хімічного складу поверхневих вод у непорушених умовах, що відбуваються внаслідок типових для регіону процесів (виробництво, тощо). Фіксація змін у природних умовах є особливо важливою, якщо йдеться про референційні умови, ті що відповідають збалансованому функціонуванню гідроєкосистеми. Такі довгострокові зміни актуально визначати для об'єктів "відмінного" та "доброго" стану, так як наведені зміни, як правило, є незначними і поступовими та можуть бути зафіксовані вчасно.

Операційний (Operational) моніторинг проводиться для гідроєкосистем, що визначаються як ті, що піддаються антропогенному впливу та для визначення зміни стану водних об'єктів, до яких застосовується програма водоохоронних заходів. Тобто, операційний моніторинг використовується для визначення чи підтвердження стану об'єкту, що підпадає під ризик. Такий тип моніторингу базується на найбільш показових параметрах або тих, що є чутливими до певного екологічного тиску.

Дослідницький (Investigative) моніторинг здійснюється у випадку коли причини перевищення норм є невідомими, або при необхідності визначення масштабів та ступеня аварійних впливів [2].

Виклад основного матеріалу. Об'єкти гідроенергетики та їх водосховища чинять суттєвий вплив на навколишнє середовище. Взаємодія гідроенергетичних об'єктів з навколишнім середовищем являє собою досить складний динамічний процес, залежний від ряду природних і техногенних факторів, що ускладнює прогнозування його наслідків. У зв'язку з цим можливе виникнення непередбачуваних надзвичайних ситуацій, які несуть загрозу безпеці гідроенергетичних об'єктів, населення та навколишнього середовища.

Сьогодення вимагає організації системи ефективного управління взаємодією гідроенергетичних об'єктів з навколишнім середовищем, основою якої є моніторинг, що включає в себе:

- формування системи спостереження, збору, обробки, зберігання, передачі й аналізу інформації про взаємодію гідроенергетичного об'єкта, водоймища й навколишнього середовища;
- екологічну оцінку стану навколишнього природного середовища території локалізації об'єкта;
- визначення прогнозів зміни стану навколишнього середовища при впровадженні та експлуатації об'єкта;
- визначення відповідності параметрів об'єкту й гідроекосистеми нормативним вимогам, проектних параметрів і критеріїв безпеки, потенційної загрози здоров'ю населення;
- оцінку розвитку процесів та супутньої небезпеки;
- розробка управлінських рішень щодо уникнення виникнення, локалізації та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Найважливішою ціллю 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.

Моніторинг водних екосистем повинен ґрунтуватись на засадах комплексного, системного, басейнового підходу, що ведеться безперервно та сценарно, що сприятиме:

- вивченню компонентів гідроекосистеми у взаємозв'язку й взаємодії з навколишнім середовищем;
- дослідження взаємодії гідроенергетичного об'єкта з навколишнім середовищем, як комплексної ієрархічної структури з визначеною проблематикою функціонування;
- проведення безперервних спостережень, що забезпечить накопичення необхідного обсягу моніторингової інформації;
- застосування різних підходів до прогнозування сценаріїв розвитку, шляхом моделювання та покомпонентної зміни показників, що характеризують стан гідроекосистеми.

Моніторинг стану гідроекосистеми повинен здійснювати оцінку стану навколишнього середовища до початку впровадження об'єктів гідроенергетики і її зміну в процесі будівництва й експлуатації об'єкта.

Організація ведення моніторингу передбачає ряд етапів. На первинному етапі визначаються фонові характеристики навколишнього середовища в районі розміщення об'єкту гідроенергетики, виявляють особливості функціонування природної гідроекосистеми, серйозні екологічні й соціальні проблеми.

На підставі паспорту проекту об'єкту гідроенергетики формується програма й проект моніторингу, який включає, основні напрямки роботи, вихідну інформацію, рекомендовані методи аналізу й інтерпретації результатів, обґрунтування організації мережі спостережень, оцінку взаємодії об'єкту гідроенергетики з гідроекосистемою і її станом, розробку рекомендацій зі збереження оптимального стану гідроекосистеми. При цьому гідроекосистема включаючи в себе об'єкт гідроенергетики розглядається як єдиний об'єкт, оптимальний стан якого характеризується сприятливою соціальною й екологічною обстановкою в зоні його впливу, зі збереженням нормативних параметрів навколишнього природного середовища. Така система моніторингу має на меті забезпечувати інформування місцевої влади та населення про реальний стан гідроекосистеми включаючи питання безпеки гідроенергетичних та гідротехнічних споруд.

Моніторинг водних об'єктів, що функціонують з об'єктами гідроенергетики складається з моніторингу гідротехнічних споруд, соціального середовища і

гідроекологічного моніторингу території й проводиться в межах гідровузла, водосховища й у зонах їх впливу на прилеглий території й у нижньому б'єфі.

Функціональна схема організації моніторингу гідроекосистеми наведена на рисунку 1 передбачає моніторинг гідротехнічних споруд, гідрометеорологічних умов і гідрологічного режиму, водних екосистем, якості води, наземних екосистем, ландшафтів, санітарно-гігієнічних умов та соціально-економічних умов проживання людей [3].



Рис. 1. Функціональна схема організації моніторингу гідроекосистеми

Формування остаточного алгоритму системи моніторингу відбувається залежно від масштабу та параметрів об'єкту гідроенергетики та його водосховищ, природних та соціально-економічних умов, включаючи ступінь освоєності території розміщення об'єкту, масштабу прогнозованих впливів на гідроекосистему.

Таким чином, для великих об'єктів гідроенергетики з великими водосховищами на урбанізованих територіях варто впровадити практично всі види моніторингу. При цьому в

кожному з них виділяються процеси, що загрожують можливістю небезпечного розвитку сценарію.

Що стосується моніторингу водного тіла, на якому функціонує гідроенергетичний об'єкт, то найважливішим є раціональне визначення характеру режимів досліджуваних процесів в умовах складних функціональних систем та багатofакторних впливів.

Основними завданнями моніторингу, які можуть бути вирішені комплексністю підходу є:

- аналіз динаміки змін гідрографічної мережі в басейні рік, визначення інтенсивності й масштабів процесів ерозії й абразії берегів водоймищ, змін ландшафтів, переформування русел рік, заростання гирлових зон і заболочення заплав рік;
- визначення динаміки сніготанення, оцінку масштабів затоплення територій під час весняної повені й літніх паводків, контроль коливань рівнів води, підтоплення територій;
- оцінка екологічного стану водних об'єктів – виявлення ділянок виходу й поширення по акваторії джерел забруднень, контроль за динамікою поширення забруднень водним об'єктом.

Контроль стану безпеки гідротехнічних споруд є важливою складовою моніторингу водного об'єкту. Аналіз їхнього стану проводиться за допомогою автоматизованих систем, сучасних технологій та математичних моделей. Такий процес передбачає перевірку таких параметрів:

- відповідність фактичного стану й параметрів гідротехнічних споруд нормативним вимогам і загальним критеріям екологічної безпеки;
- достатність пропускної здатності водоскидних споруд, перевищення гребеня споруд над підпірним рівнем, виходячи з уточнених у процесі експлуатації гідрологічних і водогосподарчих показників діючих норм;
- ефективність і безперебійність роботи, систем автоматичної передачі, опрацювання й аналізу результатів спостережень.

Охорона і раціональне водокористування представляє особливий інтерес для комплексної оцінки екологічного стану поверхневих вод, а також параметрів, під впливом яких формується цей стан. Розробка та впровадження превентивних природоохоронних заходів, які базуються на вірогідній екологічній інформації, дозволить значно покращити екологічну ситуацію, що склалася в Україні. У зв'язку із цим важливою частиною заходів щодо покращення якості поверхневих вод та стану гідроекосистеми в цілому, є впровадження в водоохоронну практику комплексної системи оцінки екологічного стану водних екосистем, що включає в себе базові параметри, регулювання стоку, показники стоку, ступінь показники фрагментації та блокування басейну та основні умови функціонування водного об'єкту.

При експлуатації ГЕС, особливої уваги потребують ділянки ріки, на якій вона розташована, тому пункти спостереження за водним об'єктом в мережі моніторингу слід встановлювати спираючись на дані про наявність об'єктів гідроенергетики.

Гідроекологічний моніторинг водних екосистем, включає в себе різносторонню, комплексну екологічну оцінку стану й змін, що відбуваються внаслідок екзо- та ендегенних процесів природного та техногенного походження.

Гідроекологічний моніторинг проводиться в динаміці, в розрізі року, включаючи аналіз впливу природних та антропогенних факторів, водозабір та водовідведення, скид стічних вод, прогнозування змін у гідроекосистемі та розробку управлінських рішень та рекомендацій. Важливим є прогнозування процесів, що спричиняють небажані надзвичайні ситуації, що можуть нести загрозу населенню, погіршити санітарно-гігієнічний стан, порушити стан гомеостазу гідроекосистеми. В такому випадку можуть використовуватись автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи контролю компонентів гідроекосистеми, що дозволяють характеризувати та інтерпретувати динаміку зміни основних параметрів та процесів в гідроекосистемі.

При дослідженні басейнів великих рік, доцільним є поділ на ділянки, що адаптує систему моніторингу до певних умов та дозволяє скоротити витрати на недоцільні дослідження в частині басейну, що знаходиться в доброму стані, за умов більш детального спостереження на іншій ділянці того ж басейну, стан якої не відповідає вимогам.

У взаємозв'язку з моніторингом стану поверхневих вод проводиться й моніторинг іхтіофауни, що досліджує динамку її зміни, чисельність, ареал, видовий склад, що супроводжується порівняльним аналізом з аналогічними гідроекосистемами. Досліджується вплив природних та антропогенних факторів на рідкісні та ендемічні види риб. Особлива увага даному сектору приділяється при наявності в зоні впливу гідроекосистеми гідроенергетичних об'єктів різного масштабу. Виконується прогноз та виявлення тенденції змін, формуються рекомендації щодо оптимізації режиму експлуатації водних об'єктів та заходи, що направлені на покращення умов проживання й охорону унікальних природних комплексів.

Оцінка стану наземних екосистем, займає важливе місце у системі моніторингу. Враховуючи зміни навколишнього середовища, необхідно здійснювати регулярні спостереження за тваринним та рослинним світом, ґрунтовим покривом в межах впливу гідроекосистеми для вчасного визначення закономірностей та тенденцій розвитку, а також для збереження видового різноманіття, раціонального ресурсокористування. Вивчаються та враховуються особливості формування й життєдіяльності фауністичних комплексів і рослинних угруповань, до складу яких входять ендемічні, субендемічні й раритетні види, виявляються негативні впливи та розробляються рекомендації до прийняття управлінських рішень направлених на покращення стану гідроекосистеми.

Важливим також є вплив змін у гідроекосистемі на умови проживання людей. Так, наприклад, потрібно враховувати зміни соціально-економічних умов, навколишнього природного середовища, санітарно-епідеміологічної обстановки, які виникли внаслідок функціонування чи впровадження об'єктів гідроенергетики. У випадку змін у функціонуванні гідроекосистеми проводиться аналіз процесу адаптації системи до нових умов. Для уникнення небажаних наслідків може бути рекомендовано впровадження заміни контрольного моніторингу на операційний до завершення процесу адаптації гідроекосистеми. Такі умови вимагають інтегральної оцінки стану басейнової екосистеми.

Частота відбору проб води в системі моніторингу водних об'єктів є важливим аспектом, так як концентрація та вміст забруднюючих речовин є динамічною і сезонною. Частота розміщення створів та частота відбору проб води визначає рівень достовірності та надійності отриманих результатів дослідження. Частота моніторингових спостережень на пряму залежить від варіабельності інгредієнтів та типу і функцій водного об'єкту. У Водній Рамковій Директиві [4] рекомендується лише мінімальна частота проведення контрольного моніторингу раз на 3 місяці, проте при необхідності частота може бути адаптована для окремих водних об'єктів. Проте при визначенні частоти спостережень (особливо при її скороченні) слід враховувати, що при визначенні екологічного стану перехідних та прибережних вод, результати можуть бути недостатньо інформативними у зв'язку з більшою природною гетерогенністю та динамічності умов у цих водах. До прикладу, якщо відбір проб проводиться лише в зимовий період, природна варіабельність біогенних елементів може бути зниженою, в зв'язку з тим, що в цей період вміст гідробіонтів, що їх споживають є мінімальним. Вказана мінімальна частота визначення стану водойми, яка рекомендована для контрольного моніторингу може застосовуватись і для операційного моніторингу, проте з врахуванням особливостей функціонування гідроекосистеми допустиме як збільшення, так і зменшення частоти відбору проб.

Повторюваність досліджень в системі виконання завдань операційного моніторингу повинна забезпечувати оцінку екологічної ситуації в гідроекосистемі з відповідною достовірністю. Для підвищення ефективності при розробці управлінських рішень, що спрямовані на покращення стану гідроекосистеми обов'язковим аспектом дослідження є аналіз статистичної інтерпретації результатів спостереження. У випадку

сталого, планомірного покращення стану конкретної гідроекосистеми, що відбулось після застосування ряду заходів, частоту відбору проб можна змінювати, або скасувати проведення операційного моніторингу.

Таким чином визначення сталої частоти спостережень за станом гідроекосистеми є неможливим. Тому програми моніторингу повинні формуватись відповідними установами для кожного конкретного об'єкту, враховуючи ряд аспектів, які можуть чинити вплив на територію дослідження. Так, наприклад, наявність об'єктів гідроенергетики чи промислових об'єктів, можуть суттєво змінювати як програму моніторингу так і частоту відбору проб, що свідчить про гнучкість та ефективність запропонованої системи моніторингу.

Висновки. Національна система моніторингових спостережень за водними ресурсами є недосконалою. Моніторинг є підґрунтям для визначення екологічних цілей, екологічного статусу водних об'єктів та розробки програми заходів по визначенню та мінімізації гідроекологічного ризику. В даному дослідженні обґрунтовано вдосконалення системи організації мережі моніторингу водних об'єктів, запропоновано алгоритм багаторівневого моніторингу для гідроекосистеми відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС. Обґрунтовано види моніторингових досліджень та частоту їх проведення.

Література

1 Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управління водними ресурсами за басейновим принципом» [Електронний ресурс] // ВРУ. – 2015. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1380-19>.

2 Про затвердження методичних рекомендацій по впровадженню системи моніторингу у сфері поводження з твердими побутовими відходами (Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 02.10.08 №295 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.uazakon.com/documents/date_33/pg_gnceob.htm.

3 Kachala S.V. Improvement of the organization of network monitoring water bodies / S.V. Kachala // Proceedings of V International scientific conference “Science of the third millennium” Morrisville, Apr 29, 2017.

4 Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення [Електронний ресурс] // Консорціумом компаній RODECOVERSeau. – 2006. – Режим доступу: <http://dbuwr.com.ua/docs/Waterdirect.pdf>.

ЕКОЛОГІЯ ФІТОСФЕРИ

УДК 504.064.2

*Т. І. Кривомаз, О. С. Волошкіна,**Д. В. Максименко, О. Г. Жукова**Київський національний університет
будівництва та архітектури***РЕГРЕСІЙНІ МОДЕЛІ ПЕРЕХОДУ ЕЛЕМЕНТІВ В МІКСОМІЦЕТАХ В
ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

За допомогою програмного пакету Statistica проаналізовано репрезентативну вибірку що включає 52 зразки 28 видів міксоміцетів, зібраних у кардинально відмінних екотопах міських територій (м. Київ), гірських екосистем (Карпати і Альпи) та тропічних островів (Сейшели). Для з'ясування трансформації елементів міксоміцетами в навколишньому середовищі побудовано математичні моделі біоаккумуляції елементів, в залежності від їх концентрації в міксоміцетах, субстратах, ґрунті та його рухомих формах, повітрі та дощовій воді. Встановлено, що на рівень Са в досліджених зразках міксоміцетів впливають всі проаналізовані фактори. Концентрація Мп залежить від його вмісту у повітрі та рухомих формах ґрунту, Рb – в дощовій воді, ґрунті та його рухомих формах. Для As та Fe найкращими предикторами виявились субстрат та ґрунт, субстрат також відіграє вирішальну роль у зміні вмісту Al та Cd, а ґрунт вагомо впливає на концентрацію Ni в міксоміцетах. Отримані моделі дозволяють з'ясувати шляхи надходження токсичних елементів у біооб'єкти та прогнозувати довгострокові ефекти техногенного впливу на стан екологічної безпеки навколишнього середовища.

Ключові слова: екологічна безпека, міксоміцети, метали, математичне моделювання

С помощью программного пакета Statistica проанализировано репрезентативную выборку, включающую 52 образца 28 видов миксомицетов, собранных в кардинально отличных экотопах городских территорий (г. Киев), горных экосистем (Карпаты и Альпы) и тропических островов (Сейшелы). Для выяснения трансформации элементов миксомицетами в окружающей среде построены математические модели биоаккумуляции элементов, в зависимости от их концентрации в миксомицетах, субстратах, почве и ее подвижных формах, воздухе и дождевой воде. Установлено, что на уровень Са в исследованных образцах миксомицетов влияют все проанализированные факторы. Концентрация Мп зависит от его содержания в воздухе и подвижных формах почвы, Рb – в дождевой воде, почве и ее подвижных формах. Для As и Fe лучшими предикторами оказались субстрат и почва, субстрат также играет решающую роль в изменении содержания Al и Cd, а почва весомо влияет на концентрацию Ni в миксомицетах. Полученные модели позволяют выяснить пути поступления токсичных элементов в биообъекты и прогнозировать долгосрочные эффекты техногенного воздействия на состояние экологической безопасности окружающей среды.

Ключевые слова: экологическая безопасность, миксомицеты, металлы, математическое моделирование

With the Statistica software package the representative selection was analyzed. It is including 52 sample of myxomycetes 28 species collected in fundamentally different ecotypes, such as urban areas (Kiev), mountain ecosystems (Carpathian and Alps) and the tropical islands (Seychelles). The mathematical models bioaccumulation elements, depending on their concentration in Myxomycetes, substrates, soil and moving it forms the air and rain water were built for determination the way of

elements transformation in the environment myxomycetes. It is found that Ca levels affecting all analyzing factors in the samples examined myxomycetes. Mn concentration depends on its content in the air and moving forms of soil, Pb – in rainwater, soil and its mobile forms. The best predictors for As and Fe were substrate and the soil, substrate also plays a crucial role in changing the contents of Al and Cd, and the soil weighty impact on the Ni concentration in the myxomycetes. These models allow find out the input way of toxic elements to biological objects and it predict long-term effects of anthropogenic impact on the ecological safety condition of the environment.

Keywords: environmental safety, myxomycetes, metals, mathematical modeling

Постановка проблеми. Вирішення проблеми забруднення важкими металами навколишнього середовища є одним з важливих завдань екобезпеки. Живі організми відіграють ключову роль в перерозподілі металів, виступаючи як в ролі своєрідних геохімічних бар'єрів, так і в якості біоконцентраторів хімічних елементів. Зокрема міксоміцети (Myxomycetes – представники підвідділу Macromycetozoa відділу Mycetozoa підцарства Conosa царства Amoebozoa субдомену Amorphea домену Eukarya), завдяки тісному зв'язку з ґрунтом, рослинними залишками та обмеженій території переміщення, відображають фактичний рівень локального забруднення екосистем і можуть виступати у ролі біоіндикаторів важких металів [5].

Аналіз останніх досліджень. Незважаючи на актуальність теми та потенціал міксоміцетів до накопичення важких металів, існує всього кілька публікацій, присвячених дослідженню вмісту металів у зразках міксоміцетів [1, 2, 3, 7, 8, 11], і тільки в одній порівнюється концентрація металів у міксоміцетах та їх субстратах [2]. Методи математичного моделювання для з'ясування рівня забруднення навколишнього середовища за допомогою міксоміцетів застосовано для єдиного виду *Fuligo septica* [3]. В процесі формалізованого математичного представлення функціонування біосистем виникають методологічні проблеми, пов'язані їх складністю біооб'єктів та неможливістю урахування всіх процесів, що відбуваються в реальних умовах. При цьому математичні методи відрізняються точністю і чіткістю формулювання, тому моделювання є дієвим засобом управління екологічною безпекою, якщо моделі мають конкретні цілі, представляють компактний опис спостережень, аналізують та пояснюють реальні явища, забезпечують прогнозування природних процесів та результатів техногенного впливу. З огляду на це, для з'ясування трансформації елементів міксоміцетами в навколишньому середовищі обрано програмний пакет Statistica, який включає широкий набір аналітичних процедур та методів, що дозволяє на основі експериментальних даних побудувати прогностичні моделі з високим ступенем вірогідності для покращення наукових основ управління екологічною безпекою.

Мета дослідження. Визначити зв'язки між концентраціями металів в міксоміцетах, їх субстратах, ґрунті, рухомих формах ґрунту, дощовій воді та повітрі для з'ясування шляхів надходження токсичних елементів.

Матеріали та методи. Для з'ясування трансформації елементів міксоміцетами в навколишньому середовищі застосовано програмний пакет Statistica, за допомогою якого проаналізовано репрезентативну вибірку що включає 52 зразки 28 видів міксоміцетів, зібраних у кардинально відмінних екотопах міських територій (м. Київ), гірських екосистем (Карпати і Альпи) та тропічних островів (Сейшели). Вимірювання концентрацій елементів здійснено за допомогою методу атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою. Закономірності розподілу елементів в навколишньому середовищі виявлено шляхом порівняння концентрацій елементів в міксоміцетах, їх субстратах, валових та рухомих формах ґрунту, повітрі та атмосферних опадах. Проби повітря відбирались на фільтрувальний папір протягом 10 днів в чашках Петрі. Проби дощової води збирались в пластикові контейнери по мірі випадання опадів та зберігались в холодильнику до проведення аналізів. Особливості морфології міксоміцетів визначали з використанням методів трансмісійної світлової мікроскопії [6]. Дослідження вмісту

хімічних елементів здійснювалось методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою [10]. В процесі моделювання в програмі Statistica розраховано такі коефіцієнти:

- 1) коефіцієнт детермінації R^2 , величина якого демонструє ступінь достовірності моделі, тобто параметри регресії відбирались так, щоб R^2 максимально наближався до 1;
- 2) коефіцієнт множинної кореляції $R = \sqrt{R^2}$, який характеризує тісноту зв'язку між предикторами та оцінює якість передбачення в межах від 0 до 1;
- 3) скориговане R^2 ($Adjusted\ R^2$) $= 1 - (1 - R^2)(n/(n-k))$, де k – число параметрів у регресійному рівнянні;
- 4) стандартизований регресійний ваговий коефіцієнт $Beta$ (похибка $BetaStEr$ – *Standard Error of Beta*), який дає можливість порівняти внески кожного предиктора в передбачення, що дозволяє провести ранжування предикторів за ступенем їх впливу;
- 5) нестандартизований регресійний ваговий коефіцієнт B (похибка $BStEr$ – *Standard Error of B*);
- 6) частковий коефіцієнт кореляції *Partial Correlation* ($ParC$), на основі якого визначається доцільність включення предикторів в модель;
- 7) напівчастковий коефіцієнт кореляції *Semipartial Correlation* ($SParC$) визначає вплив інших предикторів на даний предиктор;
- 8) t -критерій – значення критерію Стюдента для перевірки гіпотези про значущість часткового коефіцієнту кореляції з вказаною в дужках кількістю ступенів свободи [4].

При побудові моделей враховуються значення множинного коефіцієнту кореляції (R), тобто відсоток даних, які коректно описує дана модель. В оберненій залежності від надійності результату знаходиться показник P -рівня значущості, що відображає імовірність помилковості даної моделі. Якщо P дорівнює 0,05 (тобто 1/20), це показує, що існує 5% ймовірність того, що знайдений у вибірці зв'язок між змінними є лише випадковою особливістю даної вибірки. Моделі в програмі Statistica побудовано так, щоб $R > 0,8$, а $P < 0,05$. Для виявлення залежностей між концентраціями в міксоміцетах, їх субстратах, валових та рухомих формах ґрунту, повітрі та атмосферних опадах використано коефіцієнт рангової кореляції Спірмена, який є непараметричним аналогом коефіцієнту Пірсона, що можна застосовувати для невеликих вибірок даних:

$$P - 1 - \frac{6 \times \sum D^2}{n \times (n^2 - 1)} \quad (1)$$

де n – об'єм вибірки, D – різниця між рангами двох змінних. Кількісна міра зв'язку оцінюється по абсолютному значенню коефіцієнту від 0 до 1. Коефіцієнт кореляції рангу Спірмена оцінює, наскільки адекватно можна описати відношення між двома змінними за допомогою монотонної функції [4]. Дослідження проводилось на кафедрі охорони праці та навколишнього середовища факультету інженерних систем та екології Київського національного університету будівництва і архітектури.

Результати. Шляхом множинного регресійного аналізу отримані рівняння, які наочно показують ступінь впливу досліджених факторів навколишнього середовища на зміну концентрацій елементів в міксоміцетах, що дозволяє оцінювати довгостроковий ефект забруднення навколишнього середовища. Лінійна множинна регресійна модель у загальному вигляді представлена таким рівнянням:

$$C_m = b_0 + b_1 \cdot C_{sub} + b_2 \cdot C_{soil} + b_3 \cdot C_{SMF} + b_4 \cdot C_{rw} + b_5 \cdot C_{air}, \quad (2)$$

де C_m – концентрація елементу в міксоміцетах, C_{sub} – в субстратах, C_{soil} – у ґрунті, C_{SMF} – в рухомих формах ґрунту, C_{rw} – в дощовій воді, C_{air} – у повітрі, b_0 – вільний член (*Inter* – *Intercept*) та b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 – параметри регресії, які розраховано на основі експериментальних даних.

За допомогою модуля множинної регресії в програмі Statistica отримано параметри для лінійної моделі накопичення Са міксоміцетами в залежності від концентрації цього елементу у субстраті, ґрунті та його рухомих формах, повітрі та дощовій воді (табл. 1):

$$C_m(Ca) = 211898 - 0,5 \cdot C_{sub} + 5,6 \cdot C_{soil} - 25,4 \cdot C_{SMF} - 8,7 \cdot C_{air} - 10296 \cdot C_{rw} \quad (3)$$

Таблиця 1

Результати регресійного аналізу для Са

N=24	Regression Summary for Dependent Variable: $C_m(Ca)$ $R = 0,90$ $R^2 = 0,81$ $Adjusted R^2 = 0,76$ $F(5,18) = 15,55$ $p < 0,00001$							
	<i>Beta</i>	<i>BetaStEr</i>	<i>B</i>	<i>BStEr</i>	<i>t(18)</i>	<i>p-level</i>	<i>ParC</i>	<i>SParC</i>
<i>Inter</i>	--	--	211898	25955	8	0	--	--
C_{sub}	-0,27	0,14	-0,5	0,29	-1,89	0,07	-0,41	-0,19
C_{soil}	0,64	0,31	5,6	2,7	2,07	0,05	0,44	0,21
C_{SMF}	-0,78	0,35	-25,4	11,54	-2,2	0,04	-0,46	-0,22
C_{air}	-0,89	0,14	-8,7	1,4	-6,25	0,00001	-0,83	-0,64
C_{rw}	-0,83	0,2	-10296	2495	-4,13	0,0006	-0,7	-0,42

Коефіцієнт детермінації R^2 (0,81) вказує на те, що понад 80% мінливості рівня концентрації Са в досліджених зразках міксоміцетів можна описати за допомогою запропонованої моделі. Коефіцієнт множинної кореляції $R = 0,9$ свідчить про тісний зв'язок між предикторами. Виходячи з величини стандартизованого регресійного вагового коефіцієнту *Beta*, ранг ступеню впливу предикторів на передбачення концентрації Са в досліджених міксоміцетах зменшується таким чином: C_{air} (-0,89) > C_{rw} (-0,83) > C_{SMF} (-0,78) > C_{soil} (0,64) > C_{sub} (-0,27). Тобто рівень цього елементу в міксоміцетах пропорційно збільшується в залежності від концентрації Са в ґрунті та пропорційно зменшується у відповідності до концентрації в повітрі, дощовій воді, рухомих формах ґрунту та субстратах. Частковий коефіцієнт кореляції *Partial Correlation* також підтверджує доцільність включення в модель в першу чергу концентрацію Са в повітрі ($ParC_{air} = -0,83$), а найменше на концентрацію цього елементу в міксоміцеті впливає його вміст в субстраті ($ParC_{sub} = -0,41$).

Шляхом множинного регресійного аналізу з'ясовано, що на концентрацію Al в досліджених міксоміцетах істотно впливає тільки вміст цього елементу в субстратах (табл. 2), а тому модель лінійної регресії має такий вигляд:

$$C_m(Al) = 1,2 \cdot C_{sub} \quad (4)$$

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу для Al

N=14	Regression Summary for Dependent Variable: $C_m(Al)$ $R = 0,86$ $R^2 = 0,74$ $Adjusted R^2 = 0,72$ $F(1,13) = 37,63$ $p < 0,00004$					
	<i>Beta</i>	<i>BetaStEr</i>	<i>B</i>	<i>BStEr</i>	<i>t(13)</i>	<i>p-level</i>
C_{sub}	0,86	0,14	1,2	0,19	6,13	0,00004

Низькі значення часткових коефіцієнтів кореляції *Partial Correlation* для ґрунту, повітря і дощової води показали недоцільність їх включення до рівняння лінійної регресії. Це свідчить про те, що концентрація Al в міксоміцетах зростає в залежності від вмісту цього металу у субстраті.

Шляхом множинного регресійного аналізу з'ясовано, що для концентрації As у досліджених міксоміцетах більш впливовим фактором є його концентрація у субстратах, причому із збільшенням As в субстратах збільшується його вміст і в міксоміцетах (табл. 3). Натомість, зв'язок з концентрацією в ґрунті виявився менш впливовим і вміст As в міксоміцетах пропорційно зменшується при підвищенні його рівня в ґрунті, тому модель лінійної регресії має такий вигляд:

$$C_m(As) = 9,45 \cdot C_{sub} - 0,35 \cdot C_{soil} \quad (5)$$

При цьому напівчастковий коефіцієнт кореляції $SParC$ вдвічі менший за частковий коефіцієнт кореляції $ParC$ для ґрунту, що дозволяє припустити самостійний вплив даного фактору на концентрацію As в міксоміцетах незалежно від інших предикторів.

Таблиця 3

Результати регресійного аналізу для As

N=18	Regression Summary for Dependent Variable: C_m (As) $R=0,91$ $R^2=0,83$ $Adjusted\ R^2=0,81$ $F(2,16)=38,73$ $p<0,0000001$							
As	Beta	BetaStEr	B	BStEr	t(16)	p-level	ParC	SParC
C_{sub}	1,29	0,21	9,45	1,57	6,04	0,00002	0,83	0,62
C_{soil}	-0,46	0,21	-0,35	0,16	-2,17	0,046	-0,48	-0,22

За допомогою модуля «3D поверхня» програми Statistica методом зважених відстаней отримано моделі залежностей концентрацій As від його концентрацій в ґрунті та в субстраті, який показує, що значне накопичення цього елементу міксоміцетами відбувається лише при істотній різниці його вмісту між ґрунтом і субстратом (рис. 1.а).

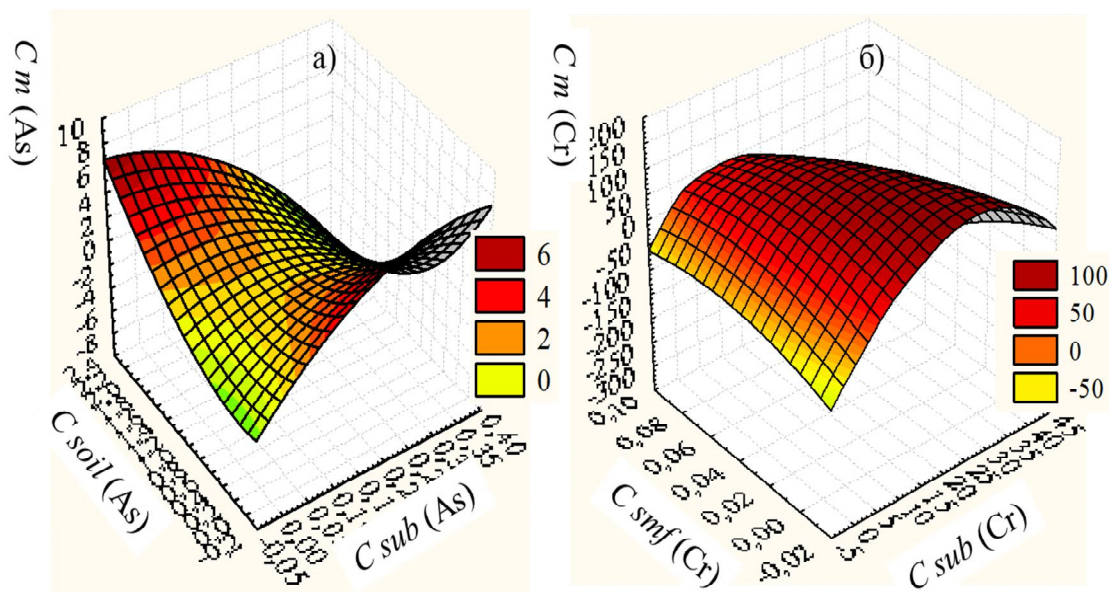


Рис. 1. Моделі 3D залежностей концентрацій в міксоміцеті: а) As від його концентрацій в ґрунті та в субстраті, б) Cr від його концентрацій в рухомих формах ґрунту та в субстраті

Аналіз кореляцій Спірмена показав, що концентрація Cr в міксоміцетах істотно залежить лише від його концентрацій в субстраті та рухомих формах ґрунту. Згідно прогнозу 3D моделі (рис. 1.б), максимальне накопичення Cr міксоміцетами відбувається при його концентраціях в субстраті $15 < C_{sub} < 35$ мкг/г, а якщо C_{sub} залишається незмінною при одночасному збільшенні C_{SMF} , рівень Cr в міксоміцетах зменшується. Стандартизований регресійний ваговий коефіцієнт $Beta$ показує, що на концентрацію Cd в міксоміцетах істотно впливає тільки вміст цього елементу в субстратах (табл. 4).

Таблиця 4

Результати регресійного аналізу для Cd

N=24	Regression Summary for Dependent Variable: C_m (Cd) $R=0,81$ $R^2=0,66$ $Adjusted\ R^2=0,59$ $F(4,20)=9,65$ $p<0,00016$							
Cd	Beta	BetaStEr	B	BStEr	t(20)	p-level	ParC	SParC
C_{sub}	0,81	0,17	1,31	0,28	4,7	0,0001	0,72	0,61
C_{soil}	0,15	0,15	0,45	0,45	1	0,33	0,22	0,13
C_{air}	-0,38	0,19	-96,54	48,87	-1,98	0,06	-0,40	-0,26
C_{SMF}	0,26	0,17	13,01	8,74	1,49	0,15	0,32	0,19

Загалом модель лінійної регресії для Cd у досліджених зразках міксоміцетів має такий вигляд:

$$C_m(Cd) = 1,31 \cdot C_{sub} \quad (6)$$

Вміст Fe в досліджених міксоміцетах суттєво залежить від концентрації цього металу в субстраті та дещо менше – в ґрунті, при чому на останній фактор інші предиктори впливають несуттєво (табл. 5):

$$C_m(Fe) = 5001 + 8,86 \cdot C_{sub} - 1,68 \cdot C_{soil} \quad (7)$$

Регресійний аналіз впливу концентрації Cu в досліджених складових навколишнього середовища дозволив побудувати таку модель накопичення цього металу міксоміцетами (табл. 6):

$$C_m(Cu) = 10,7 + 1,39 \cdot C_{sub} - 25,17 \cdot C_{rw} - 1,12 \cdot C_{air} \quad (8)$$

Таблиця 5

Результати регресійного аналізу для Fe

N=24	Regression Summary for Dependent Variable: C_m (Fe) $R=0,77$ $R^2=0,59$ $Adjusted\ R^2=0,55$ $F(2,21)=14,96$ $p<0,00009$							
Fe	$Beta$	$BetaStEr$	B	$BStEr$	$t(21)$	$p-level$	$ParC$	$SParC$
$Inter$	--	--	5001	1861	2,69	0,014	--	--
C_{sub}	0,73	0,15	8,86	1,77	5	0,0001	0,74	0,70
C_{soil}	-0,51	0,15	-1,68	0,48	-3.48	0,0022	-0,60	-0,49

Таблиця 6

Результати регресійного аналізу для Cu

N=24	Regression Summary for Dependent Variable: C_m (Cu) $R=0,78$ $R^2=0,61$ $Adjusted\ R^2=0,55$ $F(3,20)=10,22$ $p<0,00027$							
Cu	$Beta$	$BetaStEr$	B	$BStEr$	t(20)	p -level	$ParC$	$SParC$
$Inter$	--	--	10,70	3,01	3,55	0,002	--	--
C_{sub}	0,49	0,15	1,39	0,42	3,29	0,004	0,59	0,46
C_{rw}	-0,70	0,22	-25,17	7,89	-3,19	0,005	-0,58	-0,45
C_{air}	-0,67	0,21	-1,12	0,36	-3,14	0,01	-0,57	-0,44

Стандартизовані регресійні вагові коефіцієнти $Beta$ дають можливість здійснити ранжування предикторів за ступенем їх впливу: $C_{rw} > C_{air} > C_{sub}$. Тобто атмосферні опади та атмосферне повітря більше впливають на концентрацію Cu в міксоміцетах, причому в зворотній залежності, на відміну від субстратів, де при зростанні концентрації металу впливає на його збільшення в досліджених міксоміцетах. При цьому всі фактори досить тісно взаємопов'язані, про що свідчить відносно невелика різниця у значеннях часткових та напівчасткових коефіцієнтів кореляції. Моделі 3D залежностей концентрацій Cu в міксоміцеті від концентрацій в субстраті, дощовій воді та повітрі наочно демонструють, що коли C_{sub} змінюється від 2 до 5 мкг/г, незалежно від рівня елементу у дощовій воді, то міксоміцети практично не накопичують мідь. Але концентрація Cu в міксоміцетах різко зростає, якщо концентрація цього елементу в дощовій воді знаходиться в межах $0,15 < C_{rw} < 0,25$ мкг/г, а C_{sub} зменшується до нуля, або перевищує 7 мкг/г (рис. 2).

За допомогою модуля множинної регресії в програмі Statistica отримано лінійну модель накопичення Mn міксоміцетами:

$$C_m(Mn) = 1798 + 42,91 \cdot C_{air} - 214,5 \cdot C_{SMF} \quad (9)$$

Згідно отриманим узагальнюючим розрахункам, концентрація Mn в міксоміцетах збільшується при зростанні вмісту цього елементу в повітрі, а при його меншому рівні в рухомих формах ґрунту зареєстровані більші значення концентрацій в досліджених спорофорах (табл. 7). Оскільки $ParC$ та $SParC$ майже співпадають, це свідчить що ні C_{air} , ні C_{SMF} не мають самотійного впливу на $C_m(Mn)$.

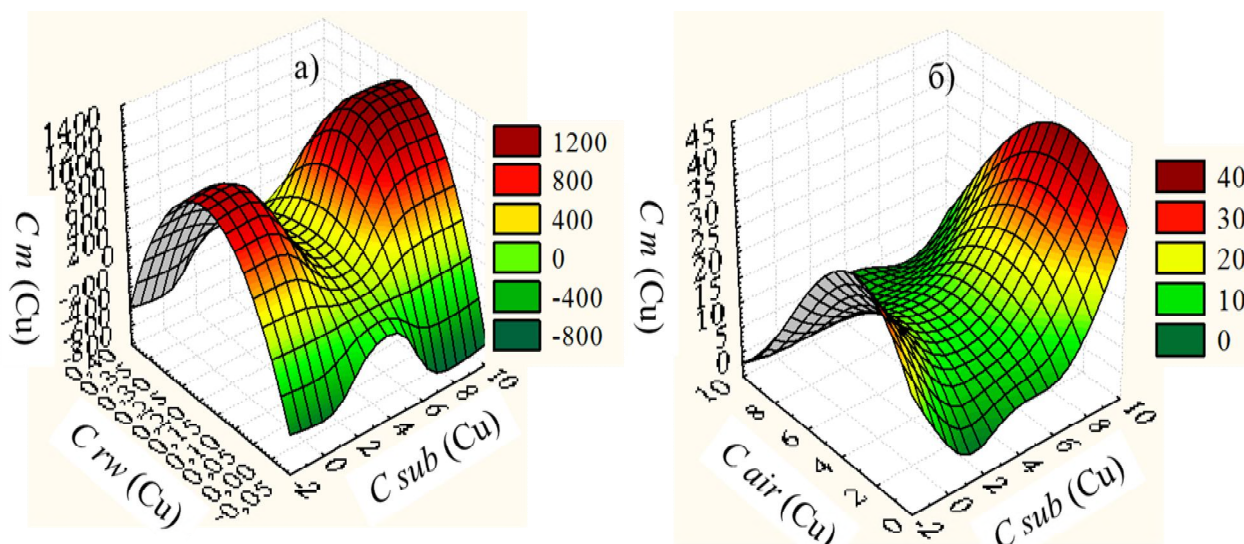


Рис. 2. Моделі 3D залежностей концентрацій Cu в міксоміцеті від концентрацій в субстраті та: а) дощовій воді, б) повітрі

Таблиця 7

Результати регресійного аналізу для Mn

Regression Summary for Dependent Variable: C_m (Mn) $R = 0,64$ $R^2 = 0,41$ $Adjusted\ R^2 = 0,36$ $F(2,21) = 7,4113$ $p < 0,004$								
N=24	Mn	Beta	BetaStEr	B	BStEr	t(21)	p-level	ParC
	Inter	--	--	1798	767	2,35	0,03	--
	C_{air}	0,62	0,18	42,91	12,41	3,46	0,002	0,60
	C_{SMF}	-0,50	0,18	-214,5	76,55	-2,80	0,01	-0,52

На вміст Ni в досліджених міксоміцетах в основному впливає лише його концентрація в ґрунті:

$$C_m(Ni) = 1,77 \cdot C_{soil} \quad (10)$$

Про коректність побудованої регресійної моделі свідчить відповідність закону розподілу залишків нормальному закону. В табл. 8 наведені результати регресійного аналізу для Ni.

Таблиця 8

Результати регресійного аналізу для Ni

Regression Summary for Dependent Variable: C_m (Ni) $R = 0,67$ $R^2 = 0,45$ $Adjusted\ R^2 = 0,43$ $F(1,23) = 18,75$ $p < 0,00025$						
N=24	Ni	Beta	BetaStEr	B	BStEr	t(23)
	C_{soil}	0,67	0,15	1,77	0,41	4,33

Концентрація Pb в досліджених зразках міксоміцетів пропорційно збільшується при зростанні вмісту цього елементу в дощовій воді та рухомих формах ґрунту і знаходиться у зворотній залежності від його концентрацій у валових формах ґрунту (табл. 9):

$$C_m(Pb) = 1758 \cdot C_{rw} + 8,09 \cdot C_{SMF} - 0,43 \cdot C_{soil} \quad (11)$$

Таблиця 9

Результати регресійного аналізу для Pb

Regression Summary for Dependent Variable: C_m (Pb) $R = 0,74$ $R^2 = 0,54$ $Adjusted\ R^2 = 0,48$ $F(3,21) = 8,32$ $p < 0,0008$								
N=24	Pb	Beta	BetaStEr	B	BStEr	t(21)	p-level	ParC
	C_{rw}	1,21	0,34	1758	496,59	3,54	0,002	0,61
	C_{SMF}	0,52	0,18	8,09	2,84	2,85	0,01	0,53
	C_{soil}	-0,96	0,37	-0,43	0,16	-2,58	0,02	-0,49

При цьому кожен із згаданих факторів відіграє самостійну роль у зміні концентрації в міксоміцетах і не підлягає значному впливу інших досліджених предикторів.

Висновки та перспективи дослідження. Математичне моделювання є перспективним засобом для прогнозування рівня техногенного забруднення навколишнього середовища токсичними елементами. З допомогою побудованих математичних моделей встановлено залежності біоаккумуляції міксоміцетами елементів від їх концентрацій у субстратах, ґрунті та його рухомих формах, повітрі та дощовій воді. В результаті дослідження зроблені наступні висновки:

1. Встановлено, що рівень Са у більшості з 52 проаналізованих зразків 28 видів міксоміцетів, пропорційно збільшується в залежності від концентрації цього елементу в ґрунті та пропорційно зменшується у відповідності до концентрації в повітрі, дощовій воді, рухомих формах ґрунту та субстратах.

2. Виявлено, що концентрація Mn в досліджених зразках міксоміцетів залежить від його вмісту у повітрі та рухомих формах ґрунту, Pb – в дощовій воді, ґрунті та його рухомих формах.

3. З'ясовано, що для As та Fe в досліджених міксоміцетах найкращими предикторами виявились субстрат та ґрунт, субстрат також відіграє вирішальну роль у зміні вмісту Al та Cd, а ґрунт вагомо впливає на концентрацію Ni в міксоміцетах.

4. Отримані моделі дозволяють визначати шляхи надходження токсичних елементів у біооб'єкти та прогнозувати довгострокові ефекти техногенного впливу на стан екологічної безпеки навколишнього середовища.

Література

- 1 Кривомаз Т.І. Перший аналіз вмісту важких металів та інших елементів в плодових тілах нівальних міксоміцетів Карпат / Т.І. Кривомаз, І.М. Андрусишина // Екологічна безпека та природокористування. – 2015. – № 4(20). – С. 20–31.
- 2 Кривомаз Т. І. Аналіз біотрансформації металів альпійськими нівальними міксоміцетами відносно їх субстратів / Т. І. Кривомаз, О. С. Волошкіна, А. Мішо, І. М. Андрусишина // Східно-Європейський журнал передових технологій – Харків, 2016. – № 5/10(83). – С. 50–57.
- 3 Кривомаз Т. І. Моделювання забруднення навколишнього середовища металами в залежності від їх концентрації в міксоміцеті *Fuligo septica* / Т. І. Кривомаз, Д. В. Максименко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування» – Івано-Франківськ, 2016. – №2(14) – С. 87–92.
- 4 Халафян А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных изд.3 / А.А. Халафян // Бином-Пресс. – 2007. – 512 с.
- 5 Kryvomaz T. The assessment of heavy metal accumulation by myxomycetes / T. Kryvomaz // Motrol. – Lublin, 2015. – Vol.17, № 8. – P.157-164
- 6 Poulain M. Les Myxomycètes / M. Poulain, M. Meyer, J. Bozonnet. – Sevrier: Federation mycologique et botanique Dauphiné-Savoie, 2011. – 556 p.
- 7 Setälä A. High metal contents found in *Fuligo septica* L. Wiggers and some other slime molds (Myxomycetes) / A. Setälä, P. Nuorteva // Karstenia. – 1989. – V. 29. – N 1. – P. 37-44.
- 9 Stijve T. Accumulation of various metals by *Fuligo septica* (L.) Wiggers and by some other slime molds (myxomycetes) / T. Stijve, D. Andrey // Australasian Mycologist. – 1999. – V. 18. – N 2. – P. 23–26.
- 10 Tüzen M. Determination of heavy metals in soil, mushroom and plant samples by atomic absorption spectrometry / M. Tüzen // Microchem J. – 2003. – N 74. – P. 289–297.
- 11 Zhulidov D. A. Zinc accumulation by the slime mold *Fuligo septica* (L.) Wiggers in the former Soviet Union and North Korea / D. A. Zhulidov, R. D. Robarts, A. V. Zhulidov, O. V. Zhulidova, D. A. Markelov, V. A. Rusanov, J. V. Headley // Journal of Environmental Quality. – 2002. – № 31. – P. 1038–1042.

© Т. І. Кривомаз,
О. С. Волошкіна,
Д. В. Максименко,
О. Г. Жукова

ІНЖЕНЕРІЯ СЕРЕДОВИЩА ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

УДК : [331.45]

А. П. Бочковський
Одеський національний
політехнічний університет

КОНЦЕПТУАЛЬНІ АСПЕКТИ БЕЗПЕКИ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

В статті, автором запропоновано власну інтерпретацію терміну «безпека технічних систем» для застосування в галузі охорони праці та промислової безпеки. Визначені та охарактеризовані основні п'ять факторів від яких залежить гарантування значення прийняттого ризику виникнення небезпек з боку технічної системи. Відмічено, що такі значення ризику, повинні знаходитись у напівінтервалі $(-\infty \text{ до } 10^{-6}]$. В статті запропоновано, для оцінки рівня безпеки технічних систем, в галузі охорони праці, застосовувати комплексний критерій, що складається з комбінації окремих критеріїв оцінки факторів безпеки, у вигляді їх множини з урахуванням відповідних коефіцієнтів значущості.

Зазначено, що досягнення відповідності рівня технічної системи, впродовж заданого часу, встановленому критерію безпеки можливо реалізувати лише в рамках існуючої системи управління охороною праці на підприємстві (СУОПП), шляхом реалізації її функцій та вирішення відповідних завдань.

Ключові слова: охорона праці, технічна система, ризик, небезпека, «людський фактор», зовнішні фактори, екологічна безпека

В статье, автором предложена собственная интерпретация термина «безопасность технической системы», для использования в области охраны труда и промышленной безопасности. Определены и охарактеризованы основные пять факторов от которых зависит гарантирование значений приемлемого риска возникновения опасности со стороны технической системы. Отмечено, что такие значения риска, должны находиться в полуинтервале $(-\infty \text{ до } 10^{-6}]$. В рамках статьи предложено, для оценки уровня безопасности технических систем, в области охраны труда, использовать комплексный критерий, который состоит из комбинации отдельных критериев оценки факторов безопасности, в виде их множества, с учетом соответствующих коэффициентов значимости.

Определено, что достижение соответствия уровня технической системы, на протяжении заданного времени, установленному критерию безопасности возможно реализовать только лишь в рамках существующей системы управления охраной труда на предприятии (СУОТП), путем реализации ее функций и решения соответствующих задач.

Ключевые слова: охрана труда, техническая система, риск, опасность, «человеческий фактор», внешние факторы, экологическая безопасность

In the article, own interpretation of the term «technical system safety» for use in the field of occupational health and safety is suggested by the author. The main five factors, on which depend the guarantee the values of acceptable danger risk level in the technical system were detected and described. It was marked that such risk values must be in a semi interval $(-\infty \text{ to } 10^{-6})$. Within the limits of article it was suggested for evaluation the level of technical systems safety in the field of occupational health and safety to use the composite criterion, which consists of a combination of separate criteria for evaluation of safety factors as their set, taking into account the relevant coefficient of significance.

It was determined that a achievement of correspondence between the level of technical system during a specified time and the established safety criterion can be realized only within the

existing occupational health and safety management system by the implementation of its functions and solution of relevant tasks.

Keywords: occupational health and safety, technical systems, risk, danger, «human» factor, external factors, ecologic safety

Постановка проблеми. Основною метою створення технічних систем є підвищення рівня продуктивності праці при максимальному скороченні кількості та трудомісткості операцій, що виконуються безпосередньо людиною. Сучасні складні автоматизовані технічні системи (ТС) практично досягли того рівня, при якому трудовитрати людини для отримання нею бажаного результату практично дорівнюють нулю. Однак, в той же час, людина, створюючи складні автоматизовані та роботизовані технічні системи, разом із досягненням стану комфорту, поступово, по мірі удосконалення ТС, віддає свою безпеку під їх контроль.

Аналіз статистичних даних, за останні десять років, свідчить про те, що у розвинутих країнах світу кожен рік в середньому відбувається близько 15% нещасних випадків, за видами подій, які пов'язані з технічними причинами (загальноприйнятий статистичний показник в розвинутих країнах світу).

В Україні через технічні причини (загальноприйнятий статистичний показник в Україні), відбувається в середньому 12% всіх зареєстрованих нещасних випадків (рис. 1) [1, 14].

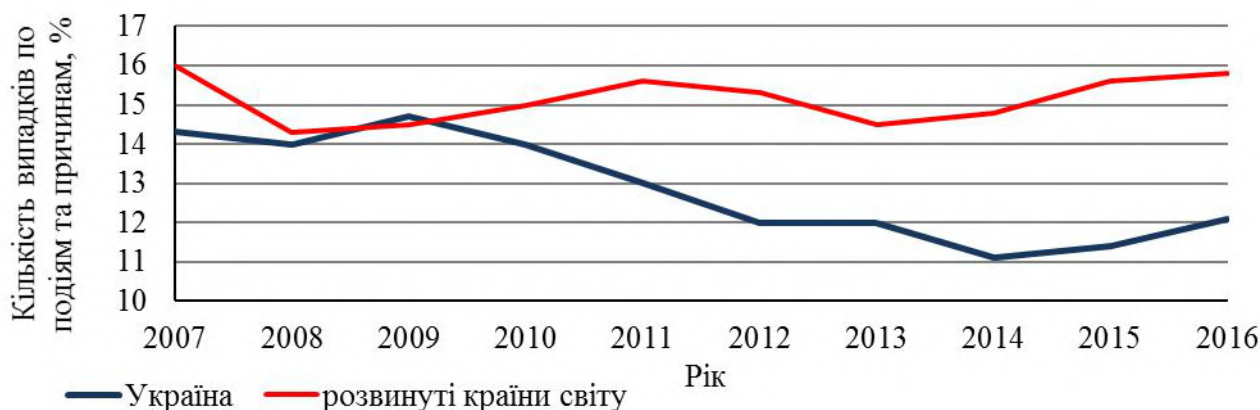


Рис.1. Динаміка кількості нещасних випадків по технічним причинам та подіям, які з ними пов'язані в Україні та розвинутих країнах світу

Найбільш поширеними подіями, що пов'язані з технічними причинами, були наступні: дія предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту, ураження електричним струмом, дія температур тощо.

Найбільш поширеними технічними причинами є: незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, територій, засобів виробництва, недосконалість технологічного процесу, його невідповідність вимогам безпеки, конструктивні недоліки та недостатня надійність технічних систем.

Також кожен рік фіксується близько 219 випадків промислових аварій і катастроф, внаслідок яких гине в середньому 7600 осіб. Однак найважливішою проблемою є навіть не наведені показники, а їх сталість протягом років, яка свідчить про те, що незважаючи на постійне удосконалення технічних систем, рівень їх небезпеки залишається постійним [1, 2, 14, 15].

Окрім того, якщо розглянути світові тенденції розвитку виробництва, які виражаються у поступовому переміщенні технічних систем з підприємств Європи та США у треті країни з низьким рівнем оплати праці та відповідним рівнем фахової підготовки, то стає зрозумілим, що покращення зазначених показників годі чекати. Технічні системи, що

застосовують в цих країнах, мають значно нижчий рівень безпеки ніж аналогічні, що використовуються на підприємствах розвинутих країн [6].

В Україні ситуація з безпекою функціонування технічних систем погіршується ще й високим рівнем їх моральної та матеріальної зношеності, який вже давно перевищив позначку 84% [1, 2].

Однак, навіть і нові, сучасні технічні системи теж мають низку недоліків, які можуть значно впливати на рівень їх безпеки, за рахунок:

- постійної модернізації, термін якої неухильно скорочується;
- ускладнення конструкції елементів системи та їх взаємозв'язків;
- збільшення кількості складових елементів в складі ТС;
- заміни більш надійних дорогих конструктивних матеріалів (метали), на дешевші з меншим рівнем надійності (пластик, тощо);
- поширеного використання шкідливих для здоров'я людини та довкілля матеріалів;
- зниження терміну експлуатації елементів, та системи в цілому, який дорівнює як правило терміну гарантії заводу виробника тощо.

Визначені недоліки свідчать про те, що розвиток технічних систем спрямовано в першу чергу на інтенсифікацію рівнів їх продажу (маркетинговий пріоритет) за рахунок зниження безпеки та надійності.

Таким чином, на сучасному етапі розвитку технічних систем необхідно вирішувати комплекс проблем, що пов'язаний з підвищенням рівня їх безпеки, при одночасному збереженні необхідних споживчих якостей.

Комплекс проблем пов'язаних з безпекою технічних систем та шляхи їх вирішення, розглядаються у рамках порівняно нової теорії з відповідною назвою, яка тісно пов'язана з такими відомими теоріями як теорія надійності, теорія ризику, теорія систем, теорія помилок та іншими. В теорії безпеки технічних систем використовуються поняття, ідеї та принципи, що сформульовані в цих теоріях, однак власної загальноприйнятої наукової концепції і методології, що спрямовані на вирішення відповідних проблем, поки що не існує.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблеми формування та розвитку теорії безпеки технічних систем розглядалися у наступних роботах [7-13]. Однак і досі залишаються не вирішеними проблеми загальнонаукової термінології в рамках теорії, визначення основних критеріїв оцінки безпеки технічних систем, а також особливостей впливу «людського» та зовнішніх факторів на стан безпеки ТС. Зазначені проблеми, не дозволяють чітко сформулювати концептуальні основи теорії безпеки, що в свою чергу унеможливорює її подальший розвиток.

Метою даної роботи є визначення концептуальних аспектів та формалізація комплексного критерію оцінки безпеки технічних систем в галузі охорони праці.

Досягнення поставленої мети у роботі передбачається у процесі вирішення наступних **завдань**:

- визначення смислової інтерпретації терміну «безпека технічної системи»;
- встановлення факторів, що впливають на рівень безпеки технічних систем;
- формалізація комплексного критерію оцінки безпеки технічних систем;
- аспектація функціональних взаємозв'язків між теорією безпеки технічних систем, охороною праці та промисловою безпекою.

Виклад основного матеріалу. Розвиток будь-якого наукового дослідження (теорії) завжди починається з формування концепції, тобто способу розуміння (трактовки) певного процесу, системи, явища тощо. В першу чергу це стосується розуміння смислових аспектів дослідження. На сьогоднішній момент не існує загальноприйнятого єдиного смислового визначення сполученого терміну «безпека технічних систем», тому виникає певний момент невизначеності, щодо мети та об'єкту досліджень відповідної теорії.

Термін «безпека технічної системи» складається з двох основних визначальних термінів: «безпека» та «технічна система». Термін «безпека» хоч і має велику кількість тлумачень, але в узагальненому вигляді визначається як стан захищеності певного об'єкту (об'єкту захисту) від проявів небезпек [3]. Стан захищеності об'єкту визначається в свою чергу величиною ризику виникнення небезпек, який, як відомо, не може дорівнювати нулю і повинен мати прийнятне значення, тобто знаходитись у напівінтервалі $(-\infty \text{ до } 10^{-6})$.

В якості небезпеки (небезпечної події) може розглядатися широке коло подій, що пов'язані з інформаційною, фінансовою, екологічною небезпекою тощо, а також небезпекою для життя і здоров'я людини. І саме остання, яка є найважливішою, буде розглядатися в рамках даного дослідження.

Термін «технічна система» теж має декілька тлумачень, та визначається як штучно створений об'єкт техніки, який складається із взаємопов'язаної між собою системи елементів (складових). Таким чином, якщо розглядати в смисловому аспекті сполучений термін «безпека технічної системи», то в якості об'єкту захисту повинна виступати сама технічна система. Але оскільки технічна система завжди асоціюється з небезпекою, буде більш правильним вважати, що в якості об'єкту захисту повинні виступати людина, суспільство та навколишнє (виробниче) середовище, яким у разі реалізації ризику у небезпеку буде завдано шкоди. Тобто смислове навантаження терміну треба змістити в площину, в якій технічна система буде розглядатися як потенційний об'єкт небезпеки, що може завдати шкоди об'єкту захисту.

Тому термін «безпека технічної системи», на думку автора треба тлумачити як забезпечення стану захищеності об'єкта від проявів небезпек з боку технічної системи з гарантованою величиною реалізації відповідного ризику не більшою ніж 1×10^{-6} випадків у рік (визначення автора).

Гарантування прийнятного значення ризику прояву небезпек з боку технічної системи, залежить від багатьох факторів:

1. Рівня надійності елементів та ТС в цілому;
2. Умов в яких функціонує ТС;
3. Відповідності матеріалів (з яких виготовлена система та її складові) і технологічних режимів експлуатації ТС діючим санітарно-гігієнічним вимогам;
4. Врахування ергономічних принципів взаємодії між людиною та ТС;
5. Характеристики та ефективності заходів і засобів захисту передбачених для нормального і аварійного режимів роботи ТС тощо.

Рівень надійності ТС (як і рівень її безпеки) напряму залежить від рівня надійності (безпеки) її складових елементів і є зрозумілим, що збільшуючи кількість елементів, які входять до складу системи, ми збільшуємо ймовірність настання небезпечної події. Надійність технічної системи (елемента системи) визначається спроможністю виконувати свої функції в заданих режимах експлуатації, зберігаючи при цьому свої експлуатаційні характеристики протягом певного часу. Надійна ТС, це така система яка має наступні властивості:

- безвідмовність, спроможність системи зберігати працездатність протягом певного часу;
- довговічність, властивість системи зберігати працездатність до досягнення граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування та ремонтів;
- зберігаємість, властивість ТС безперервно зберігати працездатний стан під час зберігання, транспортування тощо;
- ремонтпригодність, пристосованість ТС до попередження, виявлення та успішного усунення несправностей.

З точки зору забезпечення безпеки людини та довкілля, найбільш важливими властивостями ТС є безвідмовність, довговічність та зберігаємість, які прямо пов'язані з можливістю продукування ризику виникнення небезпечної події (через раптову втрату працездатності) за рахунок впливу на систему низки факторів стохастичної та

нестохастичної природи. Найбільш вагомими з них є фактори стохастичної природи, які можна умовно розділити на дві групи: «людський фактор» та зовнішні (природні і виробничого середовища). Ці групи факторів та вагомість їх впливу на стан функціонування систем був розглянутий у попередніх дослідженнях автора [5].

Також значний вплив як на властивості ТС, так і на рівень її безпеки в цілому чинять умови експлуатації, зберігання чи транспортування технічної системи. Зазначені умови доцільно розподілити на дві основні групи:

1. Умови зовнішнього середовища в яких експлуатується, зберігається, транспортується ТС ;
2. Умови технічного обслуговування системи.

До умов зовнішнього середовища можна віднести мікрокліматичні показники та показники складу повітря виробничого приміщення - температуру, відносну вологість, наявність і концентрацію у повітрі певних хімічних речовин та їх сполук, які здатні викликати процеси корозії, пошкодження ізоляції електроустаткування тощо.

Умови технічного обслуговування визначаються сервісними часовими інтервалами, характеристикою проведення необхідних регламентних робіт, а також якістю матеріалів, що застосовуються під час їх проведення.

Зазначені умови визначаються технічною супровідною документацією заводу-виробника технічної системи (відповідними інструкціями). Вплив цих умов на стан безпеки ТС, напряду залежить від дисципліни виконання вимог інструкції людиною (виконавцем робіт, керівником, контролером тощо), іншими словами від впливу «людського фактора» [4].

Також рівень безпеки ТС визначається характеристиками матеріалів, з яких виготовлені конструкційні елементи ТС або речовин, які виділяються у зовнішнє середовище під час її нормального чи аварійного режиму експлуатації. Даний аспект дуже важливий з огляду як на можливий безперервний чи дискретний характер контакту працівника з ТС (небезпека виникнення профзахворювань), так і на можливість нанесення шкоди навколишньому (виробничому) середовищу (екологічна безпека) та відповідно населенню (працівникам), яке проживає (які працюють) в ньому.

В рамках цього аспекту технічна система може вважатися безпечною, якщо матеріали з яких виготовлені її елементи відповідають номенклатурі, що зазначена у відповідних державних санітарних нормах країни, де така система буде експлуатуватись. А сукупні концентрації речовин, які можуть виділятися у зовнішнє середовище при будь-якому режиму експлуатації (включаючи аварійний) не можуть бути вищими за нормовані гранично-допустимі значення.

Досягнення стану безпеки в даному випадку може бути забезпечено проходженням процесу обов'язкової сертифікації ТС, в тому числі повторною, країною імпортером. Якість проведення цього процесу залежить від якості відповідної нормативно-правової бази та сумлінності проведення сертифікації виконавцем (групою виконавців), тобто знову ж таки від впливу «людського фактора»

Не менш важливим є також ергономічний аспект взаємодії людини і технічної системи, який впливає на стан безпеки та прямо пов'язаний з психофізіологічними причинами виникнення нещасних випадків.

Дотримання науково-обґрунтованих ергономічних принципів на всіх стадіях життєвого циклу системи дозволяє значно збільшити періоди до настання стану втоми працівника та запобігти виникненню відповідних випадків виробничого травматизму і профзахворювань.

Однак, якщо все ж таки негативний прояв від дії будь-якого з вищезазначених факторів (або їх сукупності) стався, для недопущення подальшого виникнення небезпечної події та зниження ймовірності нанесення шкоди життю і здоров'ю людини, в рамках функціонування будь-якої ТС, на всіх стадіях її життєвого циклу, повинні бути передбачені відповідні заходи та засоби безпеки.

Заходи та засоби безпеки можуть вважатися ефективними лише тоді, коли вони пройшли певні практичні випробування часом, в тому числі у критичних режимах експлуатації ТС.

Найбільш важливі заходи і засоби безпеки, на розробку, впровадження та контроль ефективності функціонування яких необхідно звернути особливу увагу, є ті що спрямовані на мінімізацію та усунення головної причини виникнення потенційних небезпек – «людського фактора» [4].

Таким чином критерієм оцінки безпеки певної технічної системи ($Kб$), який може бути застосовано в галузі охорони праці, можна вважати комплексний критерій що складається з комбінації окремих критеріїв у вигляді їх множини. У формалізованому вигляді критерій $Kб$ може бути представлений наступним чином:

$$K_b = K_n \times K_{yo} \times K_{сгн} \times K_e \times K_{зз}, \quad (1)$$

де K_n – критерій надійності технічної системи; K_{yo} – критерій відповідності умовам обслуговування; $K_{сгн}$ – критерій відповідності системи діючим санітарно-гігієнічним нормам; K_e – критерій відповідності технічної системи ергономічним вимогам; $K_{зз}$ – критерій ефективності передбачених заходів і засобів безпеки.

В свою чергу, кожен критерій, повинен враховувати вищезазначені особливості впливу на технічну систему кожного відповідного фактора від якого залежить її рівень безпеки.

Є зрозумілим, що фактори, від яких залежить рівень безпеки технічної системи за своїм впливом є нерівнозначні. Тому під час визначення критерію $Kб$, доречною та необхідною умовою є додаткове врахування певних коефіцієнтів значущості для кожного окремого критерію, які доцільно визначати на основі математичних методів обробки статистичних даних. Одним з найбільш значущих, очевидно, повинен стати коефіцієнт, що враховує вплив на технічну систему стохастичних (важко передбачуваних) за своєю природою «людського» та зовнішніх факторів.

Оскільки математичне обґрунтування кожного з зазначених критеріїв є достатньо складним завданням, яке неможливо вирішити в рамках даної статті, можна лише запропонувати інтервали їх варіювання.

Так як однією з основних вимог, що висуваються до будь якого критерію є його безрозмірність, то доцільним буде запропонувати наступні інтервали варіювання – від 0 до 1. Де вища границя, що дорівнюватиме одиниці, буде умовно відповідати прийнятним значенням ризику виникнення небезпек (відповідно до концепції прийнятного ризику), які знаходяться у напівінтервалі $(-\infty \text{ до } 10^{-6}]$. Тобто при таких значеннях рівня ризику виникнення небезпек (R), технічну систему можна вважати безпечною. При цьому, обов'язковою умовою, є відповідність ТС даному критерію протягом певного часу (t). Цей час повинен перевищувати гарантійний термін експлуатації технічної системи, тобто $t \rightarrow \max$.

Відповідно нижня, нульова границя критерію, буде відповідати небезпечній системі зі значеннями ризику виникнення небезпек 10^{-3} і вище (неприйнятний рівень ризику). Проміжні значення критерію в даному випадку доцільно визначати з використанням математичного методу аналізу ієрархій.

Досягнення відповідності рівня технічної системи, протягом заданого часу (t), встановленому критерію безпеки можливо реалізувати лише в рамках існуючої на підприємстві системи управління охороною праці (СУОПП), шляхом реалізації її функцій та вирішення відповідних завдань.

Система управління охороною праці уособлює відому єдину систему (ланцюг) функціонування підприємства - «людина – машина (технічна система) - середовище». В даному випадку взаємозв'язки теорії безпеки технічних систем та охорони праці є очевидними, оскільки СУОПП спрямована на забезпечення безпеки людини через безпеку функціонування ТС у відповідному середовищі. Окрім того, в рамках СУОПП, через

реалізацію її функцій змінюється більшість факторів, що впливають на рівень безпеки технічної системи, наприклад змінюються запроектовані або розробляються додаткові заходи і засоби безпеки, відповідно до умов експлуатації тощо.

Висновки.

1 Термін «безпека технічних систем» в галузі охорони праці можна інтерпретувати як: забезпечення стану захищеності об'єкту від проявів небезпек з боку технічної системи із гарантованою величиною реалізації відповідного ризику не більшою ніж 1×10^{-6} випадків у рік.

2 Гарантування прийнятного значення ризику прояву небезпек з боку технічної системи, залежить від наступних факторів:

- рівня надійності елементів та ТС в цілому;
- умов в яких функціонує ТС;
- відповідності матеріалів (з яких виготовлена система та її складових) і технологічних режимів експлуатації ТС діючим санітарно-гігієнічним вимогам;
- врахування ергономічних принципів взаємодії між людиною та ТС;
- характеристик та ефективності заходів і засобів захисту передбачених для нормального і аварійного режимів роботи ТС тощо.

3 Критерієм оцінки безпеки певної технічної системи, який може бути застосовано в галузі охорони праці, можна вважати комплексний критерій, що складається з комбінації окремих критеріїв оцінки факторів, від яких залежить її рівень безпеки, у вигляді їх множини.

4 Досягнення відповідності рівня технічної системи, впродовж заданого часу (t), встановленому критерію безпеки можливо реалізувати лише в межах існуючої системи управління охороною праці на підприємстві (СУОПП), шляхом реалізації її функцій та вирішення відповідних завдань.

Література

1 Аналіз страхових нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань в Україні у 2006 – 2016 рр. [Електронний ресурс] / Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань в Україні. - Режим доступу: <http://www.social.org.ua/activity/stat?rstart=3>

2 Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні, що сталися впродовж 2006 – 2016 рр. [Електронний ресурс] / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. - Режим доступу: <http://www.dsns.gov.ua/>

3 Академічний тлумачний словник [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://sum.in.ua/>

4 Бочковський А. П. «Людський фактор» та професійний ризик: випадковість чи закономірність [Текст] / А. П. Бочковський // Зернові продукти і комбікорми, 2014. № 4 (56). С. 7-13. doi:10.15673/2313-478x.56/2014.36124

5 Бочковський А. П. Невизначеність стану ергатичних систем: фактори, причини та шляхи мінімізації [Текст] / А. П. Бочковський // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування (секція Інженерія середовища та безпека життєдіяльності). – 2016. №. 2 (14). С. 114 – 122. doi:10.13140/RG.2.1.5176.8082

6 Охрана труда в цифрах и фактах [Электронный ресурс] / Доклад Международной организации труда. – Режим доступа: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-moscow/documents/genericdocument/wcms_312036.pdf

7 Демидович Н.О. Гармонизация терминологии в области надёжности [Текст] / Н.О. Демидович // Методы менеджмента качества, 2002. № 10. С. 43 - 47.

8 Рябинин И. А. Логика теории безопасности и реальный мир [Текст] / И.А. Рябинин // Морской вестник, 2005. № 3(19). С. 109-112.

9 Рябинин И.А. Надёжность и безопасность структурно-сложных систем. СПб.: С.-Петербург. ун-та, 2007. 276 с.

10 Белов В.П. О понятиях «надёжность» и «безопасность» технических систем с позиций разработчиков [Текст] / Белов В.П., Голяков А.Д., Старков С.Я. // Методы менеджмента качества, 2003. №10. С. 46 – 49

11 Горопашная А.В. Применение MATLAB для анализа безопасности и оценки риска сложных технических систем [Текст] //Труды Всероссийской научной конференции «Проектирование научных и инженерных приложений в среде MATLAB». СПб.: СПбГУ, 2007. с.157-164.

12 Лепихин А. М. Надежность, живучесть и безопасность сложных технических систем [Текст] / А. М. Лепихин, В.В. Москвичев, С. В. Доронин // Вычислительные технологии. 2009. № 6 (14). с. 58-70. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/nadezhnost-zhivuchest-i-bezopasnost-slozhnyh-tehnicheskikh-sistem>

13 Гаенко В.П. Безопасность технических систем: методологические аспекты теории, методы анализа и управления безопасностью. С-Пб.: СВЕН, 2014 г. – 366 с.

14 European Agency for Safety and Health at Work. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://osha.europa.eu/>

15 Centre for research on the epidemiology of disasters [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.cred.be/>

© А. П. Бочковський

УДК 621.321

Т. С. Гуда

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДНИХ І ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП

Показана актуальність проблеми використання різних видів ламп та проблема їх подальшої утилізації в Україні. Проведений порівняльний аналіз переваг та недоліків їх експлуатаційних характеристик. На прикладі одного з корпусів університету показана енерго-економічна ефективність використання LED-ламп.

Ключові слова: освітлення, енергоефективність, лампи розжарювання, світлодіодні лампи, люмінесцентні лампи, електроенергія, утилізація

Показанная актуальность проблемы использования разных видов ламп и проблема их дальнейшей утилизации в Украине. Проведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков их эксплуатационных характеристик. На примере одного из корпусов университета показана энерго-экономическая эффективность использования LED-ламп.

Ключевые слова: освещение, энергоэффективность, лампы накаливания, светодиодные лампы, люминесцентные лампы, электроэнергия, утилизация

The actuality problem of the use of different type's lamps and the problem of their further use in Ukraine are described. A comparative analysis of the advantages and disadvantages of their operational characteristics is carried out. The economic efficiency of LED-lamps use is shown by the example of one of the University buildings.

Keywords: illumination, power efficiency, glow lamps, light-emitting-diode lamps, fluorescent lamps, electric power, utilization

Актуальність проблеми. Останнім часом у сфері освітлення приміщень все більш актуальним стає використання світлодіодних ламп. Аналіз літературних джерел свідчить про те, що вони поступово витісняють люмінесцентні і звичайні лампи розжарювання. Така ситуація пов'язана з тим, що світлодіодні лампи мають у 2 рази більший термін експлуатації та використовують електроенергію в значно менших кількостях. Тому проблема економії електроенергії за рахунок переходу на сучасні технології освітлення є важливим питанням сьогодення. Її вирішення передбачає заміну звичайних ламп розжарювання і люмінесцентних на LED-лампи, оскільки набагато вигідніше зменшувати споживання електроенергії на освітлення приміщень будівель.

12 Лепихин А. М. Надежность, живучесть и безопасность сложных технических систем [Текст] / А. М. Лепихин, В.В. Москвичев, С. В. Доронин // Вычислительные технологии. 2009. № 6 (14). с. 58-70. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/nadezhnost-zhivuchest-i-bezopasnost-slozhnyh-tehnicheskikh-sistem>

13 Гаенко В.П. Безопасность технических систем: методологические аспекты теории, методы анализа и управления безопасностью. С-Пб.: СВЕН, 2014 г. – 366 с.

14 European Agency for Safety and Health at Work. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://osha.europa.eu/>

15 Centre for research on the epidemiology of disasters [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.cred.be/>

© А. П. Бочковський

УДК 621.321

Т. С. Гуда

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДНИХ І ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП

Показана актуальність проблеми використання різних видів ламп та проблема їх подальшої утилізації в Україні. Проведений порівняльний аналіз переваг та недоліків їх експлуатаційних характеристик. На прикладі одного з корпусів університету показана енерго-економічна ефективність використання LED-ламп.

Ключові слова: освітлення, енергоефективність, лампи розжарювання, світлодіодні лампи, люмінесцентні лампи, електроенергія, утилізація

Показанная актуальность проблемы использования разных видов ламп и проблема их дальнейшей утилизации в Украине. Проведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков их эксплуатационных характеристик. На примере одного из корпусов университета показана энерго-экономическая эффективность использования LED-ламп.

Ключевые слова: освещение, энергоэффективность, лампы накаливания, светодиодные лампы, люминесцентные лампы, электроэнергия, утилизация

The actuality problem of the use of different type's lamps and the problem of their further use in Ukraine are described. A comparative analysis of the advantages and disadvantages of their operational characteristics is carried out. The economic efficiency of LED-lamps use is shown by the example of one of the University buildings.

Keywords: illumination, power efficiency, glow lamps, light-emitting-diode lamps, fluorescent lamps, electric power, utilization

Актуальність проблеми. Останнім часом у сфері освітлення приміщень все більш актуальним стає використання світлодіодних ламп. Аналіз літературних джерел свідчить про те, що вони поступово витісняють люмінесцентні і звичайні лампи розжарювання. Така ситуація пов'язана з тим, що світлодіодні лампи мають у 2 рази більший термін експлуатації та використовують електроенергію в значно менших кількостях. Тому проблема економії електроенергії за рахунок переходу на сучасні технології освітлення є важливим питанням сьогодення. Її вирішення передбачає заміну звичайних ламп розжарювання і люмінесцентних на LED-лампи, оскільки набагато вигідніше зменшувати споживання електроенергії на освітлення приміщень будівель.

Метою статті є визначення переваг і недоліків люмінесцентних та світлодіодних ламп, а також висвітлення питання енергозбереження на прикладі альтернативної заміни люмінесцентних ламп на LED-лампи в одному з корпусів Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Аналіз останніх досліджень. На сьогоднішній день існують різні джерела освітлення, які класифікуються за типом цоколя та способу перетворення енергії в оптичне випромінювання [4]: лампи розжарювання, галогенні лампи розжарювання, розрядні лампи (люмінесцентні лампи, компактні люмінесцентні лампи, ртутні лампи високого тиску, металогалогенні лампи, натрієві лампи високого тиску, світлодіодні). Найбільш поширеними на сьогодні все ще залишаються лампи розжарювання, яких на даний час існує понад 1600 типів [4].

Лампа розжарювання складається зі скляної колби, у середині якої знаходиться нитка розжарювання і розряджене повітря або суміш аргону (криптон, ксенон) з азотом [1, 4]. Азот служить електричним ізолятором, а аргон (криптон і ксенон) – теплоізолятором. Але криптон і ксенон найбільш ефективні за аргон [4].

У галогенній лампі у скляній колбі знаходиться спіраль з тугоплавкого вольфраму, а сама колба заповнена інертним газом галогенів бромом чи йодом [1, 4]. Газ взаємодіє з випарами вольфраму у результаті утворюється галогенід вольфраму, який осідає на поверхні колби. Атоми вольфраму вивільняються на спіралі і повертаються на тіло розжарення. Галогенні лампи є надзвичайно компактними, дозволяють зменшувати витрати енергії і характеризуються більш тривалим терміном дії.

В останні десятиріччя лампи розжарювання почали витіснятися газорозрядними лампами низького та високого тиску. Вони використовують як газ аргон, пари металів (ртуть, натрій) або їх суміш [4]. Проте більшість з них працює у парах ртуті. Найбільш поширеними з них є люмінесцентні лампи, у яких світловий потік визначається в основному світінням люмінофора під впливом ультрафіолетового випромінювання, яке випромінюється під впливом електричного струму [1, 3]. Цей тип ламп широко застосовуються для загального освітлення, оскільки світлова віддача і термін служби в кілька разів більший, ніж у ламп розжарювання.

Люмінесцентні ртутні лампи високого тиску мають менші габаритні розміри, а температура навколишнього середовища не впливає на їх характеристики [4]. Їх використовують для зовнішнього освітлення, освітлення високих приміщень, де не вимагається якість передачі кольору. Спектр ртутної лампи високого тиску наближається до спектра денного світла [4]. Зважаючи на актуальну проблему утилізації люмінесцентних ламп варто детальніше наголосити на переваги та недоліки цього виду освітлення в порівнянні з світлодіодними.

Принцип дії металогалогенних ламп ґрунтується на електролюмінесценції. В них крім ртуті й аргону, використовують сполуки з I, Br, Cl [4], тому що галогеніди багатьох металів випаровуються легше, ніж самі метали, і не руйнують кварцове скло.

Одними з найефективніших джерел світла є натрієві лампи високого тиску [4]. Як правило вони застосовуються для освітлення парків, торгових центрів, доріг, де не важливий колір освітлення.

Світлодіодні лампи або LED-лампи належать до екологічно безпечних через відсутність в них ртуті. У патроні лампи знаходиться електронна регулююча апаратура, завдяки якій відбувається запалювання лампи та підтримання її випромінювання з високими частотами мерехтіння [1].

Аналіз літературних джерел [1-4] дозволив узагальнити дані про світловіддачу та термін експлуатації різних джерел світла (табл. 1).

Виклад основного матеріалу. Енергозберігаюча лампа починає витісняти люмінесцентні лампи та лампи розжарювання. Це пов'язано з тим, що випромінювання світла енергозберігаючої лампи при однаковій потужності більша, ніж у лампи розжарювання та люмінесцентної, а термін їх експлуатації на багато довший (див. табл. 1).

Тому, на сьогодні, застарілими технологіями в напрямку освітлення є лампи розжарювання. Через високе енергоспоживання ці лампи недоцільно використовувати у побуті, оскільки 95% енергії витрачається на нагрів лампи і тільки 5% на подачу світла [4]. Короткий термін служби є також вагомим аргументом, оскільки лампа розжарювання в середньому експлуатується до 1000 годин, коли люмінесцентна або світлодіодна лампа працює в 10 або 100 раз довше відповідно (див. табл. 1). Таким чином, експлуатаційна заміна ламп розжарювання на люмінесцентні дозволяє зменшити витрати в 5 разів, а заміна на світлодіодні – в 10 разів.

Таблиця 1

Загальна характеристика джерел світла [1, 4]

Характеристика	Тип лампи						
	розжарювання	галогенна	люмінесцентна	ртутна високого тиску	металогалогенна	нагріва високого тиску	світлодіодна
Світлова віддача, Лм/Вт	10 – 22	30	50–80	40–60	70–80	до 160	до 100
Термін служби, годин	не перевищує 1000	8000–12000	до 10000–15000	6000 – 15000	6000 – 15000	25000	100000

Для звичайних ламп розжарювання при збільшенні напруги живлення на 2 %, потужність лампи зростає на 3 %, світловий потік – на 7 %, а світлова віддача всього – на 4 %, при цьому термін служби знижується на 25 % [4]. Порівнюючи люмінесцентні та світлодіодні лампи за показником економії при енергоспоживанні найвигоднішими є світлодіодні, оскільки світлодіодні споживають у 2-2,5 рази менше енергії, ніж люмінесцентні. За терміном служби люмінесцентна лампа у 10 раз менше експлуатується ніж світлодіодна [5].

Не менш важливою характеристикою є показник міцності. Світлодіодна лампа є більш безпечна, оскільки вона складається з алюмінієвого корпусу, а не зі скла. Також світлодіодні лампи є стійкими до механічних впливів, що пояснюється відсутністю ниток розжарювання і скляних елементів. У свою чергу світлодіод у лампі є електро – та пожежобезпечним, через те що він є низьковольтним і малонагрівальним приладом.

Оскільки світлодіоди працюють від постійного струму, на відміну від люмінесцентних, які працюють від змінного, у них відсутнє мерехтіння [2]. LED-лампи при миттєвому включенні дають 100% світлового потоку, коли в люмінесцентних спостерігається «ефект розігріву» – при увімкненні лампи вона поступово набирає яскравості [2, 4, 6]. Спектр випромінювання світлодіодних ламп більш наближений до натурального, ніж спектр ламп розжарювання [4]. У люмінесцентних лампах ультрафіолетове випромінювання шкідливо впливає на очі людини, в той час коли у світлодіодних воно відсутнє [3].

Якщо розглядати показник світловіддачі, то у світлодіодних та люмінесцентних ламп він практично однаковий і у 5 разів вищий, ніж у звичайної лампи розжарювання [1]. Таким чином, звичайні лампи розжарювання значно поступаються у своїх експлуатаційних характеристиках, ніж люмінесцентні та світлодіодні лампи (табл. 2).

Визначення переваг та недоліків заміни люмінесцентних ламп в корпусі №5 Івано-Франківського національного технічного університету на світлодіодні (LED). Корпус складається з 5 поверхів і підвального приміщення, яке підлаштоване під навчальні аудиторії. В середньому на кожному поверсі знаходиться по 25 приміщень, з яких 12

складають навчальні аудиторії, загальний коридор, також враховуються сходові марші будівлі, де розташовані світильники. Загальна кількість світильників у корпусі становить приблизно 480 штук, більшість з яких вміщує в собі 2 лампи. Загальна кількість люмінесцентних ламп в корпусі становить 960 штук, потужність кожної – 20 Вт.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика люмінесцентних і світлодіодних ламп

Тип ламп	Переваги	Недоліки
Люмінесцентна	- термін служби до 10000 годин; - різна гамма кольорів світлового потоку; - високий рівень освітленості на робочих поверхнях; - раціональне використання при освітленні складських приміщень; - форма та розміри дозволяють зменшити витрати на пакувальні матеріали; - спектральні характеристики ламп дозволяють забезпечити більш правильну передачу кольору	- високий відсоток наявності парів ртуті; - чутливість до температури навколишнього середовища; - громіздкість лампи; - висока ймовірність не запалення лампи при зниженні напруги більше ніж на 10%; - властива пульсація (мерехтіння) світлового потоку, що вимагає застосування спеціальних схем включення; - довгий розігрів до максимального рівня освітлення - максимальна робоча температура не перевищує понад 100°C
Світлодіодна	- термін служби – 100000 годин - відсутнє розсіювання світла; - стійка до ударів, вібрацій; - не чутливі до температури навколишнього середовища; - вологостійкість; - відсутність парів ртуті; - відсутність ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання; - великий асортимент вибору відтінків кольорів світла; - має направлене світло, кут розсіювання становить до 170°; - максимальна робоча температура не перевищує 50°C	- використання великої кількості ламп для створення необхідного рівня освітлення; - необхідність наявності спеціальних світильників; - висока ціна

Навчальний процес в університеті складається з періоду аудиторного навчання, практики і канікул. При розрахунках витрат електроенергії необхідно враховувати проведення пар для очної та заочної форм навчання, а також світовий час у весняно-осінній та зимовий періоди. На весняно-осінній період припадає приблизно 139 робочих днів, на зимовий – 42. Для заочної форми навчання цей показник становить приблизно 60 днів у весняно-осінній період та приблизно 20 днів у зимовий період. Час роботи лампи у весняно-осінній період становить в середньому 4 години, а у зимовий період – 7 годин. Також необхідно враховувати, що при проведенні пар для заочної форм навчання використовується приблизно 1/3 аудиторій і заняття проводяться у вихідні дні. Енерговитрати (Р) на освітлення приміщень розраховуються за формулою [6]:

$$P = p \times t \times n, \quad (1)$$

де p – потужність лампи (кВт-год), t – час роботи 1 лампи (год), n – кількість ламп.

Результати розрахунків наведені у табл. 3. Як видно, при застосуванні люмінесцентних ламп (ЛЛ) за весняно-осінній період буде спожито 5800,8 кВт-год за період, а у зимовий період – 11299,2, в той час коли при застосуванні світлодіодних ламп (СД) буде споживатись, відповідно, 3480,5 і 6779,5 кВт-год за період. За рік енерговитрати будуть становити при освітленні люмінесцентними лампами 17100 кВт-год за рік, а

світлодіодними – 10260 кВт-год за рік. Таким чином, економія енерговитрат при заміні люмінесцентних ламп на світлодіодні становитиме 6840 кВт-год за рік. Аналізуючи енерговитрати люмінесцентних ламп і світлодіодних за різні періоди, можна стверджувати, що світлодіодні споживають майже у 2 рази менше електроенергії.

Таблиця 3

Порівняння енерговитрат використання люмінесцентних і світлодіодних ламп в залежності від періоду року на прикладі одного з корпусів ІФНТУНГ

Характеристика	Весняно-осінній період				Зимовий період			
	Очна		Заочна		Очна		Заочна	
	ЛЛ (20Вт)	СД (12Вт)	ЛЛ (20Вт)	СД (12Вт)	ЛЛ (20Вт)	СД (12Вт)	ЛЛ (20Вт)	СД (12Вт)
Кількість робочих днів/годин	42 / 294		20 / 60		139 / 556		60 / 240	
Кількість ламп	960		130		960		130	
Споживання електроенергії в корпусі, кВт-год за період	5644,8	3386,9	156,0	93,6	10675,2	6405,1	624,0	374,4
Різниця енерговитрат (кВт-год за період)	2257,9		62,4		4270,1		249,6	
Загальна різниця енерговитрат (кВт-год за період)	2320,3				4519,7			
Економія грн/рік при щомісячному споживанні за тарифами на 1.03.2017 р.	3898,1				7593,1			
Загальна річна економія, грн.	11491,2							

Одночасно з вирішенням проблеми енергоефективності вирішується проблема зменшення забруднення навколишнього середовища. Впровадження політики енергоефективного освітлення та широкого використання люмінесцентних ламп в Україні як предмету енергозбереження не враховує факт, що такий вид ламп містить ртуть. На території України постає серйозна проблема утилізації та переробки люмінесцентних ламп у результаті відсутності необхідної кількості пунктів їх збору. Утилізація люмінесцентних ламп є необхідною. Оскільки відпрацьовані лампи, які безконтрольно викидаються, належать до небезпечних побутових відходів, через наявність парів ртуті. Також невелика кількість виробників зазначає на упаковці люмінесцентних ламп про необхідність вжити заходи з демеркуризації, в разі розбиття скляної колби, та про передання відпрацьованих ламп спеціальним установам на утилізацію [1, 2]. За невиконання вимог щодо поводження з відходами на фізичних осіб накладається штраф у розмірі від 340 до 1360 грн., на посадових осіб та громадян – суб'єктів підприємницької діяльності – від 850 до 1700 грн.

На території міста Івано-Франківська розташовано два спеціалізовані пункти збору люмінесцентних ламп для подальшої утилізації – філія «Добробут ЕкоУкраїна», що знаходиться на вул. Максимовича, 11 та магазин «Хаски-Спорт», який розташований на вулиці Васильянок, 68.

Висновки з даного дослідження та перспективи. Світлодіодні лампи – це спосіб зменшення негативного впливу на довкілля. Вони є більш екологічним джерелом освітлення приміщень, оскільки не містять ультрафіолетового випромінювання, яке при тривалому опроміненні сприяє розвитку меланоми, викликає опіки сітківки ока та прискорює процес старіння шкіри. У своєму складі люмінесцентні лампи містять ртуть, яку категорично не можна викидати при пошкодженні з побутовими відходами, на відміну від світлодіодних. Замінивши люмінесцентні лампи, на менш шкідливі та економічні LED-лампи, можна суттєво скоротити електроспоживання в 2 рази.

Проблема утилізації ртуті з люмінесцентних ламп стоїть досить гостра через необізнаність людей про пункти збору лампочок, або взагалі відсутність їх. Тому, через це багато ламп викидається разом з побутовим сміттям, вивозиться на сміттєві полігони, де вже ртуть просочується в ґрунт і підземні води, що в майбутньому може негативно вплинути на стан здоров'я місцевого населення та довкілля в цілому. Розвиток сфери утилізації люмінесцентних ламп та відкритий доступ до інформації про пункти прийому ламп дозволить зменшити забруднення навколишнього середовища.

Література

- 1 Барінова І. А. Сравнительное исследование бытовых осветительных установок: Автореф. дис... канд. техн. наук. – Саранск, 2006. – 22 с.
- 2 Безпека праці та промислова санітарія: курс охорони праці для студентів інженерно-економічного напрямку підготовки / [К. Н. Ткачук, О. Л. Гуменюк, Бивойно Т. П., Денисова Н. М. та інші]; За редакцією К. Н. Ткачука і О. Л. Гуменюк – Чернігів: ЧДТУ, 2010. – С. 770.
- 3 Зелений пакет. «Енергетика. Енергозберігаюча лампочка» : Посібник для вчителя. – Організації з безпеки та співробітництва в Європі, 2010 р. – 255 с.
- 4 Електроосвітлення : конспект лекцій / укладач М. В. Петровський. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 227 с.
- 5 Фонтойном М. Р. Оценка экономичности различных систем искусственного и естественного освещения // Светотехника, 2008. – №1. – С. 14-23.
- 6 Як зекономити електроенергію на заміні лампочок. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/-osvtlennja-perevagi-nedolki-jenergoosshadnih-lamp-45420>.

© Т. С. Гуда

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

УДК 627.132:504.06:330.131.7

*С. В. Атаєв**Науково-виробнича екологічна група
«Потенціал-Еко»*

ДЕГАЗАЦІЯ РІВНЕНСЬКОГО ПОЛІГОНУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Розглядаються особливості реалізації проекту активної дегазації Рівненського полігону твердих побутових відходів. Наводяться результати розрахунків прогнозування синтезу біогазу та описуються рішення по його вловлюванню та утилізації. Оцінюється масштаб поширення парникових газів до і після дегазації. Активна дегазація «старих» полігонів може бути підставою для продовження їх експлуатації.

Ключові слова: тверді побутові відходи, дегазація, транспортування та утилізація біогазу, факельне спалювання, когенераційна установка, матриця впливу

Рассматриваются особенности реализации проекта активной дегазации Ровенского полигона твердых бытовых отходов. Приводятся результаты расчетов прогнозирования синтеза биогаза и описываются решения по его улавливанию и утилизации. Оценивается масштаб распространения парниковых газов до и после дегазации. Активная дегазация «старых» полигонов может быть основанием для продолжения их эксплуатации.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, дегазация, транспортирование и утилизация биогаза, факельное сжигание, когенерационная установка, матрица влияния

The features of realization of project of the active degassing of the Rivne ground of hard domestic wastes are examined. We give biogas synthesis forecasting calculations and describe solutions for its capture and utilization. The scale of distribution of greenhouse gases is estimated before and after degassing. The active degassing «of old» grounds can be founding for continuation of their exploitation.

Keywords: hard domestic wastes, degassing, portage and utilization of biogas, torch incineration, setting of cogeneration, matrix of influence

Актуальність проблеми. Найбільш поширеною та економічно обґрунтованою практикою утилізації твердих побутових відходів (ТПВ) на сьогодні залишається їх захоронення в межах полігонів. Так, наприклад, кількість сміття, що вивозиться на полігони, складає у Нідерландах до 55%, в США – 65%, в Канаді – 96%, в Росії – 97%. Всього на Україні є 4500 сміттєзвалищ та полігонів загальною площею майже 7,8 тис. га, 22% з яких не відповідають вимогам екологічної безпеки [1-3]. Отруєння ґрунтових та поверхневих вод токсичними сполуками, забруднення ґрунтового шару продуктами вилуговування, поява неприємного запаху, розкидання сміття вітром, самовільне загорання полігонів, безконтрольне утворення метану (CH₄) та неестетичний вигляд – це лише частина проблем, що виникають внаслідок експлуатації полігонів. В силу багатьох причин, серед яких основними є недостатня кількість вільних земель під освоєння нових полігонів, відсутність засобів для безпечної експлуатації та рекультивації старих сміттєзвалищ, полігони із систематичними порушеннями регламентів та норм продовжують експлуатуватись. Найбільша кількість таких полігонів у Луганській, Одеській, Херсонській, Харківській та Сумській областях. Із 3536 сміттєзвалищ та полігонів, які потребують рекультивації, фактично рекультивовано 94. В таких умовах виникає необхідність у реалізації природоохоронних заходів на полігонах ТПВ, що

дозволяють перевести ризики їх експлуатації у площину добровільних ризиків, таких ризиків, з якими суспільство буде погоджуватися, адже повністю відмовитись від полігонів ТПВ, навіть таких, які вичерпали свій термін експлуатації, на сьогодні неможливо. Одним із таких найбільш ефективних практичних заходів є дегазація полігонів ТПВ – організований збір та утилізація біогазу (сміттевого газу) [1-5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Утворення біогазу та поширення його емісій за межі полігонів ТПВ сприяє не лише занепокоєнню населення прилеглих територій і погіршенню стану його здоров'я, але і розвитку парникового ефекту. Встановлено, що вплив емісії метану, що є основною складовою біогазу, на кліматичні зміни регіонів є найбільшим серед інших парникових газів [2, 3]. Саме наявність метану у біогазі привертає увагу інвесторів до проектів дегазації полігонів, оскільки при його утилізації виникає можливість продукувати тепло та електричну енергію.

Основною метою при зведенні перших систем збору та утилізації біогазу в США у 70-хх рр. минулого століття була необхідність захисту прилеглих територій полігонів від пожеж та вибухів, що спричинювалися завищеними концентраціями метану [4]. З часом при рості світових цін на традиційні енергоносії, появи лояльної політики з боку країн до компаній, що займаються будівництвом та експлуатацією біогазових станцій, на практиці почали реалізовувати проекти утилізації біогазу не лише із його повним спалюванням, але і з використанням інших технологій утилізації. За даними Міжнародного енергетичного агентства (ІЕА) [4] у 2008 р. виробництво електроенергії на полігонах ТПВ при спалюванні біогазу складало 19279 ГВт·год. Будівництво систем збору та утилізації біогазу на полігонах ТПВ увійшло в практику розвинених країн Європи і Північної Америки. Зокрема, у США з метою отримання тепла та електроенергії використовуються понад 150 великих полігонів. Біогазові установки у США утилізують до 4,3 млрд. м³/рік біогазу. У Німеччині діє близько 4 тисяч біогазових установок (половина працюючих у світі). За прогнозами Міжнародного енергетичного агентства (ІЕА) при зростанні кількості ТПВ у світі попит на електроенергію, вироблену на полігонах ТПВ, зростатиме.

У законодавстві України є норми, що вимагають розробки системи збору та утилізації біогазу на полігонах ТПВ. Відповідно до ст. 35-1 Закону України «Про відходи» «забороняється проектування, будівництво та експлуатація полігонів побутових відходів без оснащення системами вилучення та знешкодження біогазу». У ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування» зазначається: «При проектуванні полігонів ТПВ доцільно передбачати утилізацію біогазу, що утворюється при анаеробному розкладанні органічної складової відходів. Біогаз може використовуватись як паливо для енергетичних установок (котлоагрегати, промислові печі, стаціонарні двигуни-генератори) або для заправки в балони». Про необхідність процесу дегазації полігонів ТПВ сказано і у «Правилах з технічної експлуатації полігонів твердих побутових відходів» та «Правилах експлуатації полігонів побутових відходів».

На вітчизняних полігонах найефективніше себе зарекомендувала технологія активної дегазації [1-6]. Активна система дегазації ґрунтується на зборі біогазу за допомогою газових свердловин, в яких розташовуються перфоровані труби, що підключаються до газопереміщуючого обладнання – компресора або вентилятора і системи газопроводів. Активну систему дегазації полігонів рекомендують норми ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування». У цих же нормах наведено критерії ефективної роботи системи: «обсяги накопичених відходів мають складати не менше 1 млн. т, а середня глибина полігону більше 10 м». Вважається, що при виконанні цих умов система дегазації працює ефективно, оскільки на полігоні виділяється необхідний об'єм біогазу за рахунок зрілої стадії метаногенезу.

Метаногенез, як кінцева фаза анаеробної біодеструкції відходів, залежить від морфологічного складу відходів і наявності компонентів, що сприяють біодеструкції. Рослинні залишки, папір, текстиль, деревина та інші органічні фракції, що містяться у складі ТПВ, збільшують виділення біогазу та концентрацію в ньому метану [5, 6]. Перші

15-20 років 1 м^3 відходів при розкладанні може виділяти $1,0\text{-}1,5 \text{ м}^3/\text{рік}$ біогазу. Період повного розкладання складає близько 50 років. На генерування біогазу також впливає вологість і температура ТПВ, щільність їх укладання та режим експлуатації полігону.

Окрім об'єму біогазу, що може виділяти полігон, важливим питанням при реалізації проекту дегазації є шляхи його подальшого використання. Біогаз спалюють на різних технологічних установках з метою генерації тепла та електричної енергії [4]. Надалі вироблене тепло може використовуватись для опалення інфраструктури полігону ТПВ, самої біогазової станції, а електроенергія постачатись у об'єднану енергетичну систему країни. Зокрема, біогазові проекти з виробництвом електроенергії були реалізовані у містах Маріуполі, Вінниці та Києві. Фактична потужність біогазової станції у Маріуполі складає 170 кВт, у Вінниці – 1,2 МВт (рис. 1). Найбільш вдалим біогазовим проектом на Україні фахівці вважають експлуатацію п'ятірки біогазових двигунів компанії TEDOM потужністю 177 кВт кожний на полігоні площею 36 га м. Києва (рис. 1), на якому вже накопичено до 10 млн. т відходів. Крім того, планується введення у експлуатацію газопоршневої установки GE Jеbacher потужністю 1,1 МВт в м. Бориспіль.



Рис. 1. Біогазові станції на полігонах ТПВ у м. Вінниці (зліва) та м. Києві (справа)

Окрім генерації енергетичних ресурсів на практиці використовують і спалювання біогазу у факельних установках. Розглядаються різні варіанти утилізації: паралельне виробництво енергетичних ресурсів і факельне спалювання надлишкового газу, повне факельне спалювання, варіанти резервування, коли факельні установки використовуються лише при надзвичайних (аварійних) ситуаціях тощо. Практично кожен проект дегазації вітчизняних полігонів має у своєму складі факельні установки. Так, на полігоні м. Маріуполя експлуатується факельна установка HOFGAS-Ready 800. Факельні установки згаданого виробника використовуються для утилізації біогазу на полігонах міст Алушта, Ялта та Львів (рис. 2). На Вінницькому полігоні експлуатується факельна установка Naase.

З екологічної точки зору спалювання біогазу в установках з різними тепловими двигунами та факелах призводить до зменшення емісій метану та інших парникових газів в районі полігонів ТПВ, але при згоранні біогазу у повітря викидаються оксиди азоту (NO_x), оксид вуглецю (CO), оксиди сірки (SO_x), сажа (C) та ін. Продукти спалювання біогазу багато в чому схожі до процесу спалювання комерційного природного газу. Різниця полягає в тому, що біогаз, на відміну від природного газу, у своєму складі має більше домішок (зокрема, сірководень (H_2S)), питома вага яких може бути різною в залежності від ефекту очистки. Домішки зменшують теплотворну функцію біогазу та сприяють формуванню більшого спектру емісій продуктів згорання.

Основне призначення активної дегазації полягає у зменшенні емісії біогазу шляхом його примусового вловлювання та подальшого спалювання. Але якщо процес дегазації передбачає економічно необґрунтований відбір біогазу для виробництва енергетичних ресурсів, тоді такий проект може бути не реалізованим. А це втрачені екологічні ефекти –

припинення викидів метану, зменшення токсичності фільтрату, відновлення буферних екосистем тощо, що тягнуть за собою другорядні соціально-економічні ефекти – отримання прибутків від продажу одиниць скорочення викидів та електроенергії за «зеленим» тарифом, додаткові робочі місця, залучення інвестицій у біоенергетику, покращення стану здоров'я населення та зміна громадської думки щодо системи поводження із відходами, переведення ризиків експлуатації полігонів ТПВ, які вичерпали свій термін, у площину добровільних ризиків, ризиків, з якими погоджується суспільство.



Рис. 2. Факельні установки HOFGAS-Ready у системах утилізації сміттьового газу

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. За даними, наведеними у Технічному звіті з оцінки потенціалу відновлювальної енергетики в Україні (Програма USELF) [6], тільки 100 із 700 існуючих великих полігонів є потенційно придатними для організації збору і утилізації біогазу. При цьому виробництво електроенергії може бути практично доцільним тільки на найбільших полігонах в країні, оскільки одним з основних критеріїв економічної доцільності є здатність полігону виробляти достатню кількість біогазу протягом 10-15 років [5]. Такі полігони функціонують біля міст з великою кількістю населення, яке прямо корелює з обсягами утворення і накопичення відходів. Найбільш перспективними серед таких є полігони від міст Чернівці, Дніпропетровськ, Донецьк, Орджонікідзе, Хмельницький та Львів. Загальний розрахунковий обсяг енергії, яка може вироблятися зі звалищного газу на цих полігонах, становить біля 48 МВт, коливаючись від 600 кВт до більш ніж 5 МВт на рівні індивідуальних майданчиків. Розрахунки потенційної енергетичної потужності базуються на даних щодо обсягів накопичених відходів, але прогнозування об'ємів утворення біогазу залежить від віку полігону, кількості опадів, складу та товщини шару відходів тощо.

Визначення енергетичного потенціалу полігонів часто базується на недостовірних даних про морфологічний склад та об'єм складування відходів, товщину їх шару, в районі полігонів відсутні системи моніторингу за емісіями біогазу, станом фільтрату [2, 3, 5]. Зазвичай, оператори полігонів не володіють повним об'ємом інформації, який необхідний для прогнозування об'ємів біогазу за відомими прийнятими математичними моделями. На більшості полігонах не ведуться дослідження динаміки метаноформуючих факторів. Характер експлуатації полігону також здійснює значний вплив на процес газоутворення. Захоронення будівельних відходів у тілі полігону призводить до нерівномірного розподілу біогазу, а наявність гіпсу – до підвищеного вмісту корозійно-активного сірководню (H_2S) у складі біогазу. На полігонах виникають пожежі, що призводять до вигорання біогазу. При таких умовах частина полігонів з урахуванням вище перерахованих причин на думку багатьох експертів та спеціалістів непридатна для економічно обгрунтованої дегазації.

Зокрема, не відповідає критеріям економічно обгрунтованого відбору біогазу, в тому числі і вимог, наведених у ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів».

Основні положення проектування», Рівненський полігон ТПВ (рис. 3), який був введений у експлуатацію ще у 1959 році. За офіційними даними полігон заповнений відходами більш ніж на 90% та практично вичерпав свою потужність. Однак в силу економічних причин його експлуатація продовжується. При цьому проект рекультивації відсутній. Це викликає невдоволення місцевого населення, ускладнює вивезення відходів з населених пунктів Рівненського району, сприяє погіршенню екологічної ситуації у регіоні.

Постановка завдання. В рамках проведених досліджень наводиться аналіз технічних рішень щодо активної дегазації Рівненського полігону ТПВ (рис. 3), основна увага приділяється екологічним ефектам дегазації. В якості критерію підвищення безпеки полігону за рахунок активної дегазації, який знаходиться на стадії закриття, використовується масштаб поширення парникових газів до і після дегазації. За умови примусової дегазації розглядається можливість збільшення терміну експлуатації полігону.

Виклад основного матеріалу. Загальна площа Рівненського полігону складає 21 га, з яких під відходами зайнято 17 га. В межах території захоронення відходів можна розрізнити умовні робочі карти, які розміщені симетрично відносно центральної дороги та розмежовані відвалами відходів висотою 5 м і більше. В результаті різної висоти робочих карт сформувалась нерівномірна поверхня полігону, яка представлена, переважно, відкритими відходами. У західній частині полігону вона подекуди засипана шаром глини.

В ході геологічних вишукувань було встановлено, що тіло полігону складається з шарів відходів, які характеризуються різним ступенем розкладу. Приблизно 60% відходів від дна полігону насичені фільтратом, який періодично витікає в його західній та південній частині. Глибина відходів на полігоні змінюється від 6 до 20 м. Виходячи з середньої глибини відходів та площі полігону його об'єм складає 2,5 млн. м³.



Рис. 3. Супутниковий знімок Рівненського полігону ТПВ



Рис. 4. Динаміка накопичення ТПВ на Рівненському полігоні

На полігон вивозяться відходи, утворені переважно міським населенням. Загальна кількість вивезених відходів оцінюється оператором полігону на основі кількості та об'єму сміттевозів. Отримані в такий спосіб дані за останні роки експлуатації наведені на рис. 4. Точний морфологічний склад відходів, вивезених на Рівненський полігон ТПВ, невідомий.

Вивезені на полігон відходи складаються в межах умовних робочих карт, експлуатація яких часто залежить від метеорологічних умов. Для складування відходів використовуються бульдозери, які працюють почергово. Подальше ущільнення відходів за допомогою більш важкої техніки не застосовується. По завершенню складування відходів більша їх частина залишається відкритою. Такий режим експлуатації полігону призводить до самозагорання відходів, пожеж, потрапляння опадів в тіло полігону. Синтез біогазу за таких умов постійно зменшується на фоні зростання витрат фільтрату.

Фактори, що описані вище, сприяють зниженню газотвірної здатності Рівненського полігону, досить тривалий період гальмували процес його дегазації. Частина інвесторів відмовлялась від проекту в силу його економічної недоцільності. Було прийнято рішення щодо проведення серії насосних тестів на різних ділянках полігону у різні періоди експлуатації, які підтвердили значний потенціал газоутворення. Подібним чином було реанімовано процедуру дегазації на деяких невеликих за об'ємом полігонах Київської, Івано-Франківської та Сумської областей [2, 3, 5]. Перевагою насосних тестів є можливість отримання додаткової інформації про стан тіла полігону, яка може використовуватись при проектуванні системи збору біогазу. Насосний тест точно визначає склад біогазу, радіус впливу свердловини, що дозволяє встановити швидкість його виходу. За даними насосних тестів на Рівненському полігоні у складі біогазу середній вміст метану (CH_4) складав до 50%, вуглекислого газу (CO_2) – до 35%, кисню (O_2) – до 1%. Всі інші домішки, включаючи сірководень (H_2S), були визначені неточно. Отже, за критеріями, наведеними у ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування», Рівненський полігон ТПВ був не придатний для економічно обґрунтованого збору і утилізації біогазу. При цьому за результатами насосних тестів вміст метану у біогазі свідчив про зрілу стадію метаногенезу і достатню кількість об'єму біогазу для виробництва з нього енергетичних ресурсів на когенераційних установках.

Точний вміст макрокомпонентів у складі біогазу став підставою для прогнозування динаміки його утворення впродовж наступних років експлуатації полігону.

Моделювання газоутворення є найбільш поширеним методом наближеного прогнозування біогазового потенціалу полігону. Частіше за все використовуються математичні моделі першого порядку, де основними розрахунковими параметрами є дані про кількість, склад і вік відходів [2, 5]. Тому, на практиці моделювання виходу біогазу із вітчизняних полігонів, через брак достовірної інформації виникають значні відхилення від реальних даних. В результаті біогазовий потенціал або занижується, що призводить до втрати інвестиційної привабливості дегазації, або завищується, що сприяє збільшенню терміну окупності, зниженню виробництва очікуваних енергетичних ресурсів.

Для прогнозування об'ємів метану Q , що утворюється за період t із відходів Рівненського полігону, скористалися Національною багатокомпонентною моделлю газоутворення, що розроблена для Національного кадастру антропогенних викидів:

$$Q(t) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n A \cdot MWS_i \cdot MWS_{j,i} \cdot k_j \cdot L_{0j,i} \cdot e^{-k_j(t-x)}; \quad (1)$$

$$A = (1 - e^{-k_j}) / k_j; \quad (2)$$

$$L_{0j,i} = DOC_j \cdot DOC_F \cdot 16/12 \cdot MCF_i; \quad (3)$$

де A – нормуючий множник, який коригує підсумовування; MWS_i – загальна маса відходів, які складаються на полігоні за i -ий рік експлуатації, т/рік; $MWS_{j,i}$ – вміст j -ої категорії відходів у загальній масі відходів за i -ий рік експлуатації, %; k_j – постійна швидкості утворення біогазу, 1/рік; $L_{0j,i}$ – потенціал утворення біогазу за i -ий рік експлуатації, т біогазу/т відходів; x – сума років накопичення ТПВ за попередній період, років; DOC_j – загальна маса органічного вуглецю (C), що розкладається в j -ій категорії відходів, т C/т

відходів; DOC_F – вміст органіки, що розкладається в одній тонні відходів, приймається 0,5; MCF_i – фактор корекції метану, що утворюється за i -ий рік експлуатації полігону.

На рис. 5 подано результати прогнозування динаміки утворення біогазу в районі Рівненського полігону ТПВ із урахуванням ефекту дегазації.

Ефективність вловлювання біогазу на Рівненському полігоні складає 50%, а витрата біогазу в системі – 400 м³/год.

Отже, поява системи збору і утилізації біогазу продовжила термін експлуатації Рівненського полігону до 2030 року, робота якого залишалась під питанням. При цьому об'єми відходів, які може прийняти полігон за умови експлуатації системи збору і утилізації біогазу, були скориговані у сторону зменшення.

На основі серії проведених насосних тестів та результатів прогнозування витрат біогазу для його збору було вирішено облаштувати 26 газозбірних свердловин (рис. 6). Свердловини споруджувались в товщі відходів на глибині 1,5-3,5 м, що забезпечувало можливість подальшої безперешкодної експлуатації полігону. За допомогою компресорної установки в кожній свердловині створювалось розрідження до 1,0 кПа, яке необхідне для відкачування біогазу. Зібраний біогаз від свердловин надходив у газозбірні пункти. Для цього у траншеях прокладались трубопроводи біогазу (рис. 7) з ухилом у бік свердловини для стікання конденсату. В середині газозбірних пунктів знаходились точки підключення свердловин, через які зібраний біогаз потрапляв до магістрального газопроводу. Магістральний газопровід пронизував всі газозбірні пункти та транспортував біогаз до майданчика під технологічне обладнання елементів системи утилізації біогазу.

Під час транспортування біогазу внаслідок негерметичності обладнання передбачаються його технологічні втрати, які є додатковим фактором забруднення повітря прилеглих територій [3, 5]. Втрати біогазу із трубопроводів сумуються як втрати біогазу при їх умовній герметичності, забезпеченні продування та заповнення мережі біогазом в цілому. Повні втрати біогазу при експлуатації трубопроводів системи дегазації Рівненського полігону складатимуть 5,9 тис. м³/рік. Втрати біогазу із магістрального трубопроводу $q_{вт}$ середнім діаметром труб $D_{ср}$ прогнозувались на

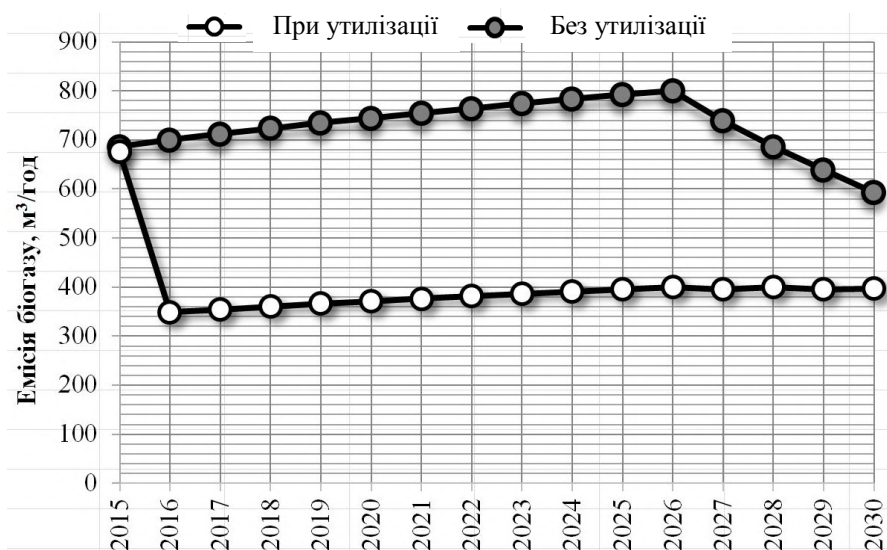


Рис. 5. Емісії біогазу в районі Рівненського полігону ТПВ



Рис. 6. Газозбірні свердловини



Рис. 7. Прокладання трубопроводів біогазу на полігоні ТПВ

основі залежності:

$$q_{\text{вт}} = 1113,5 \cdot \frac{D_{\text{ср}} \cdot P_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}} \cdot Z_{\text{ср}}}, \quad (4)$$

де $P_{\text{ср}}$ і $T_{\text{ср}}$ – середній тиск (МПа) та температура ($^{\circ}\text{K}$) біогазу за певний період експлуатації трубопроводу.

Такі втрати складають 0,004 млн. $\text{м}^3/\text{рік}$.

Кількість біогазу G ($\text{кг}/\text{год.}$), що виділяється через фланцеві з'єднання газозбірних пунктів та мігрує через вентиляційні канали, розраховує за наступною залежністю:

$$G = 7,14 \cdot 10^{-5} \cdot P_{\text{ср}} \cdot m \cdot V \cdot \sqrt{\frac{M}{T}}, \quad (5)$$

де $P_{\text{ср}}$ – середній тиск у газозбірних пунктах, МПа; m – коефіцієнт негерметичності, для газозбірних пунктів приймається $0,002 \text{ год}^{-1}$; V – об'єм газозбірного пункту, м^3 ; M – молярна маса біогазу; T – температура біогазу, $^{\circ}\text{K}$.

Втрати біогазу із газозбірних пунктів дегазації становлять $0,000024 \text{ м}^3/\text{рік}$, а втрати із компресорної установки з урахуванням режиму її роботи – $4,8 \text{ тис. м}^3/\text{рік}$.

Отже, втрати біогазу при його транспортуванні складають до $0,015 \text{ млн. м}^3/\text{рік}$. Ці втрати одночасно призводять до забруднення повітря емісіями біогазу на фоні існуючого в районі полігону – біогазу, що не може утилізуватися системою дегазації (за попередніми підрахунками $2,6 \text{ млн. м}^3/\text{рік}$). Загальна маса біогазу, що виділяється у повітря через неорганізовані джерела дегазації Рівненського полігону ТПВ, складає $13,2 \text{ т}/\text{рік}$ або $0,42 \text{ г}/\text{с}$. Серед найбільших забруднювачів (макро- і мікроскладових біогазу) варто виділити метан (CH_4) – $6,6 \text{ т}/\text{рік}$ або $0,21 \text{ г}/\text{с}$; вуглекислий газ (CO_2) – $4,63 \text{ т}/\text{рік}$ або $0,15 \text{ г}/\text{с}$; аміак (NH_3) – $0,27 \text{ т}/\text{рік}$ або $0,0086 \text{ г}/\text{с}$; метилмеркаптан (CH_3SH) – $0,27 \text{ т}/\text{рік}$ або $0,0086 \text{ г}/\text{с}$.

До складу компресорної установки системи утилізації біогазу входить відцентрова газодувка, а також включений вузол підготування біогазу та факел для його перманентного спалювання. Біогаз з магістрального газопроводу спочатку подається в вузол підготування, в якому від нього відокремлюється волога та пил. Відокремлена волога з рештками конденсату з магістрального газопроводу зливається в дренажний колодязь. Далі підготовлений біогаз потрапляє в відцентрову газодувку, яка зі сторони всмоктування створює розрідження, необхідне для відкачування біогазу, а зі сторони нагнітання – надлишковий тиск, необхідний для роботи факельної установки та когенераційного модуля (рис. 8). Після газодувки біогаз подається на факел для перманентного спалювання, або в когенераційний модуль для утилізації з виробництвом електроенергії та тепла.

У системі дегазації Рівненського полігону утилізація зібраного біогазу шляхом факельного спалювання виступає не основним технологічним рішенням. Факельна установка використовується в тому випадку, якщо у системі збору біогазу з'являється його надмірна кількість. Такий варіант перманентного спалювання використовується як метод резервування у роботі системи дегазації. На випадок відмови обладнання або інших надзвичайних ситуацій факельна установка здатна утилізувати весь об'єм зібраного



Рис. 8. Загальний вигляд когенераційної установки для утилізації біогазу на Рівненському полігоні ТПВ

біогазу. Основним робочим варіантом утилізації біогазу є виробництво електроенергії шляхом його спалювання у стаціонарному поршневному двигуні (рис. 8).

Факельний спосіб спалювання органічного палива, на відміну від шарового, полягає в тому, що частинки палива рухаються разом з газоповітряним потоком в топковому просторі [1, 4, 5]. Цим забезпечується дуже ретельне перемішування частинок палива з повітрям, інтенсивне їх горіння, виходить більш однорідний, стійкий факел горіння і відбувається повне вигорання горючих елементів. При цьому продуктами згорання біогазу є оксиди азоту у перерахунку на диоксид азоту (NO_x), оксид вуглецю (CO), оксиди сірки у перерахунку на диоксид сірки (SO_x), сажа (C), неметанові леткі органічні сполуки (НЛОС), метан (CH_4), сірководень (H_2S) та диоксид вуглецю (CO_2).

Об'ємна витрата W_v ($\text{м}^3/\text{с}$) та швидкість виходу U ($\text{м}/\text{с}$) біогазу, що спалюється у факельній установці, розраховувались за залежностями [7]:

$$W_v = 0,785 \cdot U \cdot d_0^2, \quad (6)$$

$$U = 0,5 U_{зв}; \quad (7)$$

$$U_{зв} = 91,5 \cdot \left[K \cdot \frac{(T_0 + 273)}{\mu_r} \right]^{0,5}; \quad (8)$$

де $U_{зв}$ – швидкість поширення звуку при спалюванні біогазу, $\text{м}/\text{с}$; d_0 – діаметр сопла факельної установки, м ; K – показник, що залежить від температури T_0 ($^\circ\text{C}$) спалювання та умовної молекулярної маси біогазу μ_r (14,19 $\text{кг}/\text{моль}$), 1,45.

Швидкість поширення звуку становитиме $U_{зв} = 93,5$ $\text{м}/\text{с}$, а швидкість виходу газоповітряної суміші – $U = 47$ $\text{м}/\text{с}$. При спалюванні біогазу у факелі виділяється сажа (C).

Валові W_b ($\text{т}/\text{рік}$) та максимальні разові $W_{\text{мр}}$ ($\text{г}/\text{с}$) викиди продуктів факельного спалювання біогазу в районі Рівненського полігону розраховувались за залежностями [7]:

$$W_b = 0,001 \cdot q_i \cdot W_{\text{мр}} \cdot T, \quad (9)$$

$$W_{\text{мр}} = 0,278 \cdot q_i \cdot W_g, \quad (10)$$

$$W_g = 2826 \cdot U \cdot d_0^2 \cdot \rho_H, \quad (11)$$

де q_i – граничний викид i -ої забруднюючої речовини при факельному спалюванні біогазу, $\text{кг}/\text{кг}$, визначається розрахунковим способом для метану (CH_4), сірководню (H_2S) і діоксиду вуглецю (CO_2), для інших речовин – за довідковими даними [7]; T – час роботи факельної установки, $\text{год}/\text{рік}$; W_g – масова витрата біогазу, $\text{кг}/\text{хв}$.

Отже, спалювання біогазу у факельній установці призводитиме до локального забруднення наступними продуктами згорання: оксиди азоту (NO_x) – 0,0004 $\text{т}/\text{рік}$ або 0,4937 $\text{г}/\text{с}$; оксид вуглецю (CO) – 0,1111 $\text{т}/\text{рік}$ або 1,0286 $\text{г}/\text{с}$; оксиди сірки (SO_x) – 0,0001 $\text{т}/\text{рік}$ або 0,0247 $\text{г}/\text{с}$; сажа (C) – 0,0016 $\text{т}/\text{рік}$ або 0,1234 $\text{г}/\text{с}$; НЛОС – 0,0016 $\text{т}/\text{рік}$ або 0,1234 $\text{г}/\text{с}$; метан (CH_4) – 0,0000001 $\text{т}/\text{рік}$ або 0,0007 $\text{г}/\text{с}$; диоксид вуглецю (CO_2) – 0,1947 $\text{т}/\text{рік}$ або 1,3619 $\text{г}/\text{с}$. Вище встановлені продукти згорання були характерні лише для ситуацій, коли у системі дегазації витрата біогазу перевищуватиме 400 $\text{м}^3/\text{год}$ (подія малоймовірна), та при виникненні аварій, коли система утилізації відмовила і факельна установка спалює весь зібраний об'єм біогазу. При реалізації згаданих аварійних ситуацій максимально-можливі концентрації продуктів спалювання на межі санітарної зони (500 м) і житлової забудови не перевищуватимуть встановлені норми допустимих концентрацій. Крім того, було змодельовано режим експлуатації факельної установки, при якому виникають несприятливі метрологічні умови, а саме, повний штиль. За таких умов при факельному спалюванні біогазу концентрація метану (CH_4) на межі найближчої житлової забудови становитиме 0,0000001 $\text{мг}/\text{м}^3$ при масі викиду 0,0007 $\text{г}/\text{с}$. Слід зазначити, що до експлуатації системи дегазації полігону концентрація метану (CH_4) на межі хутора Нарада складала 0,138 $\text{мг}/\text{м}^3$, що вже викликало дискомфорт для населення при нормі 50 $\text{мг}/\text{м}^3$.

Основні об'єми продуктів згорання біогазу для нормальної експлуатації системи дегазації Рівненського полігону ТПВ пов'язані із роботою стаціонарного двигуна (рис. 8), який одночасно генерує електроенергію та тепло через процес когенерації.

По класу енергетичних установок когенераційні модулі, в тому числі і газопоршневі двигуни (рис. 8), відносяться до класу міні-ТЕЦ [4-6]. Коефіцієнт корисної дії таких установок складає 92-95%. Популярність двигун-генераторних установок на вітчизняних полігонах для утилізації біогазу (рис. 1) обумовлена наявністю широкого вибору моделей і типів обладнання від різних виробників, обізнаністю виробничого персоналу про принципи роботи двигуна, який дуже схожий на автомобільний двигун [6]. Зазвичай, це двигун з іскровим запалюванням, який працює на природному газі, в модифікації, яка придатна працювати на газі з нижчою теплотворною спроможністю. Стаціонарні двигуни є генераторами реактивної потужності. Це означає, що в залежності від рівня вихідної потужності і компенсації коефіцієнта потужності може виникати таке явище, як самозбудження генератора, яке призводить до зростання вмісту вищих гармонік в струмі. Це, в свою чергу, може впливати на стабільність підключення до енергомережі, особливо у випадку енергетичних систем меншої потужності. Станції на біогазі мають очевидну перевагу, оскільки можуть працювати в режимі базисного навантаження в умовах контрольованого і регульованого надходження палива. Це дає можливість відстежувати навантаження і зменшувати дисбаланс напруги у системі, який створює в мережі ефект пульсації напруги. Станції на біогазі зазвичай мають потужність не більше 5 МВт. Проектована станція має діапазон потужності 0,5-0,7 МВт.

Валовий викид i -ої забруднюючої речовини E_i (т/рік), що надходить в повітря з димовими газами при згоранні біогазу у двигуні, визначається за залежністю [8]:

$$E_i = 10^{-6} \cdot k_i \cdot B \cdot Q_i^r, \quad (12)$$

$$B = B_v \cdot \rho_n, \quad (13)$$

$$Q_i^r = Q_{iv}^r / \rho_n, \quad (14)$$

$$Q_{iv}^r = 358,2[\text{CH}_4] + 126,3[\text{CO}] + 108[\text{H}_2] \quad (15)$$

де k_i – показник емісії i -ої забруднюючої речовини, г/ГДж, визначається розрахунковим способом або за довідковими даними [8]; B – витрата біогазу, т/рік; Q_i^r – нижча теплота згорання палива, МДж/кг; B_v – об'єм біогазу, що спалюється, тис. м³; Q_{iv}^r – об'ємна нижча теплота згорання біогазу при нормальних умовах, МДж/нм³; ρ_n – густина біогазу при нормальних умовах, 1,24 кг/нм³; CH_4 , CO_2 і H_2 – вміст макрокомпонентів у біогазі, %.

При експлуатації стаціонарного двигуна процес утилізації зібраного біогазу на Рівненському полігоні ТПВ сприяє утворенню наступної маси парникових газів: азоту оксид (N_2O) – 0,0921 т/рік або 0,0029 г/с; метан (CH_4) – 0,0460 т/рік або 0,2107 г/с; диоксид вуглецю (CO_2) – 3050,5 т/рік або 1,5119 г/с. Оскільки в районі полігону присутнє фонове забруднення емісіями біогазу, який не вловлюється системою дегазації (за попередніми підрахунками 2,6 млн. м³/рік), був виконаний прогноз забруднення повітря з урахуванням фону та системи утилізації біогазу (враховувалась одночасна експлуатація стаціонарного двигуна і факельної установки). Основними забруднювачами повітря в районі Рівненського полігону ТПВ є мікрокомпоненти біогазу – сірководень (H_2S) – 0,004-0,006 мг/м³, аміак (NH_3) – 0,01-0,138 мг/м³, ксиліл (C_8H_{10}) – 0,01-0,08 мг/м³ та толуол ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$) – 0,24-0,56 мг/м³; за концентраціями макрокомпонент біогазу (метану та вуглекислого газу) в районі полігону спостережень не ведуть. Зокрема, інструментальними замірами до будівництва системи дегазації було встановлено, що середня концентрація метану (CH_4) на межі хутора Нарада у теплий період року складає 0,138 мг/м³. Така концентрація метану (CH_4) на відстані від полігону майже 500 м свідчила про зрілу стадію метаногенезу. Після введення в експлуатацію системи дегазації

метан (CH_4) інструментальним способом не був визначений. Це свідчить про значний екологічний ефект для прилеглих територій при дегазації Рівненського полігону ТПВ.

Висновки. Досвід збору і утилізації біогазу на Рівненському полігоні ТПВ свідчить, що активну дегазацію полігонів слід розглядати не лише як інвестиційно привабливий вид діяльності, що дозволяє генерувати та реалізовувати енергетичні ресурси за «зеленим» тарифом, але і як технологічний захід, що спрямований на покращення екологічної ситуації в районі полігону. За рахунок зменшення емісій біогазу на практиці виникає можливість продовження терміну експлуатації полігонів, які вичерпали свій ресурс. Так, при дегазації Рівненського полігону термін його експлуатації було продовжено до 2030 року. При цьому полігон зможе приймати надалі відходи на захоронення, а система дегазації сприятиме зменшенню поширення емісій біогазу під час їх біодеструкції. З врахуванням середньої товщини відходів на полігоні біогаз може мігрувати за межі їх складування на відстань більше 200 м, а продукти самозаймання відходів – до 600 м. Однаково небезпечними та токсичними для населення і природних об'єктів буферних екосистем Рівненського полігону є емісії біогазу та продукти горіння відходів. При експлуатації системи дегазації масштаб поширення біогазу набагато зменшився. Зокрема, емісія метану (CH_4) на межі житлової забудови була повністю відсутня, до будівництва системи дегазації концентрація складових біогазу створювала дискомфорт для населення, відчувалась у повітрі. Імовірність виникнення пожеж на полігоні за рахунок самозаймання відходів зменшилась у двічі, оскільки процес дегазації вловлює до 2,6 млн. м^3 /рік емісій біогазу. Дегазація полігону також вплинула на склад фільтрату. В районі впливу газозбірних свердловин аналізи фільтрату підтвердили зменшення концентрацій нітратів (NO_3^-), аміаку (NH_3), хлоридів (Cl^-) та нітритів (NO_2^-). За прогнозами стан фільтрату при подальшому накопиченні ТПВ покращуватиметься. Активна дегазація полігону стала причиною відновлення деградованих фітоценозів буферних екосистем. При експлуатації системи дегазації слід очікувати і покращення стану ґрунтів прилеглих територій, збільшення біорізноманіття буферних екосистем.

Література

- 1 Коровяка Е.А. Регенерация метана, выделяемого мусорными свалками, и возможности его утилизации в Днепропетровском регионе / Е.А. Коровяка, Е.А. Василенко, Э.С. Манукян // Геотехнічна механіка. – 2014. – №117. – С. 215–224.
- 2 Пухнюк А.Ю. Полевые исследования для оценки потенциала образования биогаза на полигонах твердых бытовых отходов Украины / А.Ю. Пухнюк, Д.В. Куцый, Ю.Б. Матвеев // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». – 2012. – №105. – С. 482–495.
- 3 Пятничко А.И. Результат обследования полигонов ТБО Украины для установления объемов добычи и состава биогаза / А.И. Пятничко, Г.В. Жук // Технические газы. – 2010. – №2. – С. 63–66.
- 4 Куцый Д.В. Тенденции развития технологий энергетической утилизации биогаза с производством электроэнергии на полигонах ТБО / Д.В. Куцый, Ю.Б. Матвеев, А.Ю. Пухнюк // Коммунальная и промышленная теплоэнергетика. – 2011. – т. 33, №6. – С. 64–72.
- 5 Матвеев Ю.Б. Энергетическое использование бытовых отходов / Ю.Б. Матвеев // Твердые бытовые отходы. – 2011. – №4. – С. 10–15.
- 6 ПРОГРАМА ФІНАНСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ (ПРОГРАМА USELF). Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Проектні сценарії для Програми фінансування відновлюваної енергетики в Україні: Біогаз, 2011.
- 7 Методика расчета выбросов вредных веществ в атмосферу при сжигании попутного нефтяного газа на факельных установках. – СПб.: НИИ Охраны атмосферного воздуха, 1997. – 57 с.
- 8 Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Том І. УкрНТЕК, Донецьк, 2004. – 167 с.

Я. С. Коробейникова, Ю. І. Юрас
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

МОДЕЛЮВАННЯ ОБСЯГІВ УТВОРЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В ТУРИСТИЧНИХ ДЕСТИНАЦІЯХ

У статті розглядаються екологічні наслідки туристичної галузі. Виявлено, що туристична діяльність впливає на атмосферне повітря, водні ресурси, ландшафти туристичних дестинацій. Виявлено суттєву пряму кореляційну залежність між показниками туристичних потоків, купівельною спроможністю туристів, кількістю населення туристичних дестинацій та обсягами утворення твердих відходів в межах туристичних дестинацій.

Ключові слова: туристична дестинація, тверді побутові відходи, управління відходами, регресійний аналіз.

В статье рассматриваются экологические последствия туристической отрасли. Выведено, что туристическая деятельность влияет на атмосферный воздух, водные ресурсы, ландшафты туристических дестинаций. Выведена существенная прямая корреляционная зависимость между показателями туристических потоков, покупательной способностью туристов, количеством населения туристических дестинаций и объемами образования твердых отходов в пределах туристических дестинаций.

Ключевые слова: туристическая дестинация, твердые бытовые отходы, управление отходами, регрессионный анализ.

The article deals with the environmental impacts of the tourism industry. The analysis showed that tourist activity affects air, water resources and landscapes within tourist destinations. Significant direct correlation dependence between tourist flows, purchasing power of tourists, population of tourist destinations, and generated solid waste amounts within tourist destinations was revealed.

Keywords: tourist destination, municipal solid waste, waste management, regression analysis.

Постановка проблеми. Туризм є однією з трьох галузей світового господарства, які, незважаючи на світову економічну стагнацію, продовжують розвиватись. Розвиток туризму в Україні тільки підтверджує цю тенденцію. В останні роки Івано-Франківська область показує стійку тенденцію щодо збільшення кількості туристів. Так, у 2015 році кількість туристів становила 1850,3 тис. чол., а з урахуванням клієнтів сільського туризму ця цифра перевищує 2 млн чоловік. Туристичний збір до місцевого бюджету склав 1540,95 тис. грн. В області функціонують близько 400 туристично-рекреаційних закладів на 18,5 тис. місць, послуги розміщення також надають понад 800 садиб сільського зеленого туризму; зареєстровано близько 200 суб'єктів туристичної діяльності, з них 33 мають турсервісну ліцензію [2]. Дані щодо першого півріччя 2016 року вказують на продовження росту галузі. За підсумками 2015 року Івано-Франківська область зайняла третє місце в Україні за загальною кількістю туристів, яким було надано послуги, другі місця в Україні за кількістю внутрішніх туристів і доходом від наданих туристичних послуг. За даними райдержадміністрацій та виконавчих комітетів міст обласного значення у I півріччі 2016 року область відвідали понад 1300 тис. туристів [1]. Проте, на фоні позитивних наслідків цього процесу, простежуємо ряд проблем, перш за все економічного та екологічного характеру, які потребують нагального вирішення в межах туристичних дестинацій. Варто відзначити, що важливою складовою системного аналізу функціонування туристичних дестинацій є саме екологічна. Так, 84% європейських туристів головним критерієм вибору території для відпочинку називають екологічну безпеку території перебування [5].

Системи життєзабезпечення рекреаційних центрів в Українських Карпатах, як правило, формувалися без урахування значної кількості рекреантів, що загострило проблеми водопостачання, водовідведення та поводження з побутовими відходами туристичних destinations. Відсутність програм поводження з відходами в межах туристичних destinations призводить до того, що значна частина твердих відходів, що утворюється тут, незаконно скидається, створюючи цим самим загрозу безпеці людей, порушуючи середовище проживання і зменшуючи рекреаційну цінність destinations [7]. Виходячи з цього, існує нагальна необхідність ідентифікації проблеми відходів в туристичних destinations Українських Карпат, формування системи управління відходами з метою задоволення зростаючого попиту клієнтів щодо екологічно чистих умов відпочинку та відповідно прогнозування можливих обсягів відходів у межах популярних туристичних destinations. Таким чином, актуальними є екологічні дослідження екосистем туристичних destinations й розробка запобіжних науково-технічних засобів з метою мінімізації впливів туристичної діяльності в контексті сталого (збалансованого) розвитку територій рекреаційного природокористування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Традиційні уявлення про те, що туризм є відносно екологічно безпечною галуззю господарства заперечені зараз працями вітчизняних і зарубіжних авторів. Екологічні аспекти функціонування туристичної галузі розглядаються українськими вченими в контексті збалансованого розвитку туризму. Основні напрями забезпечення екологічної безпеки у розвитку туристської індустрії, як складової її збалансованого розвитку, викладені у працях О. А. Воробйова, А. П. Голод, Н. В. Корж, В. І. Куценко, Т. Л. Миронова, В. В. Шарко тощо. Актуальною залишається наукова проблема практичної реалізації забезпечення екологічної безпеки в межах територій туристичних destinations, так як більшість опублікованих праць мають загальний теоретичний характер.

У працях О. І. Федоренко, М. М. Орфанової, О. С. Ісаєва, І. С. Скороход, Г. С. Білик, Т. М. Пушкарьова-Безділь та ін. висвітлені проблеми відходів та функціонування сміттєзвалищ, проте практично не дослідженими залишають проблеми відходів у межах туристичних destinations.

Виділення невирішеної частини загальної проблеми. Традиційно, туристична галузь розглядається як екологічно безпечна галузь господарювання, однак статистичні дані останніх років свідчать, що туризм має негативний вплив на навколишнє середовище, особливо це стосується сфери поводження з відходами у межах туристичних destinations. Серед ряду існуючих проблем, таких як недосконалий облік відходів, відсутність ефективного збору відходів в межах туристичних destinations, недостатня кількість полігонів твердих побутових відходів відповідно до обсягів утворених відходів, невирішеним залишається формування ефективних програм поводження з відходами туристичних destinations. Початковим етапом формування програм є визначення та аналіз чинників, що впливають на обсяг утворених відходів у межах туристичних destinations.

Мета дослідження. Метою дослідження є визначення та аналіз чинників утворення твердих побутових відходів для формування прогнозової моделі обсягів їх утворення на прикладі туристичної destinations Івано-Франківської області.

Виклад основного матеріалу. Практика розвитку туризму, особливо в Українських Карпатах в останні роки показала, що інфраструктура населених пунктів, системи життєзабезпечення, особливості планування поселень виявилися не готові до швидких темпів зростання туристичних потоків. З низкою соціально-економічних проблем нагального вирішення потребують екологічні питання, які актуалізувалися в останні роки на територіях туристичних destinations. За прикладом європейських вчених та громадських активістів з охорони Альп від впливу туристичної діяльності, в нашій пресі та деяких наукових публікаціях висвітлюються екологічні проблеми розвитку туристичних destinations Українських Карпат [6]. Екологічний стан туристичних destinations впливає на систему туризму, оскільки туристична галузь сильніше, ніж всі інші галузі економіки,

залежить від цілісності оточуючого середовища. Таким чином, основними екологічними наслідками розвитку туристичної інфраструктури є зміни первинних ландшафтів, зміни кількісних та якісних показників водних об'єктів туристичних дестинацій, забруднення атмосферного повітря внаслідок впливів на нього транспортної інфраструктури, забруднення довкілля побутовими відходами в межах туристичних дестинацій [4].

Найбільш швидкими темпами туристична діяльність розвивається в межах туристичної дестинації Яремчанської міської ради Івано-Франківської області. Нами проаналізовано систему поводження з відходами в туристичних дестинаціях Яремчанської міської ради. Наявне сміттєзвалище сусіднього м. Надвірна перевантажене через збільшені обсяги побутових відходів з туристичних дестинацій. Крупні суб'єкти туризму, такі як туристичний комплекс «Буковель», власні відходи транспортують до Івано-Франківська, однак це економічно не вигідно та проблемно з точки зору безпеки транспортування. Проблему ускладнює також та обставина, що територія Яремчанської міської ради лежить в межах природно-заповідної зони Карпатського національного парку, де функціонування таких об'єктів, як сміттєзвалища, заборонено законом «Про природо-заповідний фонд України». Як наслідок, там з'являються численні несанкціоновані сміттєзвалища.

Тому, саме проблеми накопичення і управління твердими побутовими відходами у межах туристичних дестинацій є одними з основних недосліджених та невирішених екологічних проблем в туристично-рекреаційній сфері України, а особливо гірської Івано-Франківської області, що є особливо вразливою до антропогенного впливу. Прогнозування кількості утворених відходів та аналіз чинників, які впливають на їх обсяги дозволить розробити ефективні методи поводження з відходами.

Обсяг утворених відходів у межах туристичних дестинацій формується під впливом багатьох факторів, ступінь впливу яких можна оцінити за допомогою статистичних методів обробки даних. Сучасний стан інформаційної забезпеченості дозволяє застосувати багатофакторні моделі з метою встановлення взаємозв'язків між результативною ознакою та основними факторами.

У даному дослідженні поставлено за мету дослідити та проаналізувати вплив факторних величин на обсяг згенерованих відходів в туристичній галузі Івано-Франківської області. Факторами, що впливають на обсяг відходів у межах таких туристичних дестинацій були обрані:

- кількість туристів та екскурсантів (так як у піки туристичних сезонів кількість туристів може значно перевищувати кількість місцевого населення, а відповідно в рази зростає обсяг відходів);
- курс валют (так як це фактор купівельної спроможності туристів, що впливає на обсяг відходів);
- чисельність населення (так як дані щодо обсягів відходів містять дані про відходи, згенеровані як туристами та екскурсантами так і місцевим населенням) [3].

Ефективним засобом реалізації громіздких розрахунків є пакет «Аналіз даних» в програмному комплексі MS Excel, який дозволяє якісно проводити економіко-математичні розрахунки, будувати багатофакторні лінійні та нелінійні моделі тощо.

Взаємодія результуючого показника (Y) з факторними ознаками ($X_1, X_2, \dots, X_n$) традиційно описується рівнянням лінійної багатофакторної регресії.

Як результуючий показник (Y) було обрано показник обсягу утворених відходів, в тис.т., а як факторні величини використано наступні показники:

- X_1 – кількість туристів та екскурсантів, тис. ос.;
- X_2 – актуальний курс валют в Україні, грн./дол.;
- X_3 – кількість наявного населення, тис. ос.

Аналіз впливу даних факторів на обсяги утворених відходів в Івано-Франківській області дозволяє оцінити ситуацію, що склалася у результаті здійснення туристичної діяльності протягом 2000-2015 років.

Спочатку проаналізуємо результати регресійного аналізу даних щодо обсягу відходів у 2000-2009 рр. [8,9]. Отриманий коефіцієнт множинної регресії $R=0,877$ вказує на суттєвий зв'язок між результативним показником та факторними величинами. Щодо значення коефіцієнту детермінації R^2 отриманої кореляційно-регресійної моделі $R^2=0.769$, то залежність обсягу утворених відходів на 76,9% обумовлена обраними факторними величинами.

У результаті розв'язання поставленої мети трифакторного регресійного аналізу, була побудована економіко-математична модель, яка має наступний вигляд:

$$Y = 1,02 - 0,46 \cdot X1 - 1,07 \cdot X2 + 0,53 \cdot X3 \quad (1)$$

Однак більш суттєвими є нові дані за 2010-2015 рр., особливо у зв'язку з врахуванням відходів, утворених у домогосподарствах [8, 9].

Розрахований коефіцієнт множинної регресії $R=0,722$ вказує на щільний зв'язок між результативним показником та факторними величинами. Щодо значення коефіцієнту детермінації R^2 отриманої кореляційно-регресійної моделі $R^2=0.522$, то залежність обсягу утворених відходів на 52,2% обумовлена обраними факторними величинами.

У результаті розв'язання поставленої мети трифакторного кореляційно-регресійного аналізу, було побудовано економіко-математична модель, яка має наступний вигляд:

$$Y = -32,50 - 0,16 \cdot X1 + 0,32 \cdot X2 + 33,20 \cdot X3 \quad (2)$$

Так, як найбільш поширеними у межах туристичних destinations відходами є тверді побутові відходи [8,9], був також здійснений регресійний аналіз для такого виду відходів.

Отриманий коефіцієнт множинної регресії $R=0,779$ вказує на щільний зв'язок між результативним показником та факторними величинами. Щодо значення коефіцієнту детермінації R^2 отриманої кореляційно-регресійної моделі $R^2=0.607$, то залежність обсягу утворених відходів на 60,7% обумовлена обраними факторними величинами.

У результаті розв'язання поставленої мети три факторного кореляційно-регресійного аналізу, було побудовано економіко-математична модель, яка має наступний вигляд:

$$Y = -30,75 - 0,02 \cdot X1 - 0,29 \cdot X2 + 31,86 \cdot X3 \quad (3)$$

У результаті проведення регресійного аналізу залежності обсягу утворених відходів від обраних факторів, таких як кількість туристів та екскурсантів, курс валют та кількість наявного населення, було виявлено щільний зв'язок між ними, на що вказує високий коефіцієнт кореляції. Однак, зважаючи на недосконалість статистичних даних та розуміння того, що частка відходів від туризму у таких популярних туристичних destinations як Яремчанська міська рада, Верховинський, Надвірнянський райони, є насправді вищою, то стає зрозуміло, що вплив фактора кількості туристів та екскурсантів в межах туристичних destinations є більш суттєвим.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті досліджень виявлено, що туристична діяльність є основним чинником екологічних змін туристичних destinations. Основні впливи на довкілля туристичних destinations – зміни первинних ландшафтів, забруднення води, забруднення атмосферного повітря від автомобільних, залізничних та авіаперевезень, накопичення твердих побутових відходів. З використанням програми MS Excel проаналізовано впливи факторних величин на обсяг згенерованих відходів в туристичній destination, Івано-Франківській області. Виявлено, що суттєвими факторами, що впливають на обсяг відходів у межах таких туристичних destinations є кількість туристів та екскурсантів, курс валют, чисельність населення. У результаті проведення регресійного аналізу залежності обсягу утворених відходів від обраних факторів, було виявлено щільний зв'язок між ними, на що вказує високий коефіцієнт кореляції. Окрім того, з метою подальшого прогнозування можливого обсягу відходів в межах туристичних destinations, а особливо твердих побутових відходів, було побудовано відповідні економіко-математичні моделі з урахуванням визначених факторів. З огляду на

зростаючі туристичні потоки в межах туристичних дестинацій в останні роки на перший план тепер постають проблеми вибору ефективних методів управління відходами на цих територіях.

Література

- 1 Довідка про підсумки виконання програми соціально-економічного та культурного розвитку області у I півріччі 2016 року [Електронний ресурс] /Івано-Франківська облдержадміністрація. – Режим доступу: www.if.gov.ua.
- 2 Івано-Франківщина 2015. Туризм – Статистичний довідник. [Електронний ресурс]: / Головне управління статистики в Івано-Франківській області. – Режим доступу: ifstat.gov.ua/
- 3 Коробейникова Я.С. “Study of ecological changes factors of the tourist destinations environment” / Я.С. Коробейникова, Ю.І. Мурава, П.М. Райтер // Збірник VII Всесвітнього конгресу “Авіація у XXI столітті” – “Безпека в авіації та космічні технології” (19-21 вересня 2016 р.). – Київ, 2016. – с. 99-102.
- 4 Коробейникова Я.С. Стратегія збалансованого туризму: Конспект лекцій / Я.С. Коробейникова : ІФНТУНГ. – Івано-Франківськ: Факел, 2011. – 147 с.
- 5 Коробейникова Я.С. Екологічні проблеми територій туристичних дестинацій/ Я.С. Коробейникова // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал. – 2013 - №1(7). – с. 91-94.
- 6 Леопольд Люкшандерль. Спасите Альпы: сад на крыше Европы в опасности / Л. Люкшандерль. – М.: “Прогресс”, 1987.- 168 с.
- 7 Мурава Ю.І. “The analysis of the waste problem in tourist destinations on the example of Carpathian region in Ukraine” / Ю.І. Мурава, Я.С. Коробейникова // Journal of Ecological Engineering. – 2016 - №2(17). – с. 43-51.
- 8 Стан поводження з відходами в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.minregion.gov.ua/attachments/content-attachments/2732/1_.pdf
- 9 Статистична інформація Івано-Франківської області [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ifstat.gov.ua

© Я. С. Коробейникова,
Ю. І. Юрас

УДК 628.477.6

*О. М. Назаренко, І. А. Назаренко,
О. Є. Машанова, М. В. Пазинич
Запорізька державна інженерна академія*

ВИКОРИСТАННЯ ПОВТОРНОЇ ВОДИ У ВІДРОДЖЕННЯ ҐРУНТІВ

Зростання населення, швидка урбанізація, підвищення економічної експансії, радикальні зміни земельного покриву, зміни клімату призвели до глобальної кризи води. Для вирішення водної кризи, розроблені ряд концепцій в галузі водних ресурсів, таких як управління поставками, управління попитом і водна безпека. Вивчено можливість локальної очистки стічної води для повторного використання у виробництві ґрунтосуміші.

Ключові слова: Рециклінг, очищення, кондиціонування, ґрунтосуміш, жорсткість, електропровідність, катіони, овочівництво, зрошення, придатність.

Рост населения, быстрая урбанизация, повышение экономической экспансии, радикальные изменения земельного покрова, изменения климата привели к глобальному кризису воды. Для решения водного кризиса, разработаны ряд концепций в области водных ресурсов, таких как, управление поставками, управление спросом и водная безопасность. Изучена возможность локальной очистки сточной воды для повторного использования в производстве почвосмесей.

Ключевые слова: Рециклинг, очистка, кондиционирование, ґрунтосмесь, жесткость, электропроводность, катионы, овощеводство, орошение, пригодность.

зростаючі туристичні потоки в межах туристичних дестинацій в останні роки на перший план тепер постають проблеми вибору ефективних методів управління відходами на цих територіях.

Література

- 1 Довідка про підсумки виконання програми соціально-економічного та культурного розвитку області у I півріччі 2016 року [Електронний ресурс] /Івано-Франківська облдержадміністрація. – Режим доступу: www.if.gov.ua.
- 2 Івано-Франківщина 2015. Туризм – Статистичний довідник. [Електронний ресурс]: / Головне управління статистики в Івано-Франківській області. – Режим доступу: ifstat.gov.ua/
- 3 Коробейникова Я.С. “Study of ecological changes factors of the tourist destinations environment” / Я.С. Коробейникова, Ю.І. Мурава, П.М. Райтер // Збірник VII Всесвітнього конгресу “Авіація у XXI столітті” – “Безпека в авіації та космічні технології” (19-21 вересня 2016 р.). – Київ, 2016. – с. 99-102.
- 4 Коробейникова Я.С. Стратегія збалансованого туризму: Конспект лекцій / Я.С. Коробейникова : ІФНТУНГ. – Івано-Франківськ: Факел, 2011. – 147 с.
- 5 Коробейникова Я.С. Екологічні проблеми територій туристичних дестинацій/ Я.С. Коробейникова // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал. – 2013 - №1(7). – с. 91-94.
- 6 Леопольд Люкшандерль. Спасите Альпы: сад на крыше Европы в опасности / Л. Люкшандерль. – М.: “Прогресс”, 1987.- 168 с.
- 7 Мурава Ю.І. “The analysis of the waste problem in tourist destinations on the example of Carpathian region in Ukraine” / Ю.І. Мурава, Я.С. Коробейникова // Journal of Ecological Engineering. – 2016 - №2(17). – с. 43-51.
- 8 Стан поводження з відходами в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.minregion.gov.ua/attachments/content-attachments/2732/1_.pdf
- 9 Статистична інформація Івано-Франківської області [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ifstat.gov.ua

© Я. С. Коробейникова,
Ю. І. Юрас

УДК 628.477.6

*О. М. Назаренко, І. А. Назаренко,
О. Є. Машанова, М. В. Пазинич
Запорізька державна інженерна академія*

ВИКОРИСТАННЯ ПОВТОРНОЇ ВОДИ У ВІДРОДЖЕННЯ ҐРУНТІВ

Зростання населення, швидка урбанізація, підвищення економічної експансії, радикальні зміни земельного покриву, зміни клімату призвели до глобальної кризи води. Для вирішення водної кризи, розроблені ряд концепцій в галузі водних ресурсів, таких як управління поставками, управління попитом і водна безпека. Вивчено можливість локальної очистки стічної води для повторного використання у виробництві ґрунтосуміші.

Ключові слова: Рециклінг, очищення, кондиціювання, ґрунтосуміш, жорсткість, електропровідність, катіони, овочівництво, зрошення, придатність.

Рост населения, быстрая урбанизация, повышение экономической экспансии, радикальные изменения земельного покрова, изменения климата привели к глобальному кризису воды. Для решения водного кризиса, разработаны ряд концепций в области водных ресурсов, таких как, управление поставками, управление спросом и водная безопасность. Изучена возможность локальной очистки сточной воды для повторного использования в производстве почвосмесей.

Ключевые слова: Рециклинг, очистка, кондиционирование, ґрунтосмесь, жесткость, электропроводность, катионы, овощеводство, орошение, пригодность.

Population growth, rapid urbanization, increasing economic expansion and radical changes in land cover and climate change have led to the global water crisis. To solve the water crisis, developed a number of concepts in the field of water resources, such as supply chain management, demand management and water security. Research the possibility of a local wastewater treatment for reuse in the production of soil mixture.

Key words: recycling, cleaning, conditioning, soil mixture, hardness, conductivity, cation, olericulture, irrigation suitability.

Постановка проблеми. Традиційно, управління водопостачанням підприємства відіграє важливу роль в задоволенні зростаючих потреб виробництв або шляхом збільшення вилучення з джерела сирової води, або збільшенням доставки очищеної води для задоволення різноманітних потреб виробництва. Управління попитом підкреслює вимоги до води за допомогою інституційних підходів і водозберігаючих технологій.

Аналіз останніх досліджень. Вчені Asano A. [2], Six J., Conant R.T., Paul E., Paustian T. [1], Соловійов І. М. [11], Адаменко Я. О. [6] і ін. вивчали вплив зміни клімату на снігу і танення льодовиків в горах і прилеглої місцевості і пояснили, що зміна клімату може привести до скорочення вгору за течією обсягів водопостачання в Дніпрі, Південному Бузі, Дністрі, Тисі, Північному Дінці. Зниження доступності води буде загрожувати продовольчій безпеці близько трьох мільйонів чоловік в цих басейнах річок [2, 3].

Для адаптації до зміни клімату, планів забезпечення безпеки води необхідно враховувати наслідки зміни клімату і мінливість, як водоспоживання, так і водних систем, вимоги громади, і потреби регіонів [4].

Постановка задачі. Потенційний ресурс кожного підприємства в даний час - управління відходами. Доречним є питання доцільності локального використання стічних вод на допоміжні потреби. В цьому випадку опрацювання можливих ризиків даного проекту - стратегічне завдання для кожного підприємства. Прийнятність використання зворотньої води, залежить від умов фізичних, хімічних, мікробіологічних та вихідної якості води. Наслідки впливу рН, кольоровості, температури, зважених часток і хімічних компонентів (хлориди, натрій, важкі метали, органічні сполуки) на торф, рослинності, ґрунті і ґрунтових водах добре відомі [7].

На відміну від агрономічних міркувань, пов'язаних з хімічними компонентами, які присутні в стічних водах, мікробіологічні компоненти, присутні з міркування збереження здоров'я для розподілу і використання фільтрату.

Програми управління викидами промислових підприємств можуть обмежити введення хімічних і мікробіологічних компонентів, які можуть становити ризики для здоров'я, навколишнього середовища, або зрошення земель.

На практиці межі застосування повторної води великі: сільськогосподарське зрошення; зрошення ландшафтів (парки, алеї); промислове повторне використання; муніципальне використання (миття доріг, тротуарів, зволоження простору); екологічні та рекреаційні використання; поповнення підземних вод (очищені); автомийки [4, 6]. У даній роботі проведено аналіз можливостей для використання фільтрату для аграрних цілей.

Еволюція сільськогосподарського зрошення прогресувала від ранньої практики каналізаційного землеробства в необроблених міських стічних водах до локального крапельного поливу в вегетаріях. У деяких частинах світу подібна практика досі використовується, незважаючи на негативний вплив на здоров'я людини і навколишнє середовище.

Сільськогосподарське зрошення є найбільшим споживачем фільтрату в більшості країн світу. Залежно від використання врожаю для харчових або нехарчових цілей зрошувальна вода повинна бути застосована, по гребеню і борознах, шляхом розбризкування або підповерхневого крапельного зрошення [11]. Ступінь необхідної

підготовки води буде варіюватися від способу внесення вологи. Рекомендується в усіх зрошувальних каналах як мінімум вторинна очистка води. При нанесенні розпиленням на харчові культури, рекомендуються більш високі рівні очищення в тому числі і дезінфекція.

Зрошення ландшафтів є другим за величиною споживачем фільтрату в Німеччині, Чехії, Сполучених Штатах Америки, Мексиці [6,7]. В даний час все частіше використовується для різних місць, включаючи поля для гольфу, парків, житлових районів, мостових переходів, придорожних посадок і кладовищ. Оскільки думка про стічні води сприймається як потенційна небезпека для здоров'я, очищена вода повинна відповідати більш високому рівню якості води для зважених твердих частинок і мікробіологічних концентрацій, ніж у агросфері.

Виходячи з агротехнології, ґрунтова органічна речовина (ГОР) це багатокомпонентний континуум частково і повністю розкладених залишків біоти, мікробної біомаси, екскреції, біомолекул і гумінових речовин, що розташовуються в конгломераті мінеральних часток, з часом існування від кількох годин і доби до тисячоліть [1]. Зміст ГОР залежить від кількості і якості свіжого органічного матеріалу, що надходить, швидкості його деструкції та розкладання, фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту, які контролюють процеси стабілізації проміжних і кінцевих продуктів розкладання органічної речовини, наявності дестабілізуючих факторів, а також швидкості розкладання та мінералізації старого. Важливе значення мають кліматичні умови регіону, структура ландшафту, системи землеробства з відповідними способами обробки ґрунту. Спучені пори ґрунту також мають значення для проникнення вологи [5].

Істотне збагачення дерново-підзолистих ґрунтів активною речовиною забезпечувало систематичне внесення соломи зернових і зернобобових культур в середньорічній кількості 1,8 т/га в рік. Поєднання композиції кальцію, вапна, органічних добрив з вологовмістом дає позитивний ефект відтворюваності ґрунту. Водно-фізичні властивості ґрунту, необхідні для вирішення завдання про переміщення вологи в трьох розглянутих напрямках в ґрунті (табл. 1).

Таблиця 1

Водно-фізичні властивості ґрунтів

Напрямок вологопереносу	Щільність, г/см ³	Пористість, % об'єму	Повна вологоємність, %	Максимальна молекулярна вологоємність, %	Найменша вологоємність, %	Капілярний тиск ψ , м. водян. ст.
Горизонтальний	1,52	36,4	24,2	12,0	19,6	2,76
Вертикальний догори	1,42	40,9	29,1	13,1	21,8	2,73
Вертикальний донизу	1,58	40,3	25,4	11,5	18,7	2,76

З огляду на необхідність використання повторної води були проведені експерименти по очищенню води двома шляхами – механічним фільтруванням і зворотним осмосом [3,4]. Фільтрування проводилося через дубову, соснову і липову тирсу; фракція 1,5...3 мм. Час витримки варіювався від 15 до 180 хв. з кроком 10 хвилин. Досліди проводилися в мірному циліндрі висотою 500 мм. На початку і наприкінці експерименту замірялися жорсткість, лужність, вміст солі і електропровідність розчину (жорсткість складала 4,4 мг-екв./л, лужність 3,6 мг-екв./л, солевміст 650 мг/л, електропровідність 320 мг/л). Дані щодо зміни якості вод показані на графіках.

Визначена експрес-тестами жорсткість води при цьому підвищується з 4,4 мг-екв./л до 4,57 мг-екв./л, тобто на 3,8%. Мабуть, даються взнаки дубильні і фарбувальні

речовини. При проведенні дослідів на липовій тирсі отримані наступні дані (час експозиції від 0 до 180 хв. з інтервалом 10 хв.).

Практика показує, що застосування в якості фільтруючого матеріалу липової тирси, знижує вміст солі на 25%, електропровідність поліпшується на 72%, жорсткість знижується на 17%, лужність знижується на 12%.



Рис. 1. Вплив витримки розчину на хімічні показники якості повторної води (дубові тріски)

Досліди на соснових трісках значної переваги над дубовими трісками не дали. Дослідження на установці зворотного осмосу FS-TFC-1812-50 показують, що жорсткість знижується на 73%, лужність, на 61%, вміст солі поліпшується на 90%, електропровідність поліпшується на 81%.

Результати аналізів свідчать про можливість локальної доочистки повторної води в агросфері, для підвищення коефіцієнта водообороту і комплексності використання водного ресурсу [4,12].

В останні десятиліття якість води це соціальний індикатор оцінки добробуту громади і можливості задоволення особливих потреб людей і є центральним показником безпеки води.

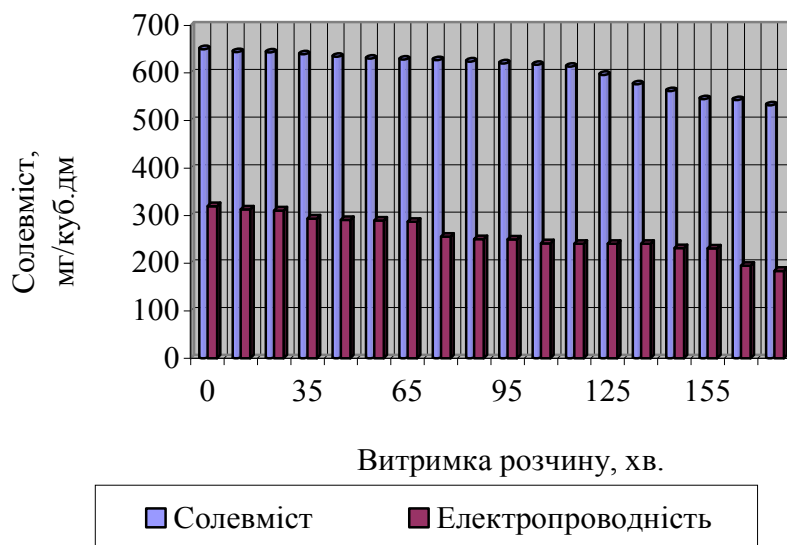


Рис. 2 Вплив витримки розчину на хімічні показники якості води (липові тріски)

Для сталого розвитку суспільства необхідно регулювати: стійкий доступ до адекватних кількостей води, прийнятну якість, лояльні ціни для задоволення потреб громади. Підтримка цілісності гідрологічного циклу і пов'язаних з нею екосистем - життєво важливе завдання. [5,12] В останні десятиліття загострилося питання потепління і водної безпеки. Зміна температури призведе до зміни картини гідрологічного циклу в просторі і в часі, що призводить до збільшення екстремальних погодних явищ, таких як повені, посухи та урагани, що впливають на попит на воду для всіх видів застосування. Для адаптації до зміни клімату, планів забезпечення безпеки води необхідно враховувати наслідки зміни клімату і мінливість, як водоспоживання, так і водних систем, вимоги громади, і потреби регіонів [7,10].

Планування проектів повторної води пов'язані з плануванням і проектуванням систем водопостачання та управлінням стічними водами [3,12]:

1. Якість повторної води;
2. Захист і надійність систем;
3. Розвиток існуючих і реновація технологій водопідготовки та повторного використання;
4. Зберігання води, системи розподілу;
5. Попит на фільтрат;
6. Використання подвійних дренажних систем, засоби управління;
7. Разові і універсальні застосування фільтрату.

Вирішення подібних інженерних питань, допоможе у розвитку проектів повторно використовуваної води і підвищить ефект природокористування в Україні.

Висновки.

1. Застосування повторної води для агросфери можливо при наявності локальної доочистки;
2. Використання липової тирси в якості зернистого завантаження при фільтруванні покращує солевміст на 25% і жорсткість на 17%;
3. Застосування зворотного осмосу для повторної води поліпшить жорсткість на 74% і вміст солі на 90%, але збільшить накладні витрати на кондиціонування води.

Література

- 1 Six J., Conant R.T., Paul E.A., Paustian K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils // *Plant and Soil*. 2002. V. 241. P. 155-176.
- 2 Asano, T (ed.) (1998) *Wastewater Reclamation and Reuse*, Water Quality Management Library, CRC Press, Boca Raton,
- 3 Bruvold, W. H. (1972) *Public Attitude toward Reuse of Reclaimed Water*, Contribution No. 137, University of California Water Resources Center, Los Angeles.
- 4 Bruvold, W. H. (1981) "Community Evaluation of Adopted Uses of Reclaimed Water," *Water Resour. Res.*, 17, 3, 487-490.
- 5 Cheyliytko A. Dimensions of the nucleus agent poreformer closed spherical pores / A. Cheyliytko, A. Pavlenko // *Aktualne Zagadnienia Energetyki, Budownictwa i Inżynierii Środowiska: I Międzynarodowa Konferencja Naukowo-techniczna* (Koszalin, 26-28 stycznia 2016). – Koszalin: Politechnika koszalińska. – 2016.–p.75-83.
- 6 Mandryk O.M., Arkhipova L.M. Adamenko Ya.O. The concept of creation of Dnister scientific training and industrial modeling flood polygon. // 2nd International Conference "Alpine-Petrol 2012" on "Geology, Ecology and Petroleum Perspectives of the Carpathians and other Alpine regions in Europe" 25th- 28th September, 2012 Krakow – Poland p. 85-86.
- 7 Шарков И.Н. Концепция воспроизводства гумуса в почвах // *Агрохимия*. № 12. С. 21-27.
- 8 Лазарев В.И., Холодов В.А. Динамика содержания органического углерода в типичном черноземе в условиях длительного полевого опыта // *Агрохимия*. 2011. № 12. С. 37-44.
- 9 Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия /Е.Н. Мишустин – М.: Наука, 1972. –343 с.
- 10 Моніторинг довкілля. Підручник. // Боголюбов В.М., Адаменко О.М., Клименко М.О., Мокін В.Б., Сафронов Т.А., Горева А.І., Прилипка В.А., Полетаєва Л.М., Картавцев О.М. / Рекоменд. МОНУ як підручник для студентів ВНЗ Київ: Вид-во Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування Укр., 2010. – 162 с.

11 Соловьев И.Н. Режим влажности типичного чернозема /И.Н. Соловьев // Автореферат дис. канд. с.-х. наук. М., 1987. – 25 с.

12 Адаменко О.М., Рудько Г.І. Екологічна геологія. – К.: Манускрипт, 1998. – 348 с.

© О. М. Назаренко,
І. А. Назаренко,
О. Є. Машанова,
М. В. Пазинич

УДК 622.85:502.74

*О. І. Повзун, С. В. Подкопаєв,
В. І. Каменець
Донецький національний
технічний університет*

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОБЕЗПЕКИ ВУГЛЕДОБУВНИХ РЕГІОНІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСУ ПРОМВІДХОДІВ ДЛЯ ДОРОЖНЬОГО БУДІВНИЦТВА

Розглянута проблема підвищення екологічної безпеки територій гірничопромислового комплексу. Запропоновано розглядати горілі породи шахтних териконів, що укріплені модифікованими відходами виробництва полістиролу кам'яновугільними в'язучими, як техногенну сировину для влаштування основ автомобільних доріг.

Ключові слова: горілі породи, кам'яновугільне в'язуче, полістирольний пил, утилізація відходів.

Рассмотрена проблема повышения экологической безопасности территорий горнопромышленного комплекса. Предложено рассматривать горелые породы шахтных терриконов, укрепленные модифицированными отходами производства полистирола каменноугольными вяжущими, как техногенное сырье для устройства оснований автомобильных дорог.

Ключевые слова: горелые породы, каменноугольное вяжущее, полистирольная пыль, утилизация отходов.

The problem of increase of ecological safety of territories mining industry. Burned rocks of mine waste heaps, it is advisable to strengthen the coal tar binders that are modified waste polystyrene. Such technogenic raw materials recommended for device bases of roads.

Key words: combustion metamorphic rocks, coal tar asphalt viscous material, the polystyrene dust, waste recycling.

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими або практичними завданнями. За останні 50 років інтенсивного індустріального розвитку Україна нагромадила на своїй території понад 25 млрд. т [7] гірничопромислових відходів, які з одного боку є небезпечними для довкілля, а з іншого – це мінерально-сировинний резерв економіки на перспективу.

Обсяги використання відходів залишаються значно нижчими реальних можливостей і, незважаючи на зростання цих обсягів, на сьогоднішній день утилізація відходів в цілому складає від 10-20% від загальної кількості утворених відходів [11], тоді як у передових країнах світу – 65-80% [8]. Не вирішується головне завдання сучасності щодо зменшення використання природних ресурсів за рахунок максимального рециклінгу

11 Соловьев И.Н. Режим влажности типичного чернозема /И.Н. Соловьев // Автореферат дис. канд. с.-х. наук. М., 1987. – 25 с.

12 Адаменко О.М., Рудько Г.І. Екологічна геологія. – К.: Манускрипт, 1998. – 348 с.

© О. М. Назаренко,
І. А. Назаренко,
О. Є. Машанова,
М. В. Пазинич

УДК 622.85:502.74

*О. І. Повзун, С. В. Подкопаєв,
В. І. Каменець
Донецький національний
технічний університет*

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОБЕЗПЕКИ ВУГЛЕДОБУВНИХ РЕГІОНІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСУ ПРОМВІДХОДІВ ДЛЯ ДОРОЖНЬОГО БУДІВНИЦТВА

Розглянута проблема підвищення екологічної безпеки територій гірничопромислового комплексу. Запропоновано розглядати горілі породи шахтних териконів, що укріплені модифікованими відходами виробництва полістиролу кам'яновугільними в'язучими, як техногенну сировину для влаштування основ автомобільних доріг.

Ключові слова: горілі породи, кам'яновугільне в'язуче, полістирольний пил, утилізація відходів.

Рассмотрена проблема повышения экологической безопасности территорий горнопромышленного комплекса. Предложено рассматривать горелые породы шахтных терриконов, укрепленные модифицированными отходами производства полистирола каменноугольными вяжущими, как техногенное сырье для устройства оснований автомобильных дорог.

Ключевые слова: горелые породы, каменноугольное вяжущее, полистирольная пыль, утилизация отходов.

The problem of increase of ecological safety of territories mining industry. Burned rocks of mine waste heaps, it is advisable to strengthen the coal tar binders that are modified waste polystyrene. Such technogenic raw materials recommended for device bases of roads.

Key words: combustion metamorphic rocks, coal tar asphalt viscous material, the polystyrene dust, waste recycling.

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими або практичними завданнями. За останні 50 років інтенсивного індустріального розвитку Україна нагромадила на своїй території понад 25 млрд. т [7] гірничопромислових відходів, які з одного боку є небезпечними для довкілля, а з іншого – це мінерально-сировинний резерв економіки на перспективу.

Обсяги використання відходів залишаються значно нижчими реальних можливостей і, незважаючи на зростання цих обсягів, на сьогоднішній день утилізація відходів в цілому складає від 10-20% від загальної кількості утворених відходів [11], тоді як у передових країнах світу – 65-80% [8]. Не вирішується головне завдання сучасності щодо зменшення використання природних ресурсів за рахунок максимального рециклінгу

відходів (повторного використання в корисних цілях). Для цього необхідно закладати можливість утилізації матеріальних речей ще на стадії їх розробки та проектування відповідних виробництв [12].

Відходи впливають на середовище через свій хімічний або мінералогічний склад, фізичні властивості, метод формування, об'єм, кількість, площу зайнятої поверхні. Виділяють дві основні загрози, які несуть зони накопичення гірничих відходів. Перша - це хімічна, тобто витіки токсичних субстанцій, а інша загроза – це нестабільність дамбосховищ або звалищ [13]. Поверхневі води, що піддані впливу гірничодобувної діяльності, можуть становити небезпеку з погляду на повільні чи раптові зміни рівня води або з погляду на забруднення [14].

Отже, захист екосистем гірничопромислових комплексів від забруднення є актуальною науково-прикладною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Типовими великотоннажними відвалами промислових відходів у Донецькому регіоні є терикони вуглевидобутку і вуглезбагачення; ними представлено 80% відвалів промислових відходів [1]. Кожний з них займає площу від 2 до 10 га, має висоту 50-100 м, кут укосу до 40° [15]. Близько 30% шахтних териконів є палаючими, які сприяють значній зміні складу атмосферного повітря й випаданню кислотних дощів [2].

За браком кисню в осередках горіння в парогазових викидах містяться сірководень, вуглеводні, аміак, оксид вуглецю, сірчана кислота (сульфат-іон), вуглекислота, діоксид азоту (нітрат-іон) тощо, які в десятки разів перевищують допустимі норми [16]. Наприклад, лише від чотирьох палаючих та двадцяти згаслих породних відвалів шахт ПАО «Лисичанськвугілля» до атмосферного повітря щорічно надходить 833,0 тис. т забруднюючих речовин, в тому числі 43,0 тис. т CO; 777,0 тис. т CO₂; 9,6 тис. т SO₂; 2,8 тис. т H₂S; 0,68 тис. т NO₂ [6].

Токсичними і екологічними небезпечними елементами є уран, ртуть та миш'як. З надр України щороку виймається понад 1,5 млрд. т гірської породи, 60-70% якої (після вилучення корисних компонентів) направляється у відвали, що, безумовно, створює суттєву екологічну напругу. Кожного року для розміщення відвалів відводиться до 1,5-2,0 тис. га сільськогосподарських земель [19]. З кожного гектара поверхні молодих відвалів щорічно виноситься за межі цих земель від 200 до 500 т пилу. Площа запилення становить 500 га на 1 га відвальної поверхні [4].

Просідання земної поверхні по Донецькому басейну в середньому коливається в межах від 1,5 до 2,5 м, внаслідок чого сформувалася регіональна депресійна воронка глибиною 25-40 м [5]. З просіданням земної поверхні тісно пов'язані процеси затоплення і підтоплення територій, які супроводжуються руйнуванням будівель і споруд, порушенням умов гідрогеології регіону.



Рис. 1. Тліючі шахтні відвали

Дослідженнями [18] встановлено, що при тривалому самонагріванні відвальної породи в ній утворюються сірчаноокислі зони, які містять відбілену безструктурну гірничу масу та сірчану кислоту, що димить на повітрі (рис. 1).

Санітарно-захисна зона для породних відвалів має становити 500 м, але в більшості випадків житлова забудова знаходиться на відстані 50-100 м від териконів. Підвищений рівень забруднення атмосферного повітря призводить до захворюваності населення хворобами органів дихання, крові, кровотворних органів тощо.

Екологічний стан територій, на яких відбувається складування відходів, безпосередньо, пов'язаний з реальною небезпекою вторинного забруднення довкілля за рахунок процесів розсіювання компонентів, які здатні вилугуватись з відходів природними і техногенними водами [24]. Підвищення об'єму розчинника, який діє на породу, призводить не тільки до підвищення солей, що вилуговуються, але й викликає зміну їх якісного складу; у водній фракції зростає вміст карбонат-іонів [3].

За рівнем рН відвальні породи оцінюються як сильноокислі, в яких хімічні елементи марганець, цинк, хром, свинець та інші знаходяться у формах, доступних рослинам, а їх концентрація досягає токсичного рівня [10].

Великотоннажна переробка шахтних териконів можлива лише в галузі дорожнього будівництва або виробництва будівельних матеріалів [20, 21].

В основах дорожнього покриття відоме застосування неукріплених органічними в'язучими речовинами відвальних горілих порід [17, 25]. Але такі конструктивні шари недовговічні через низький опір зсувові (пухкий незв'язаний матеріал). Відоме також улаштування горілопородних щебеневих шарів, оброблених кам'яновугільними дьогтями, які за фізико-механічними властивостями суттєво поступаються нафтовим бітумам: мають невисоку в'язкість, низьку температуру розм'якшення (5-31°C), високу температуру крихкості (до мінус 5°C), вузький інтервал пластичності (різниця між температурою розм'якшення і температурою крихкості) – менше за 40°C, низькі когезію, що характеризує опір шарів фізичного тіла переміщенню одне відносно одного на молекулярному рівні, і теплостійкість, схильність до інтенсивного старіння (втрата маси речовини після її прогріву при температурі 110°C впродовж чотирьох годин), але не мають еластичності (здатність до відновлення початкових розмірів і форми при розвантаженні після значної деформації). Не останню роль відіграє більш висока летючість дьогтів і, як наслідок, більша токсичність і помітніше забруднення навколишнього середовища під час виробництва й використання дьогтебетонів. Одним з ефективних способів поліпшення якості кам'яновугільних в'язучих є введення до їх складу полімерів, що суміщаються з ними.

Мета статті – зниження рівня екобезпеки у вугледобувних регіонах шляхом використання горілих порід шахтних териконів, що укріплені модифікованими полімерними відходами кам'яновугільними в'язучими, як техногенної сировини при влаштуванні основ автомобільних доріг.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як об'єкти досліджень було прийнято:

1. Горіла порода згаслого терикону шахти № 6 «Червона Зірка» (м. Донецьк).
2. Середовище, що модифікується, – кам'яновугільні дьогті, складені із середньо-температурного пеку і антраценового масла, які задовольняють вимогам ГОСТ 4641;
3. Полімер – відходи виробництва полістиролу – полістирольний пил (ПСП) – відхід хімічної промисловості; порошок білого кольору з розміром частинок меншими за $6,3 \cdot 10^{-5}$ м.

Досліджувана горіла порода добре випалена (помітна червона гама кольорів); поверхня злому гладка каменеподібна; структура щільна. В зломі грудки помітні три доволі ясно виражені зони, різні за забарвленням: в середині – зона сіро-стального забарвлення, а іноді чорного кольору; навколо неї – кільце темно-червоного кольору; і, нарешті, зовнішня поверхня – червоно-коричневого кольору. Подібне забарвлення свідчить про наявність областей різного ступеня окислення оксидів заліза, титану тощо. Хімічний склад горілої породи наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад горілої породи

Вміст оксидів, % за масою							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SO ₃	інші
64,35	21,77	7,20	1,31	1,11	1,98	0,95	1,35

Низький вміст основних оксидів кальцію і магнію і великий – оксидів кремнію і алюмінію свідчать про кислу природу горілої породи.

Відповідно до величини модуля активності $M_a = \frac{Al_2O_3\%}{SiO_2\%} = \frac{21.77}{64.35} = 0.338$ горіла

порода належить до II класу кислих шлаків ($M_a \geq 0,33$) [22].

Для реалізації відходів у виробництві будівельних матеріалів силікатний модуль $M_c = \frac{SiO_2\%}{Al_2O_3\%}$ повинен мати оптимальні значення 1,7-3,5 [23]. В даному випадку

$M_c = \frac{64.35}{21.77} = 2.96$. Отже, дану горілу породу можна застосовувати як будівельний матеріал.

Класифікація зразків як залізистих порід (за глинисто-залізистим модулем ($M_{зл.з} = \frac{Al_2O_3\% + Fe_2O_3\%}{SiO_2\%}$)) показує, що всі зразки відносяться до

високоактивних: $M_{зл.з} = \frac{21.77 + 7.2}{64.35} = 0.45$ ($M_{зл.з}$ має бути $\geq 0,45$ [9]).

Гранулометричний склад горілої породи наведено в табл. 2. Як видно з табл. 2, в горілій породі найбільше міститься фракції 20-40 мм (17,8%), а найменше – фракції 0,315-0,63 мм (3,5%). Фізико-механічні властивості досліджуваної горілої породи наведено в табл. 3. Ефективніше використовувати горілу породу після обробки її органічними в'язучими речовинами. В даній роботі розглянута можливість її застосування в основах дорожнього покриття з укріпленням дьогтеполістирольним в'язучим.

Таблиця 2

Гранулометричний склад горілої породи

Показники	Діаметри отворів сит, мм										
	70	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	< 0,14
Часткові залишки на ситах, %	6,3	12,3	17,8	16,0	14,3	6,4	6,5	5,8	3,5	4,5	6,6
Повні залишки на ситах, %	6,3	18,6	36,4	52,4	66,7	73,1	79,6	85,4	88,9	93,4	100,0

Таблиця 3

Фізико-механічні властивості горілої породи

Показники	Середні значення
Дійсна густина, кг/м ³	2950,0
Середня густина грудок, кг/м ³	2075,0
Насипна густина, кг/м ³	1435,0
Водопоглинення, % за масою	4,2
Пористість, % за об'ємом	16,9
Границя міцності на стиск, МПа	39,0

Кам'яновугільні дьогті виробляють в процесі деструктивної переробки кам'яного вугілля. Їх поділяють на марки Д-1–Д-6 в залежності від їхньої умовної в'язкості в секундах, яка позначається C_{30}^5 , C_{30}^{10} або C_{50}^{10} , де 5 або 10 – діаметр стічного отвору приладу, мм; 30 або 50 – температура витікання 50 мл в'язучого на стандартному віскозиметрі, °С.

Кам'яновугільні дьогті є слабо концентрованими суспензіями α - і β -фракцій (високо конденсовані ароматичні вуглеводні, частинки вугілля, сажі – дисперсна фаза), якими є кам'яновугільний пек, в γ -фракції (багатокомпонентна суміш ароматичних і

гетероциклічних вуглеводнів нейтрального, кислого та основного характеру – дисперсійне середовище), якою є антраценове масло.

Модифіковані полімером кам'яновугільні в'язучі є більш в'язкими, ніж їхні не модифіковані прототиби; мають еластичність, тріщиностійкість, широкий інтервал пластичності тощо.

Основна мета введення полімеру в органічне в'язуче – зниження температурної чутливості в'язучого, тобто підвищення його жорсткості влітку і зменшення взимку. Друга ціль – надання в'язучому еластичності. Якщо ці цілі досягнуті, то дорожньо-будівельний матеріал на основі полімер органічної в'язучої речовини має підвищену стійкість проти утворення залишкових деформацій (колій) літом та поперечних температурних тріщин зимою.

Як вихідне середовище доцільно застосовувати рідкі дьогті з умовною в'язкістю 40-100 с за C_{30}^{10} , в яких частинки дисперсної фази (α - і β -фракції) розташовані ізольовано одне від одного, внаслідок чого такі системи будуть менш чутливими до температурних змін, ніж високов'язкі дьогті. До того ж достатня кількість дисперсійного середовища (γ -фракція) в рідких кам'яновугільних в'язучих сприяє максимальній розчинності полімеру до молекулярного та надмолекулярного рівня, а також підвищеній змочуваності поверхні кам'яного матеріалу.

Необхідною умовою ефективного впливу полімеру на властивості органічних в'язучих є їхня сумісність, яка полягає у здатності полімеру розчинюватись в них. Якщо компоненти суміщаються, то під час безпосереднього їхнього контакту вони доволіно диспергуються одне в одному.

Калориметричні дослідження на приладі ДАК-1 (рис. 2) в режимі сканування довели, що в діапазоні температур 110-150°C між кам'яновугільним дьогтем і полістирольним пилом (крива 3) відбувається хімічна реакція, про що свідчить виділення теплоти (+Q) в зазначеному діапазоні. Тобто, процес взаємодії кам'яновугільних дьогтів з полістирольним пилом є екзотермічним, а зазначені компоненти є сумісними.

Концентраційні залежності температури розм'якшення (рис. 3) кам'яновугільного в'язучого, модифікованого полістирольним пилом, показують, що для низької в'язкості вихідного середовища $C_{30}^{10}=47$ с та $C_{30}^{10}=100$ с (криві 1, 2) при введенні до 4% ПСП вона стрімко зростає, а при 4-6% ПСП це зростання уповільнюється.

Механізм взаємодії полімеру з органічною в'язучою речовиною полягає в тому, що набряклий в γ -фракції кам'яновугільного дьогтю він утворює у в'язучому безперервну фазу у вигляді сітки-каркасу. При 4-6% ПСП дисперсійного середовища замало для розчинності полімеру, і його введення понад зазначеної концентрації викликає випадіння дисперсної фази у вигляді твердої фази. Розчинність полімеру у розчинниках обмежена.

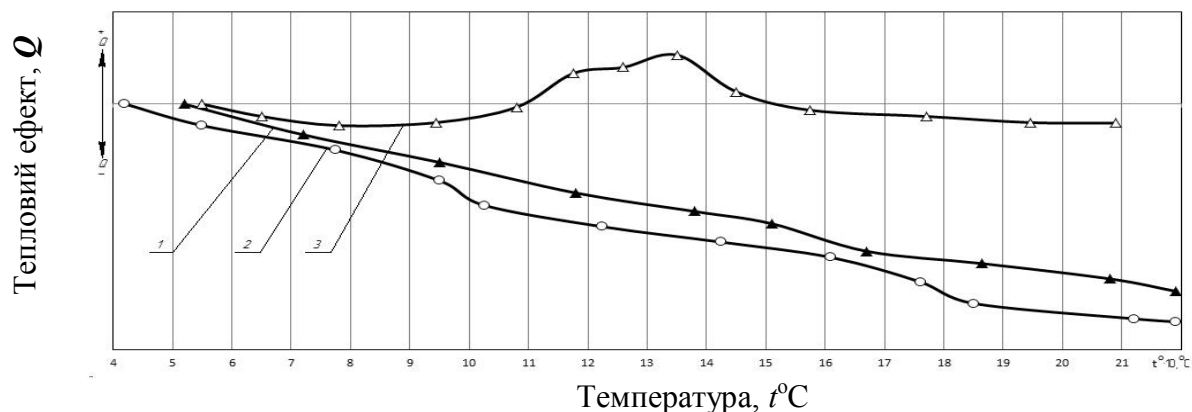


Рис. 2. Динаміка теплового ефекту Q вихідного середовища і модифікатора окремо та після їх суміщення від температури t :
1-дьоготь $C_{30}^{10}=13$ с; 2-полістирольний пил (ПСП); 3-дьоготь $C_{30}^{10}=13$ с з ПСП

В даному випадку введення ПСП у більшій кількості, ніж він може розчинитися, сприяє утворенню грубодисперсної системи, в якій під час охолодження утворюються згустки полімеру, що є непотрібним наповнювачем.

Для підвищеної в'язкості вихідного середовища $C_{30}^{10}=200$ с та $C_{50}^{10}=18$ с (див. рис. 3, криві 3, 4) таке явище спостерігається вже при 1% ПСП.

Отже, однаковий вміст полімеру в органічній речовині різної консистенції призводить до тим більшої зміни в'язкості і температури розм'якшення, чим рідше середовище, що модифікується.

Властивості модифікованих в'язучих відбиваються на механічних властивостях бетонів, мінеральною частиною яких є горілі породи шахтних териконів

Доцільно порівняти фізико - механічні властивості органогорілопородних полімер-бетонів з використанням модифікованих відходом полістиролу в'язучих однакової в'язкості (еквів'язких в'язучих), які відрізняються консистенцією вихідного середовища та, звичайно, концентрацією полістирольного пилу (наприклад, в'язкість $C_{50}^{10}=50$ с для всіх чотирьох розглянутих в'язучих, рис. 4).



Рис. 4. Діаграма для визначення еквів'язкої ($C_{50}^{10}=50$ с) концентрації C_m ПСП у в'язучому на дьогтях з вихідною в'язкістю: 1 – $C_{30}^{10}=29$ с; 2 – $C_{30}^{10}=250$ с; 3 – $C_{30}^{10}=150$ с; 4 – $C_{30}^{10}=50$ с

Для цього на рівні в'язкості $C_{50}^{10}=50$ с (цифра 5 на осі Y) проводимо горизонтальну пунктирну лінію; в точках її перетину з кривими 1-4 (див. рис. 4); опускаємо перпендикуляр на вісь X і по стрілці графічним методом визначаємо концентрацію ПСП в залежності від в'язкості модифікованого середовища.

Отже, у кам'яновугільний дьоготь в'язкості $C_{50}^{10}=29$ с необхідно ввести 0,3% полістирольного пилу (крива 1); для в'язкості $C_{30}^{10}=250$ с – 1,8% ПСП (крива 2); для $C_{30}^{10}=150$ с – 5,0% ПСП (крива 3); а екстраполюючи праворуч вверх криву 4 до горизонтальної пунктирної лінії, дізнаємось, що для самої низької вихідної в'язкості $C_{30}^{10}=50$ с потрібно ввести 5,4% ПСП.

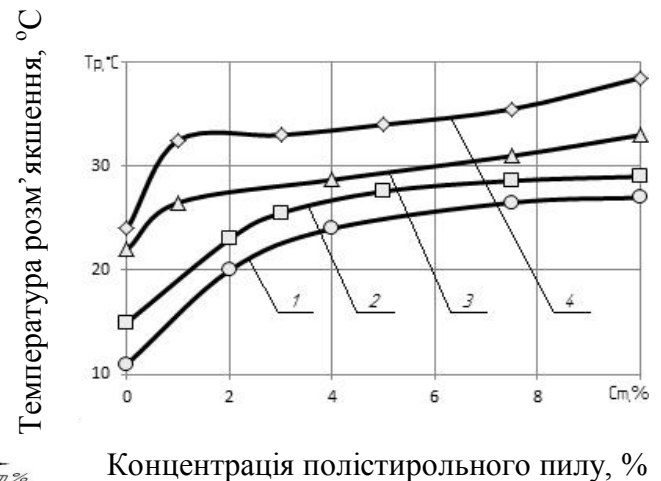


Рис. 3. Залежність температури розм'якшення T_p модифікованих кам'яновугільних в'язучих від масової концентрації C_m ПСП на дьогтях в'язкістю: 1 – $C_{30}^{10}=47$ с; 2 – $C_{30}^{10}=100$ с; 3 – $C_{30}^{10}=200$ с; 4 – $C_{30}^{10}=18$ с

Експериментально було визначено міцність на стиск органогорілопородних полімер-бетонів на еквів'язких кам'яновугільних в'язучих ($C_{50}^{10}=50$ с) R_0 , R_{20} , R_{50} при температурах 0°C , 20°C , 50°C відповідно, а також обчислено коефіцієнти водостійкості при тривалому водонасиченні $\frac{R_{20}^{emp.}}{R_{20}}$ (де $R_{20}^{emp.}$ – міцність на стиск органогорілопородного полістиролбетону після витримування зразків у воді при температурі 20°C впродовж 14-ти діб, R_{20} – міцність зразків на стиск при 20°C до водонасичення) та коефіцієнти температурної чутливості бетонів $\frac{R_{20}}{R_{50}}$, $\frac{R_0}{R_{50}}$, $\frac{R_0}{R_{20}}$.

Як видно в табл. 4, коефіцієнти водостійкості при тривалому водонасиченні (0,65-0,68) відповідають вимогам ГОСТ 25877-83. (Смеси дегтебетонные дорожные и дегтебетон. Технические условия. Москва. Введен с 01.01.84. 13 с.) для суміші II марки (норма не менше 0,5) і майже задовольняє для суміші I марки (норма не менше 0,7).

Таблиця 4

Тривала водостійкість та температурна чутливість органогорілопородних полістиролбетонів

№ з/п	Склад модифікованих відходом полістиролу еквів'язких кам'яновугільних в'язучих умовною в'язкістю $C_{50}^{10}=50$ с в органополімер горілопородній суміші	Коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні	Коефіцієнт температурної чутливості		
			$\frac{R_{20}}{R_{50}}$	$\frac{R_0}{R_{20}}$	$\frac{R_0}{R_{50}}$
1	Кам'яновугільний дьоготь $C_{50}^{10}=29$ с +0,3% полістирольного пилу	0,65	3,6	3,4	12,4
2	Кам'яновугільний дьоготь $C_{30}^{10}=250$ с + 1,8% полістирольного пилу	0,66	3,5	3,3	11,6
3	Кам'яновугільний дьоготь $C_{30}^{10}=150$ с + 5,0% полістирольного пилу	0,67	3,4	3,2	11,2
4	Кам'яновугільний дьоготь $C_{30}^{10}=50$ с + 5,4% полістирольного пилу	0,68	3,1	3,1	10,3

Зі зниженням умовної в'язкості вихідного кам'яновугільного середовища та з підвищенням концентрації відходів полістиролу в ньому коефіцієнти температурної чутливості бетонів на еквів'язких модифікованих відходами виробництва полістиролу кам'яновугільних в'язучих суттєво зменшуються, тобто такі бетони менше піддаються впливу коливань температур навколишнього середовища.

Висновки та перспективи досліджень. Горілі породи шахтних териконів становлять реальну загрозу для функціонування екосистем і є техногенними зонами підвищеної екологічної небезпеки, де весь час проявляється напружена та критична екологічна ситуація, яка нерідко переходить до стану катастрофічної.

Такі техногенні відходи, як горілі породи шахтних териконів, що укріплені модифікованими відходами виробництва полістиролу кам'яновугільними в'язучими, доцільно розглядати як альтернативний варіант поповнення природних ресурсів, а саме як техногенну сировину для влаштування основ автомобільних доріг.

Показано, що кам'яновугільні дьогті та полістирольний пил є сумісними компонентами.

Коефіцієнти водостійкості при тривалому водонасиченні органогорілопородного полістиролбетону відповідають ГОСТ 25877 для суміші II марки і майже задовольняють для суміші I марки.

Коефіцієнти температурної чутливості бетонів на еквів'язких модифікованих відходами виробництва полістиролу кам'яновугільних в'язучих суттєво зменшуються.

Внаслідок розробки териконів горілої породи (рис. 5) суттєво знижується екологічна напруга; звільняються значні території, які можна використовувати в різних галузях народного господарства або в цілях рекреації; зменшується соціально-економічна напруженість створенням робочих місць на підприємствах з виробництва дорожньо-будівельних матеріалів.



Рис. 5. Розробка терикону горілої породи

Малов'язкі кам'яновугільні в'язучі, у яких енергія теплового руху дисперсійного середовища (γ -фракція) дорівнює або більша за енергію зв'язку у вузлах макромолекулярної сітки, утвореної за рахунок механічного зачеплення і переплетення надмолекулярних структур полістиролу, слід зміцнювати ліофільними активними

дисперсними наповнювачами.

Адсорбційна взаємодія полімерних молекул з твердими наповнювачами на границі розділу фаз має зменшити рухливість макроланцюгів, що, очевидно, призведе до зміцнення сумісно модифікованого в'язучого. Це і буде предметом подальших досліджень.

Література

- 1 Воробйов С. Г. Захист ландшафтів від надходження забруднюючих речовин із відвалів крупнотоннажних відходів // Екологічна безпека. Кременчук, 2010. Вип. 2(10). С. 57–61.
- 2 Кочура В. В., Папуа Н. В., Сорокін В. Ф. Утилізація відвалів вуглевидобутку з отриманням окатишів та аглопориту // Проблеми екології. 2010. № 1-2. С. 128–135.
- 3 Кроїк Г. А., Гаспарян М. К., Синицька О. Ю. Закономірності та механізм процесу сучасного вивітрювання відвальних шахтних порід як основа оцінки екологічної небезпеки територій // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2012. - № 2(6). – С. 89–92.
- 4 Макеева Д. О. Екологічна небезпека породних відвалів та шляхи вирішення проблеми // Проблеми екології. 2013. № 1 (31). С. 43–48.
- 5 Там само.
- 6 Назаренко О. С., Свиридоненко Н. В. Вплив териконів ПАО«Лисичанськвугілля» на довкілля // Збірник тез допов. XIV міжнар. наук.-техн. конфер. «Проблеми екологічної безпеки». Кременчук, 2016. С.78.
- 7 Сивий М. Я. До проблеми утилізації гірничопромислових відходів у Вінницькій області // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2012. № 2(6). С. 84–88.
- 8 Сивий М. Я. До проблеми утилізації гірничопромислових відходів у Вінницькій області. С.85.
- 9 Скрипник Т. В. Удосконалення технологічних процесів зведення земляного полотна з відвальних горілих порід: автореф. дис. на здоб.наук. ступ. канд. техн. наук: спец. 05.22.11.– Київ, 1996. 19 с.
- 10 Смирний М.Ф., Зубова Л.Г., Зубов О.Р. Екологічна безпека териконових ландшафтів Донбасу. Луганськ, 2006. – 232 с.
- 11 Шаго Є. П., Крайнов І. П., Бондар О. І., Мальований М. С. Концепція вдосконалення сфери поводження з відходами в Україні на інноваційних засадах // Вісн. Вінницького політех. ін-ту, 2011, № 6. С. 17–19.
- 12 Шаго Є. П. та ін. С. 18.
- 13 Шкіца Л. Є. Трансформація гірничих комплексів після завершення експлуатації // Вісн.КДПУ ім. Михайла Остроградського. Кременчук, 2006. Вип. 2(37). Част. 2.С. 113–115.
- 14 Там само.

15 Воробйов С. Г., Кудленко В. Г. Определения удельной гамма-активности пород шахтных отвалов // Вісн.КДПУ ім. Михайла Остроградського. Кременчук, 2008. Вип. 6(53). Част. 1. С. 120–123.

16 Выборов С. Г., Проскурня Ю. А., Силин А. А. Экологические последствия структурно-вещественных преобразований отвальных пород терриконов // Наук. праці ДонНТУ: Сер. «Гірн.-геолог.». 2010. Вип. 11(161). С. 155–160.

17 Дворянова И. Н., Шафоростова М. Н. Эколого-экономическое обоснование использования породы из отвалов // Збірка допов. VI рег. конфер. «Комплексне використання природних ресурсів». Донецьк. 2013. С. 24–25.

18 Зборщик М. П., Осокин В. В. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений. Донецк, 1996. – 178 с.

19 Коваленко Л. И., Омельченко Н. П. Перспективы использования горелых пород шахтных отвалов // Проблеми екології. 2009. № 1-2. С. 16–19.

20 Коваленко Л. И., Омельченко Н. П. Перспективы использования горелых пород шахтных отвалов. С. 18.

21 Семирягин С. В., Пилипенко Б. Н. Использование отходов угледобычи при производстве огнеупоров // Гірничий вісник. Кривий Ріг. 2014. Вип. 97. С. 244–247.

22 Уханева М. И., Хоботова Э. Б. Изучение возможности применения отходов угледобычи в производстве строительных материалов // Проблеми екології. 2009. № 1-2. С. 20–27.

23 Там само.

24 Физико-химическое моделирование процесса выщелачивания нефелина под действием кислых атмосферных осадков / С. И. Мазухина и др. // Геоэкология. 1997. № 5. С. 96–101.

25 Филиппова Я. В., Ефимов В. Г. Применение перегоревших пород шахты им. Калинина для строительства дорожного полотна // Збірн. наук. праць «Екологічні проблеми паливно-енергетичного комплексу». Донецьк. 2013. С. 71–74.

© О. І. Повзун,
С. В. Подкопась,
В. І. Каменець

УДК 66.021+66.048.3

Є. Ю. Черниш, Л. Д. Пляцук, О. М. Яхненко
Сумський державний університет

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ МІГРАЦІЇ ТА БІОХІМІЧНОЇ КОНВЕРСІЇ КОМПОНЕНТІВ ФОСФОГІПСУ В ҐРУНТОВОМУ ПРОФІЛІ

У роботі розглянуто особливості впливу ґрунтової біоти на процес перетворення та фіксації важких металів у ґрунтовому комплексі. Розроблено модуль лабораторно-експериментального комплексу і відповідну методику дослідження впливу фосфогіпсу та композитних матеріалів на його основі, щодо процесу вертикальної міграції фільтраційного розчину за профілем ґрунту для здійснення моделювання кінетики розподілу компонентів фосфогіпсу в ґрунтовому профілі. Визначено основні показники їх біохімічної конверсії та трансформації у ґрунтового комплексу з урахуванням біотичної компоненти.

Ключові слова: модель, важкі метали, міграція, ґрунтовий профіль, фосфогіпс, біотична компонента

В работе рассмотрены особенности влияния почвенной биоты на процесс превращения и фиксации тяжелых металлов в почвенном комплексе. Разработан модуль лабораторно-экспериментального комплекса и соответствующая методика исследования влияния фосфогипса и композитных материалов на его основе на процесс вертикальной миграции

- 15 Воробйов С. Г., Кудленко В. Г. Определения удельной гамма-активности пород шахтных отвалов // Вісн.КДПУ ім. Михайла Остроградського. Кременчук, 2008. Вип. 6(53). Част. 1. С. 120–123.
- 16 Выборов С. Г., Проскурня Ю. А., Силин А. А. Экологические последствия структурно-вещественных преобразований отвальных пород терриконов // Наук. праці ДонНТУ: Сер. «Гірн.-геолог.». 2010. Вип. 11(161). С. 155–160.
- 17 Дворянова И. Н., Шафоростова М. Н. Эколого-экономическое обоснование использования породы из отвалов // Збірка допов. VI рег. конфер. «Комплексне використання природних ресурсів». Донецьк. 2013. С. 24–25.
- 18 Зборщик М. П., Осокин В. В. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений. Донецк, 1996. – 178 с.
- 19 Коваленко Л. И., Омельченко Н. П. Перспективы использования горелых пород шахтных отвалов // Проблеми екології. 2009. № 1-2. С. 16–19.
- 20 Коваленко Л. И., Омельченко Н. П. Перспективы использования горелых пород шахтных отвалов. С. 18.
- 21 Семирягин С. В., Пилипенко Б. Н. Использование отходов угледобычи при производстве огнеупоров // Гірничий вісник. Кривий Ріг. 2014. Вип. 97. С. 244–247.
- 22 Уханева М. И., Хоботова Э. Б. Изучение возможности применения отходов угледобычи в производстве строительных материалов // Проблеми екології. 2009. № 1-2. С. 20–27.
- 23 Там само.
- 24 Физико-химическое моделирование процесса выщелачивания нефелина под действием кислых атмосферных осадков / С. И. Мазухина и др. // Геоэкология. 1997. № 5. С. 96–101.
- 25 Филиппова Я. В., Ефимов В. Г. Применение перегоревших пород шахты им. Калинина для строительства дорожного полотна // Збірн. наук. праць «Екологічні проблеми паливно-енергетичного комплексу». Донецьк. 2013. С. 71–74.

© О. І. Повзун,
С. В. Подкопась,
В. І. Каменець

УДК 66.021+66.048.3

Є. Ю. Черниш, Л. Д. Пляцук, О. М. Яхненко
Сумський державний університет

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ МІГРАЦІЇ ТА БІОХІМІЧНОЇ КОНВЕРСІЇ КОМПОНЕНТІВ ФОСФОГІПСУ В ҐРУНТОВОМУ ПРОФІЛІ

У роботі розглянуто особливості впливу ґрунтової біоти на процес перетворення та фіксації важких металів у ґрунтовому комплексі. Розроблено модуль лабораторно-експериментального комплексу і відповідну методику дослідження впливу фосфогіпсу та композитних матеріалів на його основі, щодо процесу вертикальної міграції фільтраційного розчину за профілем ґрунту для здійснення моделювання кінетики розподілу компонентів фосфогіпсу в ґрунтовому профілі. Визначено основні показники їх біохімічної конверсії та трансформації у ґрунтового комплексу з урахуванням біотичної компоненти.

Ключові слова: модель, важкі метали, міграція, ґрунтовий профіль, фосфогіпс, біотична компонента

В работе рассмотрены особенности влияния почвенной биоты на процесс превращения и фиксации тяжелых металлов в почвенном комплексе. Разработан модуль лабораторно-экспериментального комплекса и соответствующая методика исследования влияния фосфогипса и композитных материалов на его основе на процесс вертикальной миграции

филтратіонного розчину по профілю ґрунту для здійснення моделювання кінетики розподілу компонентів фосфогіпсу по профілю ґрунту. Визначені основні показники їх біохімічної конверсії і трансформації в ґрунтового комплексу з урахуванням біотичної компоненти.

Ключевые слова: модель, важкі метали, міграція, ґрунтовий профіль, фосфогіпс, біотична компонента

The paper focused on analyzes of the influence of soil biota on the process of conversion and fixation of the heavy metals in the soil complex. The module laboratory-pilot complex was designed. The methodology of investigating the influence of phosphogypsum and composite materials based on it on the process of vertical migration of the filtration solution on the soil profile was developed for modeling the distribution kinetics components of phosphogypsum in the soil profile. The main parameters of their biochemical conversion and transformation in the soil complex were determined, taking into account the biotic components.

Keywords: model, heavy metals, migration, soil profile, phosphogypsum, biotic component

Актуальність теми. Сформована практика утилізації фосфогіпсу призводить до віддаленого ефекту зосередженого забруднення території. Це небезпечно з точки зору подальшого надходження забруднень в ґрунти і води ландшафту. Терикони фосфогіпсу несприятливо впливають на прилеглі території через еолові процеси, зміну напрямку повітряних потоків, попадання в атмосферу сполук фтору, підкислення ґрунтів навколишніх екосистем дощовими стічними водами, через гідродинамічний вплив на територію, зміну напрямків міграційних потоків в ґрунтах, можливе забруднення прилеглих територій елементами-домішками, звичайно різко погіршується привабливість території для проживання.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Більшість моніторингових робіт шламонакопичувачів, і фосфогіпсу в тому числі, є вузькими спеціалізованими дослідженнями. Метою моніторингу відвалів може бути: встановлення зміни гранулометричного та хімічного складу свіжого фосфогіпсу і фосфогіпсу, що зберігався певний час у відвалі, для визначення можливості і технологічних прийомів його переробки в корисні продукти [4], оцінка якості фосфогіпсу як можливого субстрату для вирощування рослин і з'ясування, чи не має фосфогіпс, що може містити різні домішки, і в тому числі, домішки стронцію, які мігрують і в ґрунт і в рослини, токсичного впливу для подальшої можливості використання фосфогіпсу в складі складних компостів [5], а також такі дослідження можуть бути спрямовані на вивчення умов формування техногенних порід у відвалах при забезпеченні їх стійкості для побудови гідрогеомеханічних моделей відвалів, проведення розрахунків і обґрунтування параметрів стійкості відвалів фосфогіпсу для забезпечення промислової та екологічної безпеки відвальних робіт. [6]

На базі СумДУ впродовж 11 років проводився моніторинг фосфогіпсових відвалів і прилеглих територій ВАТ «Сумхімпром» для виявлення складу фосфогіпсу різних періодів складування, зміни його хімічного і фізичного стану, стану забруднення ґрунтів елементами - домішками, що містяться в фосфогіпсі, і в першу чергу такими важкими металами, як свинець та кадмій, домішки яких надходять з природної сировини при переробці фосфоритів. За результатами моніторингу виявлено, що підвищення валового вмісту, концентрації рухомої форми свинцю і кадмію в зоні впливу відвалів фосфогіпсу, не досягло критичних значень і не перевищує ГДК, хоча є вище фоновий для цього регіону [7]. Однак це є негативною тенденцією, яка в майбутньому може призвести до небажаних наслідків, оскільки буферні і акумулюючі здатності ґрунту не є безмежними. При перевищенні порогів стійкості ґрунтових систем відбудеться забруднення важкими металами поверхневих і підземних вод, рослинницька продукція стане непридатною для споживання, що призведе до зниження показників здоров'я та якості життя населення.

Складний багатофакторний вплив на ґрунтовий розчин ускладнює визначення середніх концентрацій елементів. Про це свідчать результати визначення вмісту важких

металів у природних ґрунтових розчинах з прилеглих до відвалу територій. Встановлено, наприклад, що під впливом атмосферних опадів, випаровування і транспірації рослинних угруповань динаміка зміни концентрації мікроелементів в ґрунтових розчинах може змінюватися більш, ніж на порядок. В аналогічних умовах концентрація головних іонів макроелементів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , NO_3^{-} і PO_4^{3-}) змінюється в меншій степені. Відповідно, на сьогодні, все більшого значення набуває проблематика визначення закономірностей міграції та акумуляції, як біогенних елементів, так і поллютантів, що надходять із фосфогіпсу в ґрунтовий профіль. Такі дослідження потребують лабораторного моделювання цих процесів з урахуванням біохімічних та фізико-хімічних особливостей протікання процесів гуміфікації та мінералізації у ґрунтовому комплексі.

Об'єкт, мета та завдання дослідження. Об'єкт дослідження – процес міграції та біохімічних перетворень компонентів фосфогіпсу у ґрунтовому профілі.

Метою дослідження є розробка лабораторно-експериментального комплексу з моделювання процесу міграції та біохімічної конверсії компонентів фосфогіпсу в ґрунтовому профілі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- теоретична формалізація впливу біотичної компоненти ґрунту на трансформацію біогенних сполук і важких металів в ґрунтовому профілі;
- дослідження роботи існуючих ґрунтово-агрохімічних лізіметричних установок;
- розробка лабораторної експериментальної моделі процесу міграції та біохімічної конверсії компонентів фосфогіпсу в ґрунтовому профілі;
- розробка методичних засад функціонування лабораторно-експериментального комплексу.

Аналітичні дослідження та теоретична формалізація впливу біотичної компоненти ґрунту на трансформацію біогенних сполук і важких металів в ґрунтовому профілі. Присутність у ґрунтових екосистемах різних біотичних компонентів, які відрізняються за біохімічною специфічністю, обумовлює різноманітність процесів, що відбуваються у ґрунті. Ґрунтові мікроорганізми трансформують органічні рештки, беруть участь у формуванні структури ґрунту, утворенні гумусу, його мінералізації, у поповненні екосистем мінеральним азотом, у мобілізації фосфору з органічних та важкорозчинних неорганічних сполук, у переведенні речовин з нерозчинного стану в розчинний і навпаки, сприяють чи перешкоджають міграції елементів по ґрунтовому профілю [1].

Ґрунтовій біологічній складовій властива надзвичайно висока різноманітність видового складу. Характер біотрансформацій речовин у ґрунтах залежать від кількісного складу і співвідношення груп представників біоти ґрунту, від кількості і якості органічних решток, водно-повітряного режиму, температури, кислотності, окисно-відновних умов тощо.

В залежності від субстрату, який використовується мікробіотичним компонентом, можна виділити найпоширеніші серед них в ґрунтовому комплексі (рис.1).

Потрапляння компонентів фосфогіпсу до ґрунту може по різному впливати на ґрунтові процеси, в тому числі і біотичні, в залежності від того, в який за генезисом ґрунт, в якій кількості вноситься і які домішки містить фосфогіпс. Так, фосфогіпс збільшує швидкість всмоктування води ґрунтом на 30-35% і покращує водопостачання рослин і ґрунтових організмів. Внесення фосфогіпсу може впливати на якісний склад гумусу: при його додаванні в нейтральних умовах в орному шарі чорноземів збільшується частка гумінових кислот, що зв'язуються з кальцієм фосфогіпсу з утворенням органо-мінеральних важкорозчинних в воді сполук.

Фосфор у ґрунті міститься як в органічній формі (фітин, гліцерофосфат, залишки нуклеїнових кислот тощо), так і у вигляді важкорозчинних неорганічних сполук. В органічній частині ґрунту вміст фосфору, в перерахунку на P_2O_5 , майже в 10 разів більший, ніж у кристалічних гірських породах. Органічні сполуки фосфору здатні розкладати бактерії родів *Bacillus*, *Pseudomonas*, мікроміцети родів *Aspergillus*, *Penicillium*,

Rhizopus, *Trichotecium*, *Alternaria*, дріжджі *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Candida*, *Hansenula*, завдяки їх здатності синтезувати фосфатази.

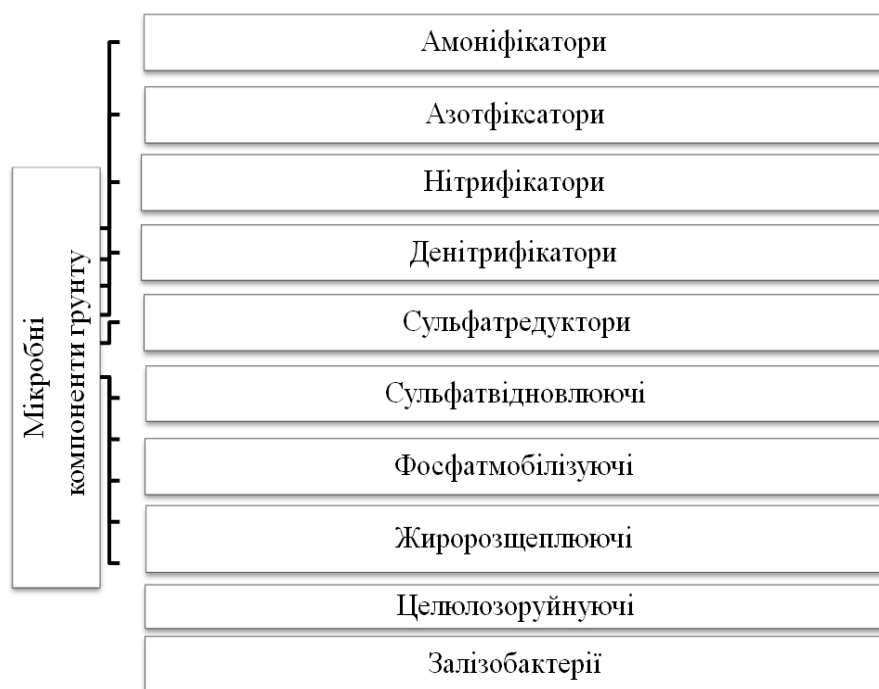
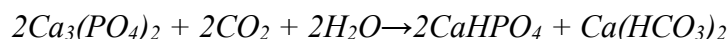


Рис. 1. Найпоширеніші в едафотопі групи мікроорганізмів

Найбільш розчинними є фосфати натрію і калію, а також кислі фосфати кальцію та магнію. На сильнокислих ґрунтах фосфор закріплюється ферумом і алюмінієм, а на карбонатних – кальцієм і магнієм. Мобілізувати фосфор з важкорозчинних сполук заліза, алюмінію і кальцію здатні мікроорганізми родів *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Bacterium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Agrobacterium*, *Burkholderia*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhodotorula*, сульфатвідновнювальні бактерії роду *Desulfobacterium*, везикулярно-арбускулярні мікоризні гриби *Trichoderma* та інші [12].

Фосфати ґрунту можуть розчинятися різними кислотами, в тому числі вуглекислою, що утворюється в результаті корневих виділень рослин:



Мобілізація фосфатів відбувається і в результаті утворення мікроорганізмами різних органічних кислот, кетокислот при бродінні або неповному окисненні вуглеводів. Фосфати перетворюються на розчинні форми і в результаті діяльності нітрифікуючих бактерій, які утворюють азотну кислоту, та бактерій, які окислюють сірку.

Фосфогіпс має кислий рН, тому позитивний ефект від його застосування як джерела кальцію і посилення біологічної активності буде проявлятися, в першу чергу, на лужних і засолених ґрунтах, де катіон кальцію буде витіснити поглинений ґрунтовим комплексом натрій або калій, сприятиме структуруванню ґрунту, підсиленню родючості. Так, кальцій покращує структуру ґрунту, впливає на кислотність середовища, рухливість інших елементів живлення. Кальцій зменшує негативний вплив на рослини феруму, алюмінію і марганцю, переводячи їх у нерозчинні форми, сприяє кращій фіксації азоту з атмосфери азотфіксаторами, мінералізації органічних сполук і вивільненню поживних речовин (N, P, K). В той же час на кислих ґрунтах фосфогіпс буде сприяти ще більшому підкисленню середовища за рахунок вмісту сполук залишкового фтору або фосфору, що посилюватиме міграцію більшості важких металів.

Перерозподіл і міграція важких металів по профілю ґрунту відбувається нерівномірно в залежності від вмісту органічної речовини, мінерального складу ґрунту,

гранулометричного складу, типу водного режиму, реакції середовища ґрунтового розчину, температури ґрунтових горизонтів, наявності та видового складу мікроорганізмів.

У фонових ґрунтах зазвичай зустрічається всього п'ять основних носіїв важких металів: глинисті мінерали, (гідр)оксиди Fe і Mn, сірка та органічна речовина.

Високий вміст гумусу, вільних оксидів заліза чи інших речовин, які є основними носіями важких металів, переважання гумінових кислот в складі гумусу, близька до нейтральної реакція ґрунту, важкий гранулометричний склад забезпечують доволі міцну фіксацію елементів металів і їх відносну нерухомість у ґрунтовому профілі. Важкі метали в залежності від їх вмісту у ґрунті виступають або як каталізатори, або як інгібітори ґрунтових біохімічних процесів.

Роль бактерій в міграції важких металів різна. Певні групи мікроорганізмів беруть участь в редукції сульфатів до сульфідів, що приводе до осадження металів в "сильно" відновлювальних умовах. Інші, наприклад, *Thiobacillus thiooxidans*, – окислюють сульфід металів в аеробному середовищі, сприяючи підкисленню, вивільненню і міграції металів, особливо в кислих дренажних водах. [13].

Оксиди і гідроксиди заліза є мінералами, що достатньо активні по відношенню до ряду важких катіогенних металів, які сорбуються на поверхні частинок (гідр)оксидів заліза. Бактеріальна редукція гідроксидів заліза збільшує рухливість асоційованих з ними важких металів.

Відомі групи бактерій, що викликають дисиміліційне відновлення заліза, загальна їх ознака - здатність окислювати органічну речовину спряжено з відновленням Fe^{3+} . Крім заліза, ці бактерії переводять в осад метали зі змінною валентністю, використовуючи окиснені метали як акцептори електронів [8].

Внесення фосфогіпсу в залежності від його складу та рН може сприяти збільшенню кількості важких металів в складі ґрунту, або збільшенню можливості їх міграції в результаті підкислення середовища (табл. 1) [9].

Ризосферні мікроорганізми є першою ланкою живих структур, які починають взаємодіяти з катіонами та аніонами в ґрунті.

Таблиця 1

Рухомість хімічних мікроелементів в різних ґрунтах в залежності від їх реакції

Тип ґрунту (в залежності від реакції середовища)	Ступінь рухомості елемента		
	Практично нерухомі	Слабкорухомі	Рухомі
Кислі, рН менше 5,5	Mo^{+4}	Pb^{+2-4} , Cr^{+3-6} , Ni^{+2-3} , V^{+4-5} , As^{+3} , S^{+e3} , Co^{+2-3}	Sr, Ba, Cu, Zn, Cd, Hg
Слабкокислі та нейтральні, рН=5,5-7,5	Pb	Sr, Ba, Cu, Cd, Hg, Cr^{+3-6} , Ni^{+2-3} , Co^{+2-3} , Mo^{+4}	Zn, V^{+5} , As^{+5} , S^{+6}
Лужні та сильнолужні, рН=7,5-9,5	Pb, Ba, Co	Zn, Ag, Sr, Cu, Cd	Mo^{+6} , V^{+5} , As^{+5}

Відповідно на рис. 2 нами здійснено формалізацію процесу бактеріальної мінералізації із біохімічним вилученням металів із екосистеми.

Катіони більшості металів можуть реагувати з розчиненими аніонами, такими як сульфат, фосфат, сульфід і бікарбонат. Залежно від доступних аніонів, на бактеріальній поверхні можуть утворюватися різні мінерали. В процесі метаболічно-індукованої біомінералізації утворюються вторинні мінерали в якості побічних продуктів метаболізму бактерій, що можуть містити хімічно зв'язану форму металу, сприяючи вилученню останніх із активного масообмінного потоку в екосистемі

Дослідження роботи існуючих ґрунтово-агрохімічних лізіметричних установок. Секційні лізіметри, що дозволяють досліджувати неоднорідність гравітаційного перенесення вологи в ґрунтах, можливість надходження забруднюючих і поживних речовин у ґрунтові води, оцінити масоперенос, визначити гідрохімічні

параметри руху речовин в ґрунтах. Вони за своїми характеристиками ближче всього розташовуються до лізиметрів агрохімічного ряду.

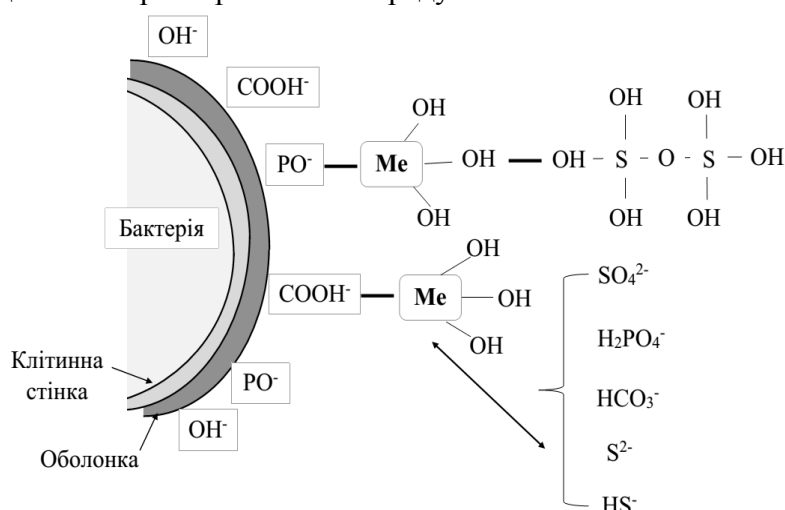


Рис. 2. Схематичне зображення процесу бактеріальної мінералізації із зв'язуванням та осадженням металів у складі мінералів

Однак принциповою відмінністю є те, що в експериментах із застосуванням секційних лізиметрів моделюється ситуація надходження на поверхню ґрунту забруднюючих або поживних речовин (рис. 3).

Лізиметри представляють собою пластикові підноси, розділені на сектори. Кожен сектор має отвір, в який вставлена силіконова трубка. Під лізиметром на дні ніші встановлюється підніс з тарованими пластиковими стаканчиками (флаконами) для збору вологи, що фільтрується. Всі сектори і стаканчики нумеруються, на дно кожного сектора необхідно покласти кружок фільтрувального паперу, щоб уникнути закупорки трубок.

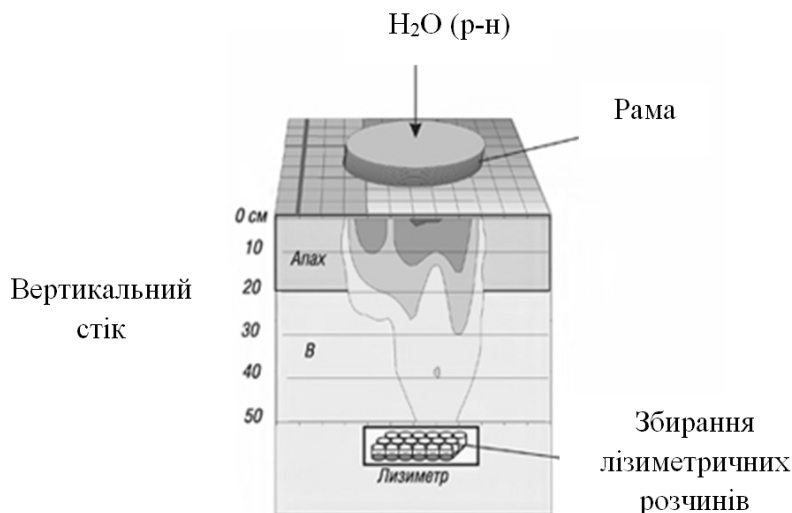


Рис. 3. Вбудовані секційні лізиметри [10]

Ґрунтова волога, яка потрапляє в сектор лізиметра, через трубку надходить в пластикові флакони. Фіксується час і обсяги лізиметричних вод для розрахунку інтенсивності вертикального стоку окремо в кожному секторі. При постановці фільтраційного експерименту з використанням речовин-міток, можливий порційний збір вологи в сектори лізиметра для отримання інформації про явища виносу і просочування розчинених речовин за характером зростання концентрацій. Подібні дані, але одержані в лабораторних умовах на ґрунтових колонках, широко використовуються в математичних моделях перенесення вологи і речовин.

При підготовці лізиметричних установок до роботи після вибору майданчика, закладення розрізу і визначення глибини установки лізиметра слід дотримуватися наступних рекомендацій і послідовності роботи [10].

1. Підготовка майданчика – зачищення, вирівнювання і препарування поверхні, щоб уникнути закупорки пор ґрунту.

2. Встановлення рам. Є зручним використанням рам площею не менше 600 см². Їх слід обережно врізати в ґрунт на глибину 2-3 см з метою збереження структури ґрунтового покриву. Рекомендується встановлювати з урахуванням горизонтального розтікання поливної води на відстані не менше 20-30 см від краю розрізу (траншеї). Рами слід встановлювати на поверхню ґрунту до споруди ніші для лізиметра з двох причин: по-перше, щоб уникнути додаткового висушування ґрунтової товщі, тому що збільшується випаровування з поверхні, по-друге, щоб уникнути обвалу досліджуваного профілю при додатковому тиску під час установки рами. Під час підготовки ніші поверхня ґрунту і рами вкривається поліетиленовою плівкою для зниження випаровування, а зверху, щоб не збільшувалася температура ґрунту, накривають скошеною травою або сіном.

3. Спорудження і підготовка ніші для установки лізиметрів. Її розмір повинен відповідати розміру лізиметра. Верхня стінка (стеля) повинна бути строго горизонтальна, щоб уникнути стікання вологи по площині нахилу і відпрепарована, тому що тільки зрізання ґрунту призводить до змазування і закупорки ґрунтових пор.

4. Установка лізиметра до стелі ніші повинна бути дуже щільною. В такому випадку вони виконують подвійну функцію: збір фільтраційних вод строго з площі, чітко окресленої окремим сектором лізиметра, і механічна підтримка ґрунтової товщі, що змочується. Тому врізаний в стелю ніші лізиметр необхідно зміцнити дошками або фанерою для забезпечення його стійкості.

5. Фільтрація води і розчину. В рами подається вода або розчин, при необхідності підтримується певний рівень (1-5 см). Збір фільтраційних вод проводиться до повного припинення фільтрації, іноді лізиметри залишаються на ніч. Можливе розкриття ґрунтової товщі над лізиметрами з метою дослідження особливостей властивостей ґрунту і перенесення і сорбції речовин.

Таким чином, розглянуті ґрунтово-агрохімічні лізиметри різних конструкцій, засновані на принципі вільного стоку гравітаційної вологи. Недоліком цих лізиметричних установок є те, що неможливо використовувати їх для точних балансових досліджень (за винятком зважуваних лізиметрів) перенесення вологи і речовин. Цього недоліку позбавлені лізиметри для водно-балансових досліджень.

Розробка лабораторної експериментальної моделі процесу міграції та біохімічної конверсії компонентів фосфогіпсу в ґрунтовому профілі. На рис. 4 представлений розроблений лабораторно-експериментальний комплекс, який складається з модуля ґрунтового зрізу – камера з оргскла, габарити: довжина×ширина×висота: 60 см×50 см×70 см.

При цьому на глибинах 30 см і 60 см відбираються проби фільтрату за допомогою спеціальних піддонів, в дні яких є окремі осередки для збору води, - лізиметри. Ці піддони витягуються з модуля з ґрунтом і визначається кількість розчину, що профільтрувався (лізиметричний розчин) і концентрація в ньому основних біогенних речовин (фосфатів, сульфатів) і важких металів, а також значення рН.

Методика проведення дослідження процесів біохімічної трансформації компонентів фосфогіпсу та композитних матеріалів на основі фосфогіпсу. Послідовність відбору ґрунту поблизу відвалу така: вибирається прямокутна ділянка ґрунту, яка має площу 2 500 см², або квадрат із стороною 50×50 см. Уздовж однієї сторони викопується яма та робиться зріз вертикальною площиною вздовж сторони. Висота такої стінки до 70 см, тобто до горизонту материнської породи. Слід зауважити, що як показали попередні польові дослідження, на глибині понад 30 см рівень забруднення наближається до фонового, що зумовлено повільною міграцією важких металів із тіла масиву відвалу.

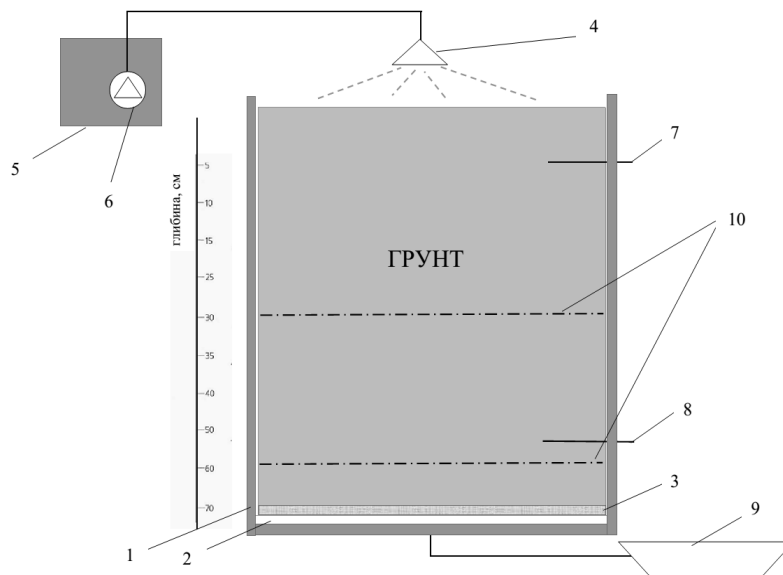


Рис. 4. Лабораторно-експериментальний комплекс: 1 - камера з оргскла; 2 – днище камери з піддоном; 3 – пориста пластинка / перфоровані трубки; 4 – спринклер; 5 – ємність з водою; 6 – насос для подачі води в модуль ґрунтового розрізу; 7, 8 – датчики температури; 9 – ємність для відбору фільтрату; 10 – вбудовані секційні лізиметри

Камера модуля з ґрунтовым зрізом заповнюється ґрунтом, який просіяний через сито Ø 5 мм, зберігаючи притаманний профіль ґрунту (виходячи з генетичних ґрунтових горизонтів місцевості, де розташований фосфогіпсовий відвал).

На поверхні ґрунту, не доводячи до країв рами, наносять шар дигідратного фосфогіпсу з вологістю не менше 45%, товщиною 10 мм або біогенний композит на його основі.

Для проведення дослідів по промивці ґрунту необхідно наситити ґрунт вологою. На зволоження ґрунту використовується 570-600 мл води (в кожен колонку). Для промивки (через 2 години після зволоження) беремо по 270 мл води. Воду розраховуємо по кількості опадів за місяць, в Сумській області кількість опадів за рік складає 603 мм/рік. Середньомісячна кількість опадів приблизно дорівнює 50 мм/місяць. Комплекс функціонує в мезофільному режимі – 20°C (температура у приміщенні лабораторії). Початковий гідравлічний час утримання становив 30 діб.

Відбір ґрунтових зразків, підготовка до аналізу та визначення валових, кислоторозчинних і рухомих форм ВМ проводиться згідно із загальноприйнятою методикою [2].

Аналіз зразків ґрунту на кислотність проводяться шляхом вимірювання показника рН розчину у витяжці 1н КСІ потенціометричним методом.

Лізиметричні розчини відбираються на 30 добу при візуальному спостереженні для фіксації напрямків вертикальної міграції фільтраційного розчину за профілем ґрунту. Далі виходячи з параметрів контролю процесу визначають необхідність продовження часу експерименту.

У ґрунтовому розчині важкі метали знаходяться в з'єднанні з різними присутніми там іонами. Концентрація важких металів у ґрунтовому розчині схильна до різких коливань в залежності від властивостей ґрунту. Найбільший вплив на зміну концентрації елементів роблять наступні фактори:

- 1) тривалість;
- 3) біологічна активність ґрунту;
- 4) надмірна волога;
- 5) гетерогенність твердої фракції ґрунту та біокомпозиту на основі фосфогіпсу.

Крім того, для оцінки кінетики виділення біогенних речовин з композитних матеріалів на основі фосфогіпсу здійснювали вилуговування біологічно активних компонентів із їх зразків при температурі 20°C. Наважку гранульованого композитного матеріалу одного розміру (діаметр 4-5 мм), що містять солі міді, заліза, цинку і т.д., клали у скляну посудину та заливали дистильованою водою (співвідношення т.ф.:р.ф. = 1/5) і здійснювали перемішування протягом 5 хвилин. Потім тверду та рідку фазу розділяли центрифугуванням та фільтруванням. У відділеному фільтраті рентгенфлуорисцентним методом вимірювали вміст металів.

Методика визначення приросту бактеріального матриксу, що відповідає біохімічній активності фосфогіпсу та композитів на його основі. Для проведення комплексного еколого-біохімічного дослідження було здійснено об'єднання існуючих методик мікробіологічних досліджень [3,11] та адаптовано їх до завдань, що були поставлені в роботі. Крім того, було розроблено спеціальне поживне середовище, що містить дигідратний фосфогіпс та відповідні рекомендації його застосування [14].

Етапи проведення визначення:

1) На поверхню готових середовищ у чашки Петрі додавали 1 г зразка фосфогіпсу чи композиту на його основі.

2) Інкубацію й підрахунок колоній, що утворювалися, проводили, враховуючи, що кожна колонія – результат розмноження однієї життєздатної клітини мікроорганізму.

При цьому з кожного розведення робили посів на набір чашок із щільним поживним середовищем (метод паралельних висівів).

3) При значному збільшенні кількість колоній для зручності використовували сітку, нанесену на задню поверхню чашки, яка складається із квадратів 0,5 см × 0,5 см, і підраховували колонії в одному квадраті й множили їх на 20 або 80, в залежності від кількості квадратів і щільності покриття колоніями поверхні. Для автоматизації процесу підрахунку використовували спеціальне програмне забезпечення за допомогою цифрової системи виведення зображення «SEO Scan ICX 285 AK-F IEE-1394» і морфометричної програми «SEO Image Lab 2.0» (Суми, Україна).

При врахуванні результатів визначали середню кількість колоній, що виростили при посіві кожного розведення. Для одержання достовірних результатів відбирали чашки, де число колоній бактерій перебувало в межах від 30 до 300.

Якщо чашки із двох послідовних розведень потрапляють у цю область, кількість колонієутворюючих одиниць (КУО) в 1 мл розраховують як їхнє середнє значення.

4) Розраховують середню кількість КУО (N) в 1 мл за формулою:

$$N = \frac{c}{(n_1 + 0,1 \times n_2) \times d}, \quad (1)$$

де c – сума підрахованих колоній на всіх чашках; n_1 – кількість чашок першого розведення; n_2 – кількість чашок другого розведення; d – коефіцієнт першого розведення; 0,1 – коефіцієнт, що враховує кратність першого й другого розведення.

При цьому отриманий результат співвідносили з масовою вагою гранул фосфогіпсу. Чашки Петрі зі зразками витримували в термостаті ТГУ-01-200 упродовж тижня для підтримання мезофільного температурного режиму (309 К). Дослідження форми та клітинної структури виконується на трансмісійному електронному мікроскопі ЕМВ 100АК (НВО «Електрон», Суми, Україна). Додатково можна здійснити дослідження на сканувальному електронному мікроскопі РЕММА102 (ВАТ «СЕЛІМІ», Суми, Україна). Контроль рН проводиться за допомогою рХ-метр рХ-150 (іонометр) (Білорусь) з електродом скляним комбінованим «ЭКС-10603».

Висновки. Здійснено теоретичну формалізацію впливу біотичної компоненти на процес перетворення та фіксації важких металів у ґрунтовому комплексі.

Для регулювання впливу різних рівнів фізико-хімічних факторів при визначенні основних закономірностей впливу фосфогіпсу та композитних матеріалів на його основі

на процес міграції біогенних елементів та важких металів було розроблено модуль лабораторно-експериментального комплексу та відповідна методика дослідження.

Розроблена лабораторна експериментальна модель дозволить дослідити процес вертикальної міграції фільтраційного розчину за профілем ґрунту, вплив фосфогіпсу на поверхні ґрунту на склад ґрунтового фільтрату, розподіл елементів в межах ґрунтової товщі та його вплив на стан ґрунтових мікроорганізмів, здійснити математичне моделювання кінетики розподілу компонентів фосфогіпсу за ґрунтовым профілем і визначити основні біохімічні показники їх трансформації у ґрунтового комплексу з урахуванням біотичної компоненти.

Література

- 1 Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів / І. К. Курдиш // Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб. – 2009. – Вип. 9. – С. 7–32.
- 2 Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень / А. П. Лісовал. – К., 2001. – 247с.
- 3 Сергійчук М. Г. Будова бактеріальної клітини та методи її дослідження / М. Г. Сергійчук. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 232 с.
- 4 Мониторинговые исследования физико-химических свойств лежалого фосфогипса ТОО «Казфосфат» / М. М. Напенова, А. Б. Асенова, А. Б. Каржаубаева [та ін.] // VII Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум», 2015
- 5 Петренко Д. В. Влияние производства фосфорных удобрений на содержание стронция в ландшафтах: автореферат дис. ... канд. біол. наук спеціальністю 03.02.08 / Д. В. Петренко. – Балашиха, 2014. – 15 с.
- 6 Лычева М. А. Особенности инженерно- геологических условий формирования отвалов фосфогипса / М. А. Лычева // Научный вестник Московского Государственного Горного Университета. – 2011. – №3 (12). – С.53–58.
- 7 Системный подход к экологическому мониторингу в районе размещения отвала фосфогипсовых отходов / Л. Д. Пляцук, Е. Ю. Черныш, Е. Н. Яхненко [та ін.] // Экологический вестник. – Минск, 2015. – № 4 (34). – С. 77–85.
- 8 Водяницкий Ю. Н. Природные и техногенные соединения тяжелых металлов в почвах / Ю. Н. Водяницкий // Почвоведение. – 2014. – № 4. – С. 420–432.
- 9 Трунова І. О. Исследование подвижности тяжелых металлов в грунтах ландшафтов в районе отвалов фосфогипса / І. О. Трунова, С. В. Вакал, Л. Д. Пляцук // Вісник Сумськ. держ. унів. Сер. Технічні науки. – 2004. – №2 (61). – С. 170–174.
- 10 Шеин А. Б. Особенности формирования элементов водного режима дерново-подзолистых почв в годовой, сезонной и суточной динамике / А. Б. Шеин, Е. Умарова // Вестник Московского университета. Сер. 17, Почвоведение. – 2002. – N 3. – С. 22–29.
- 11 МУ 2293-81 Методические указания по санитарно-микробиологическому исследованию почвы, М., 1981.
- 12 Rudresh D. L. Tricalcium phosphate solubilising abilities of *Trichoderma* ssp. in relation to Puptake and growth and yield parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.) / D. L. Rudresh, M. K. Shivaprakash, R. D. Prasad // Can. J. Microbiol. – 2005. – № 51. – P. 217–222.
- 13 Zincsulfur and cadmiumsulfur association in metalliferous peats: evidence from spectroscopy, distribution coefficients, and phytoavailability / C. E. Martinez, M. B. McBride, M. T. Kandianis etc. // Environ. Sci. Technol. – 2002. – V. 36. – P. 3683–3689.
- 14 Chernish E. The sewage sludge detoxification under bio-sulfidogenic condition / E. Chernish // Наука и образование Южного Казахстана. – Шымкент : Издательство ЮКУ, 2012. – № 3/4 (94/95). – С. 205–210.

© Є. Ю. Черниш,
Л. Д. Пляцук,
О. М. Яхненко

М. М. Орфанова, Н. В. Боднар
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛИ БУРШТИНСЬКОЇ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

У статті розглянута проблема нагромадження відходів ТЕС. Досліджено шляхи використання золовідходів у різних галузях промисловості. Проаналізовано хімічний склад золи Бурштинської ТЕС. Наданий еколого-економічний аналіз напрямків поводження з відходами. Обґрунтована ефективність використання золи у будівельній галузі.

Ключові слова: теплова електростанція, золошлаковідвали, зола, утилізація, будівельні матеріали.

В статье рассмотрена проблема накопления отходов ТЭС. Исследованы пути использования золоотходов в различных отраслях промышленности. Проанализирован химический состав золы Бурштынской ТЭС. Предоставленный эколого-экономический анализ направленный на обращения с отходами. Обоснована эффективность использования золы в строительной отрасли.

Ключевые слова: тепловая электростанция, золошлакоотвалы, зола, утилизация, строительные материалы.

In the article the considered problem of waste accumulation power station. The ways of the use of ash waste are investigational in different industries of industry. The chemical analysis of ash of Burshtyn thermal power station is analysed. Powered by environmental and economic analysis of the areas of waste management. The efficiency of the use of ash in the building industry.

Keywords: thermal power station, ash slag dumps, ash, utilization, building materials

Вступ та актуальність проблеми. Поводження з промисловими відходами є однією з найбільших проблем ХХІ століття, як у світі, так безпосередньо і в нашій країні. Це пов'язано з тим, що людство для задоволення своїх потреб вилучає і використовує велику кількість природних ресурсів і в результаті чого утворюється та нагромаджується значна кількість відходів.

Провідне місце у виготовленні електроенергії в Україні належить тепловим електростанціям, яких на даний час налічується 15. Найбільшими з них є Запорізька, Криворізька, Зміївська (Харківська область), Бурштинська (Івано-Франківська область), Ладизинська (Вінницька область), Придніпровська (Дніпропетровська область), Старобешівська (Донецька область), Трипільська (Київська область). За статистичними даними, на ТЕС України щорічно утворюється приблизно 15-16 млн. тонн золошлакових відходів, а загальна кількість нагромаджених відходів у золошлаковідвалах складає не менше 220 млн.т. Ще одним не менш важливим показником є те, що питома вага переробки відходів ТЕС в Україні знаходиться в межах 10-14%, тоді як у США цей показник досяг 20%, у Великій Британії – 60%, у Франції – 62%, у Німеччині – до 76% [4]. Тому кількість утвореної золи значно перевищує кількість переробленої, що призвело до збільшення об'ємів нагромаджених відходів у золошлаковідвалах. У свою чергу під них відведені великі площі родючих українських земель. У зв'язку з чим все більшої актуальності набуває проблема пошуку оптимальних напрямків поводження з золошлаковими відходами ТЕС з метою зменшення об'ємів їх нагромадження.

Аналіз останніх досліджень. Використання золи, як відходів ТЕС, має екологічне та економічне значення, оскільки її нагромаджено у значних кількостях, а утримання відвалів вимагає значних витрат. З іншого боку, зола є цінною вторинною мінеральною сировиною, яку можна використовувати для отримання готової продукції:

- у виробництві будівельних матеріалів;
- у виробництві керамічних виробів;
- у виробництві будівельних і гідроізоляційних мастик;
- у сільському господарстві;
- для спорудження вторинних дамб;
- у дорожньому будівництві;
- для укріплення виробок шахт.

У виробництві будівельних матеріалів. Зола може бути використана як мінеральний мікрозаповнювач цементу, що сприяє збільшенню пластичності будівельних розчинів [3]. Аглопорит та керамзит отримують спученням і спіканням в печах гранул, що формують із суміші глини і золи, де вона виступає в якості легкого пористого заповнювача. При виробництві силікатної цегли частина вапна і піску може бути замінена золою, при цьому витрата вапна знижується на 10–50 %, піску на 20–30%. Зола з успіхом використовується у виробництві шлакової пемзи і вати [1].

Досвід роботи заводів ряду країн показав, що економічно доцільно вводити золу до складу звичайного бетону [2, 3]. Чим дрібніша зола, тим менше потрібно води для отримання необхідної консистенції бетонної суміші. Це сприяє поліпшенню таких показників як гранулометричний склад, підвищення однорідності, щільності бетонної суміші та її пластичності. Застосування летючої золи при виробництві бетону забезпечує максимальну економію цементу до 10-25% залежно від виду, якості заповнювачів і типу будівельних конструкцій. Доведено, що зола виступає як мінеральна добавка і як мікронаповнювач, що покращує процес тужавіння бетонної суміші. Також введення золи у бетонну суміш сприяє зниженню показника водовідділення.

У виробництві керамічних виробів. Зола в якості пісної та вигоряючої добавки може бути використана у виробництві керамічних виробів на основі глинистих матеріалів [2, 3]. У виробництві зольної кераміки використовується суміш, що складається із золи, шлаку, натрієвого рідкого скла в кількості 3% за об'ємом. Така кераміка характеризується високою кислотостійкістю, низьким стиранням, високою хімічною і термічною стійкістю [3].

У сільському господарстві. Так як до складу золи входять органічні вуглець та азот, які входять також до складу ґрунту, то це дозволяє використовувати золу в сільському господарстві. Зола підвищує якість ґрунту, покращує його текстуру, щільність, впливає на показники вологості. Відповідно, покращуючи механічні властивості, покращуються фізико-хімічні його властивості, що сприяє підвищенню врожайності [3].

На жаль в Україні практично відсутній досвід використання золошлакових відходів у дорожньому будівництві як добавка до мінерального порошку при приготуванні асфальтобетонних сумішей, а також як добавка до дорожніх цементних бетонів [2].

В напрямку укріплення ґрунтів зола використовується як в'язучий компонент, який дозволяє замінити частину цементу [2]. Найкращими показниками міцності характеризуються суміші, одержані із золи від спалювання бурого вугілля.

Метою статті є аналіз та оцінка перспективних напрямків поведінки з золою теплових електростанцій, на прикладі золи Бурштинської ТЕС.

Виклад основного матеріалу та результатів дослідження. Бурштинська ТЕС є потужним джерелом утворення електроенергії в Західному регіоні, яка внаслідок спалювання палива, утворює велику кількість золи, обсяги якої щороку зростають. Бурштинська ТЕС входить в склад Державної Акціонерної Енергогенеруючої Компанії (ДАЕК) "Західенерго". Вона розташована в 6 км на південний схід від м. Бурштин Галицького району Івано-Франківської області.

Бурштинська ТЕС, найбільша на заході України, з проектною потужністю 2400 МВт (12 енергоблоків по 200 МВт) введена в експлуатацію у 1965-1969 рр. Зараз ТЕС забезпечує електроенергією західні області України (потужність – 600-800 МВт) і

поставляє електроенергію на експорт у країни Центральної Європи (Словаччина, Чехія, Угорщина – 400-600 МВт).

Основне паливо Бурштинської ТЕС – вугілля, допоміжне – природний газ та мазут. ТЕС проектувалась на спалювання вугілля Львівсько-Волинського родовища калорійністю 5500 ккал/кг. На даний час ТЕС працює на вугіллі калорійністю 4000 ккал/кг з очікуваним зниженням калорійності до 3500 ккал/кг. Окрім вугілля з Львівсько-Волинського родовища на ТЕС спалюється вугілля з Донецького і Сілезького родовищ, а також мазут. В основному Бурштинська ТЕС працює на вугільній суміші, елементний склад якої (%): С – 43,8, Н₂ – 3,0, N₂ – 0,8, S – 2,4.

Система газопостачання природним газом виконана на повну потужність ТЕС. Система водопостачання – замкнута із ставком-охолоджувачем ємністю 50 млн м³ води і площею понад 2 тис. га.

Золовлівлювання здійснюється на чотирьохпольних електрофільтрах типу ПГДС-4-70 і ПГДС-4-38. За 1998 рік на ТЕС вироблено 6,2 млн. кВт/год [4].

Одним з основних твердих відходів від виробництва Бурштинської ТЕС є зола (суха і зольна пульпа), яка належить до 4 класу небезпечності.

На електростанції діє повітряна і гідравлічна система видалення відповідно сухої і мокрої золи. Зола транспортується на золошлаковідвал № 3 площею 43,8 га [4].

Зола Бурштинської ТЕС містить (%): SiO₂ – 80,25; CaO – 0,28; MgO – 3,60; Fe₂O₃ – 10,18; SO₃ – 2,08; K і Na – сліди.

Аналізуючи сучасні напрямки поводження з золою теплових електростанцій та базуючись на хімічному складі золи Бурштинської ТЕС, можна зробити висновок, що оптимальним напрямком є її використання у виробництві будівельних матеріалів (рис. 1).

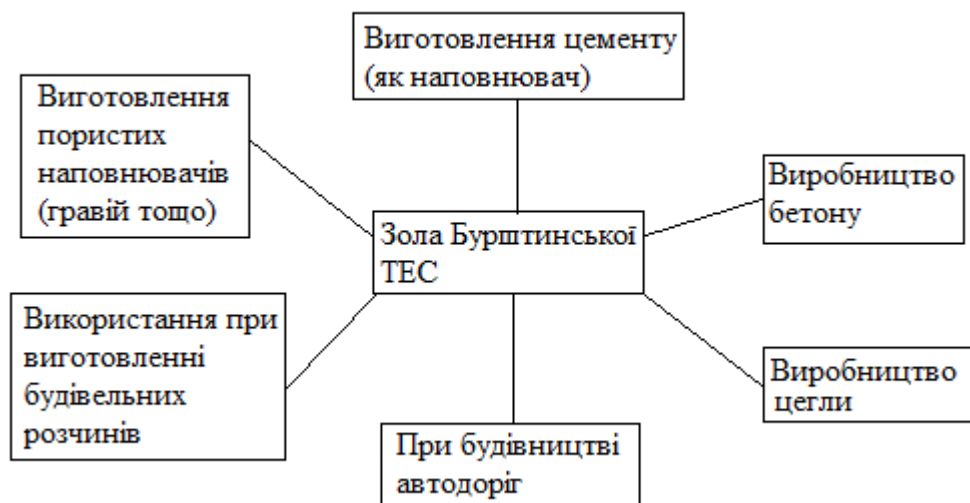


Рис. 1. Блок-схема перспективних напрямків застосування золи Бурштинської ТЕС у будівельній галузі

Таким чином, склад золи Бурштинської ТЕС дозволяє використовувати її у наступних напрямках виробництва будівельних матеріалів:

- для виготовлення цементу;
- виробництво бетону;
- виробництво цегли;
- при будівництві автодоріг;
- використання при виготовленні будівельних розчинів;
- виготовлення пористих наповнювачів (гравію тощо).

Перспективність використання золи Бурштинської ТЕС у галузі виробництва будівельних матеріалів можна за допомогою SWOT-аналізу, розкриваючи сильні і слабкі сторони, можливості і загрози запропонованого напрямку (табл. 1).

Таблиця 1

SWOT-аналіз напрямків використання золи Бурштинської ТЕС

Сильні сторони	Слабкі сторони
1) Низька собівартість золи 2) Заміна сировинних компонентів іншою складовою із золовідходів 3) Екологічність даної продукції 4) Стабільний попит на продукцію 5) Наявність відповідної технологічної та матеріальної бази 6) Вигідне географічне положення 7) Відсутність іншого виробника в регіоні 8) Довготривалий процес експлуатації	1) Запиленість прилеглих територій в процесі виробництва будівельних матеріалів.
Можливості	Загрози
1) Налагодження співпраці з постачальником продукції 2) Вихід на міжнародний ринок 3) Налагодження співпраці з різними ринками збуту продукції	1) Запиленість прилеглих до виробничих комплексів територій впливає на органи дихання населення.

Висновки. Щорічно Бурштинська ТЕС утворює сотні тонн золи, яка складається на території золошлаковідвалів і ця кількість невпинно зростає. Проаналізувавши останні дослідження напрямків використання золи та базуючись на її хімічному складі, були виокремлені напрямки використання золи Бурштинської ТЕС у галузі виробництва будівельних матеріалів.

Таким чином, використання золошлакових відходів теплоенергетики треба вважати перспективним напрямком. Для досягнення цієї мети потрібно розробити пропозиції щодо технологічного та економічного стимулювання використання золи. Все це, безумовно, кроки вперед, але все ж головною проблемою залишається те, що використання золи Бурштинської ТЕС є побічною справою, тобто не має підтримки на державному рівні.

Література

- 1 Азроян Г. Н. Дослідження процесів вертикальної міграції іонів важких металів в золо- та шлаковідвалах Бурштинської ТЕС та їх осадження на карбонатах / Г. Н. Азроян, М.М. Орфанова, С.С. Думенко, Ю.А. Крикливий // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2011. – № 2 (4). – с. 30–36.
- 2 Будівельні матеріали з відходів промисловості / Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л.: Навчально-довідковий посібник. – Ростов-на-Дону: изд-во «Фенікс», 2007. – 177 с.
- 3 Ковальський В. П. "Використання золи виносу ТЕС у будівельних матеріалах"/ В. П. Ковальський, О. С. Сідлак // Науково-технічний збірник "Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві" – 2014.- ст. 22-28.
- 4 Хлопицкий А. А. Перспективы утилизации золошлаковых отходов тепловых электростанций / А. А. Хлопицкий, Н. П. Макаренко// Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. – 2013. – №1 (1).
- 5 Хлопицкий О.О. "Стан. проблеми та перспективи переробки золошлакових відходів теплоелектростанцій України" / О.О. Хлопицкий // Scientific Journal «ScienceRise» №4/2(4)2014. – ст. 23-28.

© М.М. Орфанова,
Н. В. Боднар

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ

УДК 502.3

*А. А. Несстер**Хмельницький національний
університет*

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РИЗИКУ ВИРОБНИЦТВА ПЛАТ ТА ГАЛЬВАНІКИ

В статті розглядаються питання визначення екологічного ризику підприємства виробництва плат і гальваніки на основі використання двох найбільш універсальних методів: експертних оцінок і статистичного. Експертна оцінка передбачає опитування експертів – працівників підприємства і обчислення що відповідають β -коефіцієнтам рівня ризику. Для розрахунків екологічного ризику розроблена анкета, яка включає також питання, що характеризують підприємство в цілому. Серед них продукція, витрати, технологія, фінансовий стан, кваліфікація персоналу. Вибрані критерії оцінки дозволили виявити чинники і наслідки прояву ризиків для кожного напрямку виробничої діяльності. Ваговитість критерію запропоновано враховувати за рахунок коефіцієнтів значущості, визначених експертним шляхом. При використанні статистичного методу приведений ряд статистичних коефіцієнтів, дані рекомендації по їх можливому використанню.

Ключові слова: екологічний ризик, виробництво плат, показники небезпеки, утилізація відходів, експертні оцінки, допустимий рівень ризику.

В статье рассматриваются вопросы определения экологического риска предприятия производства плат и гальваники на основе использования двух наиболее универсальных методов: экспертных оценок и статистического. Экспертная оценка предусматривает опрос экспертов – работников предприятия и вычисление соответствующих β -коэффициентов уровня риска. Для расчетов экологического риска разработана анкета, которая включает также вопросы, характеризующие предприятие в целом. Среди них продукция, затраты, технология, финансовое состояние, квалификация персонала. Выбранные критерии оценки позволили выявить факторы и следствия проявления рисков для каждого направления производственной деятельности. Весомость критерия предложено учитывать за счет коэффициентов значимости, определенных экспертным путем. При использовании статистического метода приведен ряд статистических коэффициентов, даны рекомендации по их возможному использованию.

Ключевые слова: экологический риск, производство плат, показатели опасности, утилизация отходов, экспертные оценки, допустимый уровень риска.

In the article the questions of determination of ecological risk of enterprise of production of pays and gal'vaniki are examined on the basis of the use of two most universal methods: expert estimations and statistical. An expert estimation envisages questioning of experts - workers of enterprise and calculation corresponding β -coefficients level of risk. For the calculations of ecological risk a questionnaire, that includes questions also, characterizing an enterprise on the whole, is worked out. Among them there are products, expenses, technology, financial state, qualification of personnel. The chosen criteria of estimation allowed to educe factors and consequence of display of risks for every direction of productive activity. Meaningfulness of criterion it is suggested to take into account due to the coefficients of meaningfulness, certain an expert way. At the use of statistical method a row over of statistical coefficients is brought, recommendations are given on their possible use.

Keywords: ecological risk, production of pays, indexes of danger, utilization of wastes, expert estimations, possible level of risk.

Постановка проблеми. Питання оцінки і управління ризиком в різних областях виробництва економічно розвинених країн з переважанням високотехнологічних виробництв придбали актуальність і значущість сьогодні через широке використання хімічних елементів, недосконалістю процесів знешкодження, утилізації відходів [1-9]. Вони досить широко висвітлені в роботах зарубіжних і вітчизняних науковців [12-15]. Застосування терміну "ризик" в різних сферах (економіка, політика, довкілля) привело до неможливості розробки уніфікованого підходу до його оцінювання. Існує багато видів ризиків, серед яких особлива увага з 90-х років XX ст. приділяється екологічному ризику.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел свідчить, що уніфікована методика визначення екологічного ризику в сучасних навіть розвинених державах відсутня [14]. Розрахункові методики комплексної оцінки екологічного ризику і визначення небезпеки речовин потребують складного інформаційного пошуку кожного з компонентів показників небезпеки (токсикологічних, санітарно-гігієнічних, фізико-хімічних).

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. На етапі теоретичних розробок і лабораторних випробувань нових технологій неможливо дати кількісну оцінку ризику по відомих методиках, оскільки неможливо проаналізувати невизначеності (стан здоров'я, вік, стать, кількість людей і інших біологічних об'єктів, на які впливатиме негативний чинник, частоту і тривалість контакту, концентрації забруднюючих речовин так далі), які визначають вірогідність виникнення збитку і його розміри, але можна дати якісну оцінку ризиків методом експертних оцінок [13-15]. Удосконалення відомих методик розрахунку ризику і розробка нових дозволить підвищити якість управління у сфері захисту довкілля, забезпечить коректне зіставлення даних про екологічну небезпеку виробництв і технологічних процесів.

Постановка завдання. Оцінка рівня ризиків забруднення довкілля проведемо для одного державного підприємства на основі використання методу експертних оцінок, яка передбачає опитування 5 експертів – працівники підприємства і обчислення відповідних β -коефіцієнтів. З цією метою розроблена анкета, яка містить питання, що характеризують підприємство в цілому (його продукцію, витрати, технологію, фінансовий стан) і статистичного методу. Теоретико-методологічне обґрунтування і загальні методичні стани детально викладені в [14].

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливою частиною наукового соціально-екологічного обґрунтування режимів експлуатації устаткування виготовлення плат і гальваніки на підприємстві є оцінка впливу на довкілля (ОВНС). ОВНС стає процедурою, яка супроводжує виробничі проекти відповідно до норм цивілізованих країн і згідно з вимогами міжнародних організацій [13, 15].

Спочатку розглянемо можливості застосування методу експертних оцінок, як найбільш універсального. Результати опитування експертів, сума оцінок, коефіцієнти значущості і сума оцінок з урахуванням цих коефіцієнтів представлені в таблицях 1-4 (вибрані чинники і критерії оцінки можуть змінюватися залежно від специфіки діяльності підприємства і необхідної деталізації). Відповідно до запропонованої шкали ризик змінюється від мінімального рівня (0,5) до критичного (2). Отримавши суми оцінок експертів з урахуванням значущості, ми можемо розрахувати величини β - коефіцієнтів за формулою:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n k_{ij} p_i}{n}, \quad (1)$$

де, k_{ij} – оцінка j -м експертом i -го критерію; p_i – значимість i -го критерію ($\sum_{i=1}^m p_i = 1$); m – кількість критеріїв; n – кількість експертів.

Таблиця 1

Експертна оцінка виробничого ризику

№	Критерій	Оцінки експертів					Сума оцінок	Значимість критерію	Сума оцінок з врахуванням значимості
		1	2	3	4	5			
1	Виробнича політика	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	3,75	0,20	0,75
2	Собівартість	1,50	1,00	1,50	2,00	1,50	7,50	0,30	2,25
3	Технічний рівень	1,50	1,50	2,00	1,00	1,50	7,50	0,10	0,75
4	Використання обладнання	0,75	0,75	0,75	1,00	0,50	3,75	0,15	0,56
5	Система мотивації праці	2,00	1,50	1,00	2,00	1,50	8,00	0,10	0,80
6	Кваліфікація виробничого персоналу	0,75	0,75	0,75	1,00	0,50	3,75	0,15	0,56
Разом								1,00	5,68/5=1,136

Таблиця 2

Експертна оцінка технологічного і комерційного ризику

№	Критерій	Оцінки експертів					Сума оцінок	Значимість критерію	Сума оцінок з врахуванням значимості
		1	2	3	4	5			
1	Сучасність використаних матеріалів	0,75	0,75	0,50	1,00	0,75	3,75	0,20	0,75
2	Рівень технології	0,50	0,75	1,00	0,75	0,75	3,75	0,25	0,94
3	Організація збуту	0,75	0,75	1,00	0,50	0,75	3,75	0,10	0,38
4	Упаковка	0,75	0,75	0,75	1,00	0,50	3,75	0,15	0,56
5	Реклама	1,50	1,00	1,00	1,00	0,75	5,25	0,10	0,53
6	Наявність конкурентів та їх сила	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	7,50	0,20	1,50
Разом								1,00	4,65/5=0,93

Вибрані критерії оцінки дозволять виявити чинники і наслідки прояву ризиків для кожного напрямку виробничої діяльності. Ваговитість критерію враховується за рахунок коефіцієнтів значущості, визначених експертним шляхом. За оцінками експертів найбільший ризик складає низький технічний рівень і неідеальна система мотивації праці на підприємстві.

Основним ризик-фактором негативного впливу є сильна конкурентна боротьба в цій галузі і недостатня рекламна діяльність (що дуже характерно для державних підприємств навіть в важких умовах ринку).

Аналізуючи дію основних чинників екологічної складовою ризику важливо виділити значні невирішені проблеми з відходами виробництва і низький рівень виробничого екологічного навчання.

Найбільш вагомими чинниками внутрішніх ризиків видимі високі витрати і фінансові проблеми практично за усіма виділеними критеріями. Результати по п'яти складовим внутрішнього ризику підприємства, отримані в таблицях 1-4, заносимо в

таблицю 5; при цьому повторно визначаємо коефіцієнти значущості і знаходимо суму оцінок з урахуванням ваговитості складових внутрішнього ризику підприємства.

Таблиця 3

Експертна оцінка ризику екологічної діяльності

№	Критерій	Оцінки експертів					Сума оцінок	Значимість критерію	Сума оцінок з врахуванням значимості
		1	2	3	4	5			
1	Екологічна культура	1,00	0,75	0,75	1,00	0,75	4,25	0,20	0,85
2	Стан охорони праці	0,50	0,75	1,00	0,75	0,75	3,75	0,10	0,38
3	Реалізація відходів	1,50	1,50	2,00	1,50	1,00	7,50	0,20	1,50
4	Виробнича дисципліна	0,50	1,00	0,75	1,00	0,50	3,75	0,10	0,38
5	Оренда приміщень	0,75	0,50	1,00	0,75	0,75	3,75	0,20	0,75
6	Виробниче, екологічне навчання	1,50	0,75	1,50	0,75	1,00	5,50	0,20	1,10
Разом								1,00	4,95/5=0,99

Таблиця 4

Оцінка складових внутрішнього ризику

№	Критерій	Оцінки експертів					Сума оцінок	Значимість критерію	Сума оцінок з врахуванням значимості
		1	2	3	4	5			
Загальна характеристика									
1	Імідж підприємства на ринку	0,75	1,00	0,50	0,50	1,00	3,75	0,20	0,75
2	Кваліфікація адміністративного персоналу	0,50	0,50	1,00	0,75	1,00	3,75	0,20	0,75
3	Місцезнаходження підприємства та його підрозділів	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50	0,05	0,13
4	Відповідність продукції стандартам якості	0,75	1,00	0,50	0,75	0,75	3,75	0,15	0,56
5	Безпека продукції для споживача	0,75	0,50	0,75	0,75	0,50	3,25	0,05	0,16
6	Прямі витрати	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	6,50	0,15	0,98
7	Непрямі витрати	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	6,00	0,20	1,20
Разом								1,00	4,53/5=0,906
Оцінка фінансового стану									
1	Капітальні вкладення	1,00	0,75	0,50	0,75	0,50	3,50	0,20	0,70
2	Кредити	2,00	1,50	1,50	1,50	2,00	8,50	0,25	2,13
3	Оборотний капітал. Ліквідність	1,50	2,00	2,00	1,50	2,00	9,00	0,25	2,25
4	Дохідність	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	7,50	0,20	1,50
5	Організація обліку	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	3,75	0,10	0,38
Разом								1,00	6,95/5=1,39

Таблиця 5

Оцінка загального внутрішнього ризику підприємства

№	Критерій	Сума оцінок	Значимість критерію	Сума оцінок з врахуванням значимості
1	Оцінка складових внутрішнього ризику	0,906	0,10	0,0906
2	Оцінка фінансового стану	1,39	0,25	0,3475
3	Експертна оцінка виробничого ризику	1,136	0,25	0,284
4	Експертна оцінка технологічного та комерційного ризику	0,93	0,25	0,2325
5	Експертна оцінка ризику екологічної діяльності	0,99	0,15	0,1485
Разом			1,00	1,1031

Значення β -коефіцієнтів, які характеризують міру окремих груп ризиків і сукупного внутрішнього ризику підприємства, представлені в табл. 6. Як бачимо з таблиці 6 для підприємства характерним є оптимальний рівень технологічного ризику і ризику іншої екологічної діяльності, допустимий рівень виробничого і сукупного внутрішнього ризику.

Таблиця 6

Результати експертної оцінки ризиків підприємства в цілому

№	Вид ризику	Значення β -коефіцієнта
1	Виробничий ризик – оцінка виробничого ризику	1,14
2	Комерційний ризик-оцінка технологічного ризику	0,93
3	Оцінка ризику екологічної діяльності	0,99
4	Скупний внутрішній ризик	1,10

На думку експертів, найвищим з усіх є саме виробничий ризик, який переважно проявляється у вигляді зростання виробничої собівартості продукції. Найбільш суттєвим чинником ризику в технологічній діяльності є нарощування виробничих потужностей вже існуючих і створення нових виробничих майданчиків. Для діагностики ризиків екологічної діяльності підприємства досить зручним є проведення діагностики ризику екологічної діяльності на ПК в середовищі табличного редактора Microsoft Excel або OpenOffice.org.

Розглянемо особливості методики комп'ютерної діагностики екологічного ризику на основі статистичного методу. Необхідною початковою інформацією для проведення діагностики виробничого ризику є звіти підприємства про об'єми виготовленої продукції, виручку від реалізації продукції та інший дохід як мінімум за 5 років роботи виробничого підприємства. Для підприємств з багатомоноклітурним виробництвом в якості показника обсягу виробництва бажано використати об'єм товарної продукції в порівнянних цінах. При проведенні оцінки екологічного ризику можна використати показники рівня викидів, наявність відходів виробництва, штрафи за забруднення довкілля і так далі.

Оцінку відхилення даних відносно середнього значення здійснюють за такими показниками:

- 1) середнє арифметичне обсягів виробництва, доходу (використовують статистичну функцію СРЗНАЧ в Excel або AVERAGE;
- 2) дисперсію (функції ДИСПР або VAR), середньоквадратичне відхилення (функції КОРІНЬ або SQRT, в яких аргументом виступає значення дисперсії);
- 3) коефіцієнт варіації;

4) модуль відхилення (функція ABS), семиквадратичне відхилення і коефіцієнт семиваріації;

5) асиметрія (функції SKOS або SKEW), ексцес (функції EKSCES або KURT), коефіцієнти асиметрії і ексцесу.

Процес проведення діагностики може бути розподілений на такі основні етапи:

1. Формування таблиць в середовищі табличного редактора з початковими даними про виробництво і реалізацію продукції конкретного підприємства.

2. Безпосереднє здійснення оцінки ризику, який передбачає розрахунок таких статистичних показників :

– середнє арифметичне квадратів відхилень значення відносно середнього значення;

– дисперсія, середньоквадратичне відхилення;

– коефіцієнт варіації, модулі відхилень, показники семиваріації

3. Завершальний етап обчислень, який передбачає послідовне визначення показників, які характеризують крутизну ряду даних (щільність розподілу ймовірності) і міру асиметричності ряду даних (щільність розподілу випадкової величини відносно її середнього значення).

4. Аналіз результатів діагностики ризику, формулювання висновків і рекомендацій.

Статистичний метод оцінки ризику має свої переваги, недоліки і обмеження використання. Перевагами цього методу є:

1. Точність і обґрунтованість методу за умови наявності статистичної інформації за значний проміжок часу.

2. Порівняно низькі витрати на проведення оцінки ризику.

3. Можливість короткострокового прогнозування з використанням трендових моделей

До недоліків статистичного методу можна віднести:

1. Значну трудомісткість робіт за оцінкою ризику.

2. Метод спрямований на оцінку існуючого, а не прогнозованого стану ризику, не дозволяє врахувати усі чинники ризику.

3. При аналізі даних за короткостроковий період існує ризик отримання помилкових даних.

Обмеження використання цього методу полягає в наступному:

1. Метод не використовується в умовах різких різновекторних коливань внутрішнього і зовнішнього середовища.

2. Метод доцільно використати тільки за наявності значної кількості достовірних даних не менше ніж за 5 попередніх років.

Оцінку ризику екологічної діяльності проводимо із застосуванням статистичного методу (табл. 7) – початкові дані рівень штрафних санкцій підприємства за зайві викиди шкідливих відходів протягом року в місячному розрізі.

Таблиця 7

Оцінка ризику екологічної діяльності статистичним методом

№ п/п	Назва показника	Значення
1	Дисперсія	883,140
2	Коефіцієнт варіації	0,578
3	Модуль відхилення	122,844
4	Семиквадратичне відхилення	24,872
5	Коефіцієнт семиваріації	0,484
6	Коефіцієнт асиметрії	-1,634
7	Коефіцієнт варіації асиметрії	0,051
8	Коефіцієнт ексцесу	10,106
9	Коефіцієнт варіації ексцесу	0,0018

На основі даних можна зробити висновок про високу міру ризику екологічної діяльності за критерієм коефіцієнта варіації, який досягає критичного рівня (див. значення в табл. 7). Інші статистичні оцінки підтверджують отримані результати і можуть рекомендуватися для використання при необхідності більшої деталізації окремих аспектів ризику, конкретизації ризикової ситуації або ухвалення рішення в умовах різного рівня схильності менеджера до ризику.

Іншим сучасним методом, який використовується для оцінки економічного ризику, є методика комп'ютерної діагностики на основі операційного аналізу як найбільш прогресивного методу оцінки. Метою операційного аналізу є з'ясування, що відбудеться з результатами, якщо рівень або обсяг виробництва зміниться. В той же час можливості оцінки екологічної складової при цьому практично відсутні.

Проте, сфера застосування цього методу є ширшою, і дозволяє не лише оцінити рівень загального ризику, але і врахувати витрати.

Аналіз в табличному редакторі передбачає здійснення таких етапів :

1. Формування масиву початкових даних на основі звітності підприємства і заповнення відповідних таблиць.
2. Обчислення показників аналізу.
3. Прогнозування ризику діяльності з використанням методів комп'ютерної діагностики.
4. Аналіз отриманих результатів і надання рекомендацій відносно зменшення міри ризику.

В результаті можна відмітити: основні переваги методу операційного аналізу полягають в тому, що він не передбачає складних розрахунків, дозволяє врахувати чинники ризику і спрогнозувати його рівень. Окрім цього цей метод може бути використаним як для внутрішнього аналізу, так і для аналізу партнерів або контрагентів. Детально з окремими аспектами цього питання можна ознайомитися [16].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Для оцінки екологічного ризику і окремих його складових можна і рекомендується застосовувати універсальні методи (експертних оцінок, статистичний) з обов'язковим акцентом на окремі чинники, що впливають на стан навколишнього середовища. В той же час можуть бути розроблені і спеціальні методи оцінки, але не варто розглядати екологічні чинники ризику окремо від інших складових діяльності підприємства (наприклад, виробнича – екологічність техніки, комерційна, – екологічність продукту і упаковки, фінансова, – фінансові можливості проведення заходів з охорони довкілля або покриття штрафів і так далі).

Подальші дослідження мають бути спрямовані на більше поглиблену діагностику ризиків екологічної діяльності підприємства з виділенням окремих чинників впливу і пошуком ключового показника ризику.

Література

- 1 Поташников Ю.М. Утилизация отходов производства и потребления. Учебное пособие. / Ю.М.Поташников – Тверь.: Издательство ТГТУ, 2004.– 107 с.
- 2 Харлампович Г.Д. Безотходные технологические процессы в химической промышленности. / Г.Д.Харлампович, Р.И.Кудряшова – М.: Химия, 1978. – 280 с.
- 3 Кафаров В.В. Принципы создания безотходных химических производств. / В.В.Кафаров – М.: Химия, 1982.- 288 с.
- 4 Химия промышленных сточных вод / под ред. А. Рубина ; пер. с англ. А. В. Расторгуева, В. А. Субботина. - М. : Химия, 1983. – 360 с
- 5 Зеликман А.Н. Металлургия редких металлов. Учебник для вузов. / А.Н.Зеликман, Б.Г.Коршунов.-М.: Металлургия, 1991, 432 с.
- 6 Быстров Г.А. Обезвреживание и утилизация отходов в производстве пластмасс. / Г.А.Быстров, В.М.Гальперин, Б.П.Титов – Л.: Химия, 1982.-264 с.
- 7 Королев В.А. Очистка грунтов от загрязнений. / В.А.Королёв. – М., МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001, - 365 с.
- 8 Вавилин О.А. Защита атмосферного воздуха от промышленных выбросов гидролизных предприятий. / О.А.Вавилин – М.: Лесная промышленность. 1986. – 174 с.

- 9 Косов В.И. Утилизация отходов производства и потребления: Учебное пособие./ В.И Косов, В.Н.Иванов, Р.В.Сухарукова – Тверь.: Издательство ТГТУ, 2000. – 344 с.
- 10 Родионов А.И. и др. Техника защиты окружающей среды Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. / А.И.Родионов, В.Н Клушин, Н.С. Торочешников – М.: Химия, 1989. – 512 с.
- 11 Родионов А.И., Оборудование, сооружения, основы проектирования химико-технологических процессов защиты биосферы от промышленных выбросов. Учебное пособие для вузов./ А.И Родионов., Ю.П.Кузнецов, В.В.Зенков, Г.С.Соловьев - М.: Химия, 1985. – 352 с.
- 12 Альгин А.П.Грани экономического риска / А.П.Альгин.-М.: Знание, 1991.-63 с
- 13 Субботницкий Д. Ю. Риск и неопределенность: бесконечный путь к недостижимой истине / Д. Ю.Субботницкий .Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена №97/2009 С121-125
- 14 Лук'янова В.В. Діагностика ризику діяльності підприємства /В.В. Лук'янова. – Хмельницький: ПП Ковальський В.В, 2007. – 312 с.
- 15 Чернова Г.В. Практика управления рисками на уровне предприятия / Г.В.Чернова. – СПб.: Питер, 2000. -176 с
- 16 Lukyanova V.V. Risk management procedures as a component of the managerial system of corporate for eigneconomic activity / V.V. Lukyanova, A.V. Sviderska // Scientific Bulletino Polissia. - № 3. – Chernihiv, 2015. – С. 90-95.

© А. А. Нестер

ЗБАЛАНСОВАНЕ РЕСУРСОКОРИСТУВАННЯ

УДК 505.4

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

ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. РОЗРОБКИ НАУКОВОЇ ШКОЛИ ПРОФЕСОРА ОЛЕГА АДАМЕНКА «РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТА ЗАХИСТ ПРИРОДИ»

Інженерно-екологічні дослідження Наукової школи професора Олега Адаменка «Рациональное использование и защита природы» з 1989 р. спрямовані на розробку теоретичних (Конструктивна екологія, Землелогія, Палеоекологія), методологічних (КСЕБ – комп'ютеризовані системи екологічної безпеки) та практичних (підвищення рівня захисту природно-антропогенних геосистем у зонах впливу нафтогазового комплексу, урбоєкосистем, територій затоплення катастрофічними паводками та ін.) проблем. За останні роки під керівництвом О. М. Адаменка захищено 7 докторських та 18 кандидатських дисертацій з технічних, геологічних та географічних наук, опубліковано більше 60 монографій та підручників, виконано 14 міжнародних проектів, випущено більше 500 бакалаврів і 70 магістрів з екологічних спеціальностей.

Ключові слова: екологія, технології захисту навколишнього середовища, природно-антропогенні геосистеми, моніторинг довкілля, екологічний контроль і аудит, екологічний менеджмент, конструктивна екологія

Инженерно-экологические исследования Научной школы профессора Олега Адаменко «Рациональное использование и защита природы» с 1989 г. Направлены на разработку теоретических (Конструктивная экология, Землеология, Палеоэкология), методологических (КСЭБ – компьютеризованные системы экологической безопасности) и практических (повышения уровня защиты природно-антропогенных геосистем в зонах влияния нефтегазового комплекса, урбоэкосистем, территорий затопления катастрофическими паводками и др.) проблем. За последние годы под руководством О. М. Адаменко защищено 7 докторских и 18 кандидатских диссертаций с технических, геологических и географических наук, опубликовано более 60 монографий и учебников, выполнено 14 международных проектов, выпущено более 500 бакалавров и 70 магистров по экологическим специальностям.

Ключевые слова: экология, технологии защиты окружающей среды, природно-антропогенные геосистемы, мониторинг окружающей среды, экологический контроль и аудит, экологический менеджмент, конструктивная экология.

Постановка проблеми, її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Інженерно-екологічні дослідження (environment engineering) – це оцінка сучасного стану природних та техногенно модифікованих геосистем і розробка таких інженерно-технологічних заходів, які б стримували або покращували екологічну ситуацію територій та народногосподарських об'єктів. Ця проблема обумовлена зростаючим техногенним «тиском» на природу, на усі складові біосфери Землі, що вже спричинило у багатьох випадках незворотні зміни і стали загрозою для функціонування біосфери, як глобальної геосистеми, так і розвитку людської цивілізації.

За даними С. М. Стойка [44], техногенний (антропогенний) вплив у Європі відчувався уже в неоліті (8-7 тис. р. до н.е.), особливо в зв'язку з інтенсифікацією

мисливства, рільництва, одомашнення тварин та ін. Ґрунтознавці підраховали, що екологічно необґрунтоване землекористування протягом агрокультурного періоду призвело до втрати понад 2 млрд. га орних земель. Щорічно від ерозійних процесів змивається 25,4 млрд. т. ґрунту. Починаючи з другої половини XIX ст., у загрозливому екологічному стані знаходиться Світовий океан, окраїнні та внутрішні моря, до акваторії яких щорічно попадає 13-14 млн т. нафтопродуктів та інших хімічних речовин. У повітряний басейн викидаються промислові викиди, які щорічно зростають з 500 тис. т. у 1901-1910 рр. до 4500 тис. т. у 2010-2015 рр. [44]. Внаслідок парникового ефекту зростає глобальне потепління, що загрожує біорізноманіттю і створює ряд народногосподарських проблем.

Глобальні екологічні проблеми тісно пов'язані з аналогічними ситуаціями у Західному регіоні України. З одного боку, на його теренах збережені неповторні природні ландшафти, реліктові та ендемічні види рослин і тварин, унікальні природні комплекси. Біорізноманіття природних ресурсів у регіоні формує потужний рекреаційно-туристичний потенціал, який є одним із найбільших і найперспективніших в Україні. З іншого боку, Західний регіон має високий інтегральний показник техногенних навантажень на навколишнє середовище (рис. 1). На окремих територіях екологічна ситуація та якість довкілля характеризується як несприятливі для здоров'я людини, а місто Калуш, села Кропивник і Сівка – Калуська визнані зоною надзвичайної екологічної ситуації. На території Івано-Франківської області щільність викидів від стаціонарних джерел у розрахунку на 1 км² складає близько 14,6 т., а на одну особу – 146,8 кг., що є четвертим показником в Україні. Тому необхідно виробити і здійснювати таку стратегію і тактику природокористування, які б забезпечили інтегральне управління екологічною безпекою та природними ресурсами на основі постійного моніторингу за змінами у природно-антропогенних геосистемах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, на які спираються автори. Багаторічні дослідження природи Західного регіону України розпочався ще у XVII ст. польськими та австрійськими природознавцями [14, 17], але екологічні проблеми привернули увагу лише у XX ст. Слід відмітити, що перші заповідні території виникли тут ще у 30-ті роки, завдяки зусиллям митрополита Андрія Шептицького. У другій половині XX ст. з'явилися наукові роботи П. М. Цися, І. Г. Гофштейна [19], І. П. Герасимова [17], Ю. А. Ізраєля, В. А. Барановського [14], R. F. Mann [50], та ін. [51] М. А. Голубця [18], Й. М. Свинка, В. М. Гуцуляка [20], І. М. Волошина [16], Ф. Д. Гамора, І. П. Ковальчука [23], Я. С. Кравчука [24], Л. Г. Руденка [29, 35] та ін. Із українських дослідників відмітимо О. М. Маринича та П. Г. Шищенка [27], С. С. Попа [32]. У 80-90-ті роки розпочала свою діяльність і Наукова школа професора Олега Адаменка, який у 1989 р. Створив перший в Україні Карпатський інженерно-екологічний центр (КІЕЦ), а у 1992 р. – Інститут екологічного моніторингу, що у 1995 р. Ввійшов до складу ІФНТУНГ, як його структурний підрозділ – Інститут екологічної безпеки і природних ресурсів. Тоді ж була утворена і кафедра екології, яка з 1998 р. випускає фахівців з екології. Кафедра дозволила створити інженерно-екологічний факультет, який з 2013 р. набув статусу інституту.

Наукова школа О. М. Адаменка почала розробляти теоретичні та методологічні основи КСЕБ – комп'ютерної (автоматизованої) постійно діючої багатокомпонентної ІТ, ДЗЗ, ГІС еколого-технологічної моделі екологічного контролю, аудиту, оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС), моніторингу довкілля, екологічної безпеки та менеджменту стану довкілля територій різних ієрархічних рівнів – від Європейського Союзу, Карпатського Євро регіону і Держави Україна (О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Д. О. Зорін) [1-13, 22], Західного регіону України (Л. В. Міщенко) [20], Українських Карпат (М. М. Приходько) [33], Карпатського регіону (О. В. Побігун) [31], адміністративних областей (О. М. Адаменко, М. М. Приходько) [21], районів (К. О. Радловська, Л. В. Міщенко, Я. С. Коробейнікова, В. М. Триснюк, Я. Я. Вітко,

В. С. Скрипник, І. В. Триснюк, Д. О. Зорін) [15, 30, 31, 34], об'єднаних територіальних громад (К.О. Радловська) [34, 35], населених пунктів (О. М. Адаменко, Н.В. Фоменко) [10] до промислових підприємств (Я. О. Адаменко, Л. В. Міщенко) [12, 28], нафтогазопромислових районів (Я. О. Адаменко, О. М. Адаменко, Д. О. Зорін, М. В. Крихівський), континентальних і морських газотранспортних систем (О. М. Мандрик, Я. О. Адаменко, О. М. Адаменко, Ю. Д. Михайлюк), АЕС, ТЕС, ГЕС (Я. О. Адаменко, Л.М. Архипова), об'єктів природно-заповідного фонду (Д. О. Зорін), Старунського геодинамічного полігону та майбутнього міжнародного еколого-туристичного центру «Парк Льодовикового періоду» (О. М. Адаменко, О. Р. Стельмах, І. В. Мосюк, Д. О. Зорін) [4], гірськолижного курорту «Буковель», гори Говерли, обсерваторії «Піп Іван» (Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова, О. М. Адаменко, Д.О. Зорін) [21], Дністровського протипаводкового полігону (О. М. Адаменко, О. М. Мандрик, Я. О. Адаменко, Д. О. Зорін, М. М. Ногач) [10, 21] та ін. Усі ці попередні нароби підводять нас до необхідності узагальнити теоретичні та методологічні основи інженерно-екологічних досліджень та їх впровадження у народне господарство [3-10].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Не вирішеними частинами розглянутої вище загальної проблеми, є *побудова конструктивно-екологічної моделі* екологічної безпеки, яка б на засадах запропонованої авторами конструктивної екології об'єднала б усі зазначені вище поняття: природно-антропогенну геосистему, екологічний аудит, стратегічну екологічну оцінку, геоекологічне районування, оцінку впливів техногенних об'єктів на навколишнє середовище, моніторинг, моделювання та прогнозування стану довкілля, екологічний ризик, безпеку життєдіяльності, геоінформаційні комп'ютеризовані системи екологічної безпеки та ін.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної роботи є теоретичне обґрунтування нового наукового напрямку у Науках про Землю – *конструктивної екології*. Вперше виділив цей науковий напрямок О. М. Адаменко [7, стор. 189-223] у четвертому розділі «Конструктивна екологія» четвертого тому свого роману життя, науки і кохання «Наш майбутній дім – Екоєвропа» у 2007 р. У монографії Г. І. Рудька і О. М. Адаменка «Конструктивна геоекологія» [36, стор. 29-60] продовжено теоретичне та прикладне обґрунтування цього напрямку, а у 2014 р. академічне видавництво «Zambert» (Саарбрюкен, ФРН) опубліковано монографію О. М. Адаменка [9, 122 с.] «Конструктивная экология».

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів включає теорію, методологію і практику інженерно-екологічних досліджень. Розробки Наукової школи О.М. Адаменка стосуються кількох наукових напрямів – Конструктивної екології, Землеології, Палеології, екологізації класичних наук про Землю, методології комп'ютеризованих систем екологічної безпеки та їх практичного втілення у нафтогазовидобувну, геологорозвідувальну, водогосподарську, природоохоронну, туристично-рекреаційну та інші галузі народного господарства.

КОНСТРУКТИВНА ЕКОЛОГІЯ

Екологія – це вміння жити у своєму домі. Вона має глибокі витоки. Іще в Біблії сказано: «А Землю погубят деяння твої, человек!» (Ісайя, 46:46). А що ми маємо на сучасному етапі? – Тисячі різних теорій, концепцій, парадигм, методологій, – «лебідь, рак і щука»! Дійшло до того, що *екологія стала* прикриттям для розкрадання мільярдних коштів, що виділяє держава для нібито покращення стану довкілля. А все тому, що немає науково обґрунтованого підходу до вирішення екологічних проблем.

Що ж треба робити? Ми пропонуємо **КОНСТРУКТИВНУ ЕКОЛОГІЮ!** Вона не тільки діагностує стан навколишнього середовища та прогнозує його еволюцію, а й пропонує конкретні шляхи його оптимізації і покращення, конструює стабільні природно-технічні геоекосистеми, які забезпечать сталий гармонійний розвиток Людини-Природи-Техносфери, що склались на планеті Земля.

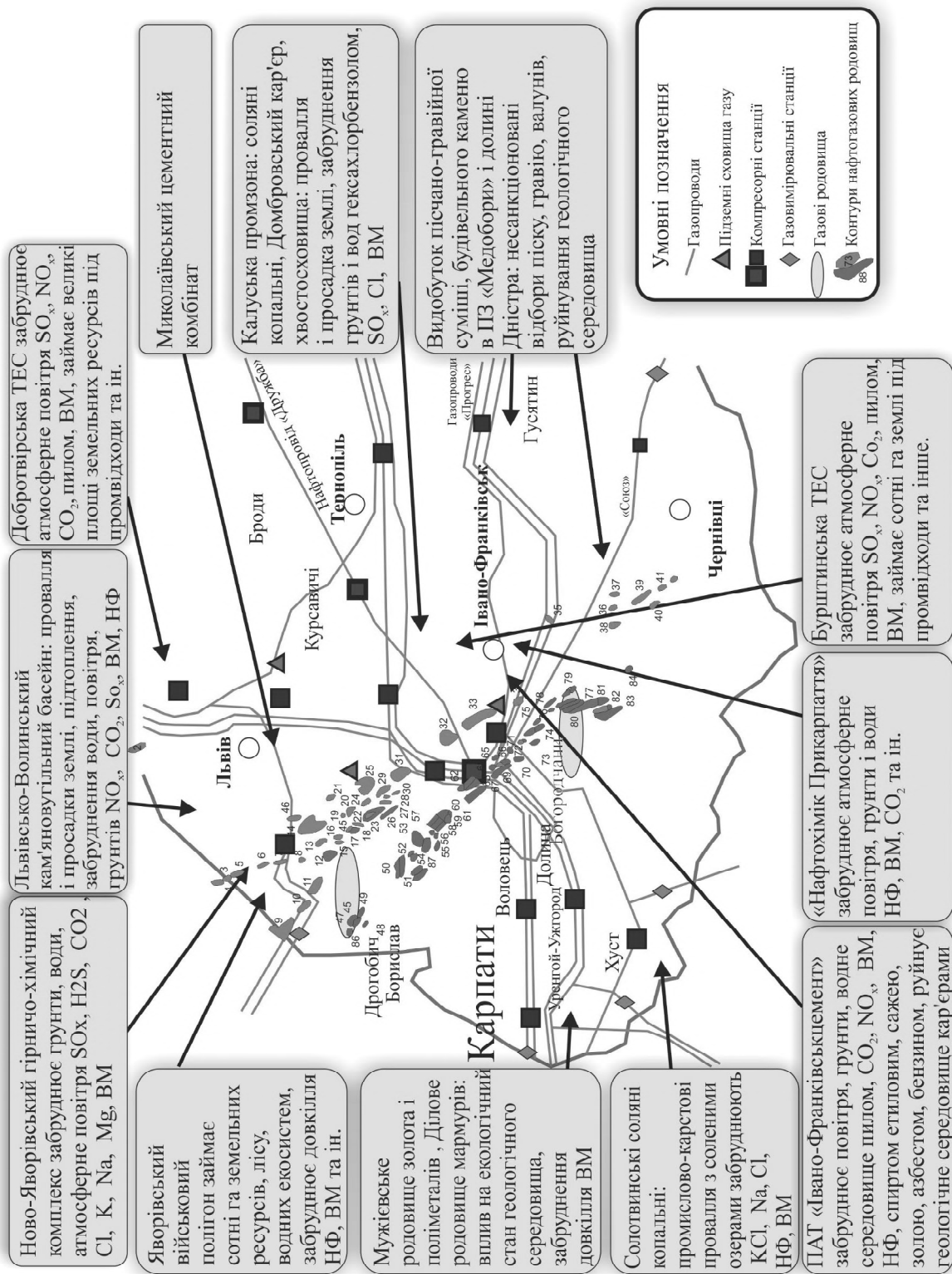


Рис.1. Основні крупні техногенні об'єкти Західного регіону України

Конструкція екологічної безпеки складається подібно багатопверховому будинку із ряду «поверхів» – ієрархічних рівнів – Європейського Союзу, Карпатського Єврорегіону, Держави України, її регіонів, адміністративних областей, районів, а тепер і об'єднаних територіальних громад, населених пунктів і підприємств. На кожному такому «поверсі» визначається екологічний стан 10 компонентів, тобто «квартир» методами екологічної безпеки – 7 блоками: теоретичним, екологічного аудиту, оцінкою впливу на навколишнє середовище (ОВНС) техногенних об'єктів, моніторингом довкілля, моделюванням і прогнозуванням його стану, екологічним ризиком, безпекою життєдіяльності. Кожна із 10 «квартир» – це геологічне середовище, геофізичні поля, рельєф, гідро – і атмосфера, ґрунтовий та рослинний покриви, тваринний світ і стан здоров'я населення. На ці 9 компонентів «тисне» десятий – техносфера. В цілому уся «будівля» – конструктивно-екологічна модель довкілля «скріплюється» подібно до сталюого каркасу геоінформаційною системою. ПІС повинна вирішувати як теоретичні, так і практичні задавання безпеки навколишнього середовища (рис. 2).

Отже, конструктивно-екологічний підхід пропонує виконувати екологічну оцінку тієї чи іншої території як по вертикалі, тобто вписуватись у ієрархічну систему від континенту – держави – регіону – області до району – об'єднаної територіальної громади – населеного пункту – підприємства, так і по горизонталі – комплексно досліджувати усі 10 компонентів довкілля від геологічного середовища до техносфери.

Геологічне середовище – це той природний фундамент, на якому формуються природні ландшафти – геосистеми, які при появі техногенного впливу перетворюються на природно-антропогенні геосистеми. При цьому існує природна небезпека для населення – землетруси, повільні тектонічні рухи, зсуви, селі, карст і т. ін. Аналіз космічних знімків на території Поділля і Передкарпаття дозволив нам уточнити положення зони субдукції – піддвигу літосферної плити Східноєвропейської платформи під Карпати. Ця зона Заварицького-Беньофа нині використовується долиною Дністра. Цоколь платформи опускається під Передкарпатський крайовий прогин, а плитний покрив деформується. Тому відбуваються землетруси у Тернопільській області, а Подільська плита покрита системою паралельних тріщин, аналогічних тим, що виникають при русі гірських льодовиків вниз по долині.

Інший приклад використання екології геологічного середовища – це залежність мережі геопатогенних зон м. Івано-Франківська від тектонічних розломів земної кори, що було встановлено нами при оцінці стану довкілля міської території. Геолог-еколог рухаючись гірськими стежками вверх до вершин, насправді опускається вниз, в глибини земної кори, розкриваючи її таємниці. Так, вивчаючи причини захворюваності дітей Львівсько-Волинського вугільного басейну, нам разом зі своїм талановитим учнем – тричі доктором наук Г. І. Рудьком вдалось встановити, що причина цього ховається у геохімії глибинних розломів території.

Подальші дослідження привели до обґрунтування нового наукового напрямку – медичної геології. Отже, геохімічні поля глибин Землі, а також фізичні поля – гравітаційне, магнітне, електромагнітне, теплове, радіаційне, так само як і поки що не визнане офіційною наукою геопатогенне, знайшли своє місце у горизонтальному ряду компонентів довкілля.

Рельєф поверхні Землі (геоморфосфера) розподіляє гідро- та атмоіграційні потоки поллютантів – забруднювачів по території, сприяє їх локалізації на геохімічних бар'єрах, транзитно транспортує поверхневими водами або повітряними коридорами на ту чи іншу відстань від джерел викидів.

При цьому враховуються мікрокліматичні умови – роза вітрів, вологість, розподіл опадів, температурні та інші показники. Закономірності екологічного стану розглянутих абіотичних компонентів довкілля – геологічного середовища, геоморфосфери, гідросфери і атмосфери об'єднані нами у новий науковий напрям – ЗЕМЛЕЛОГІЮ, що розглядає їх у взаємодії, оцінює еколого-ресурсну безпеку Землі.

КОНСТРУКТИВНА ЕКОЛОГІЯ - ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

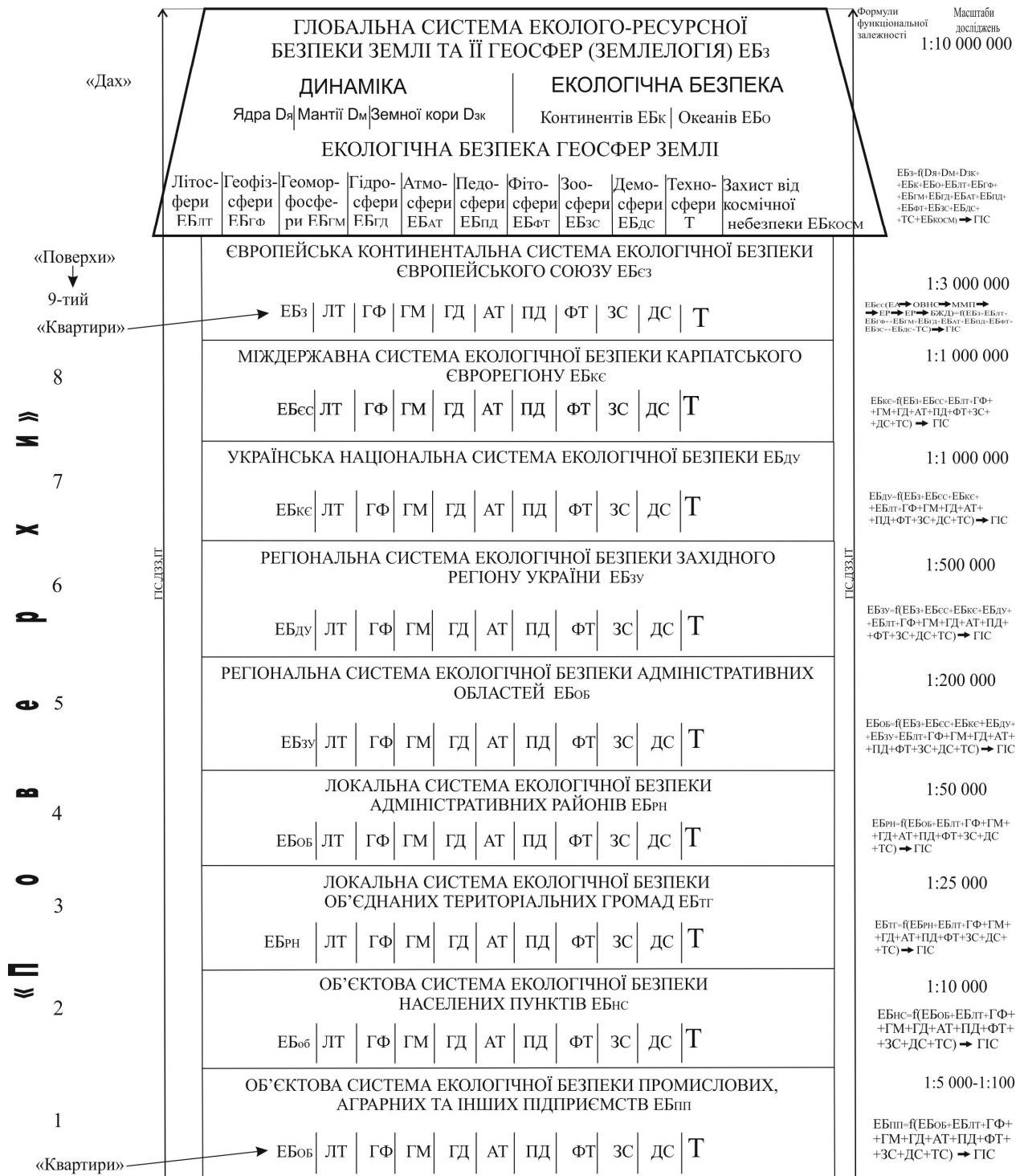


Рис. 2. Конструктивно-екологічна модель екологічної безпеки та сталого розвитку Землі, Європейського Союзу, Карпатського Євросередині, Держави України, її Західного регіону, адміністративних областей і районів, об'єднаних територіальних громад, населених пунктів та промислових, аграрних та інших підприємств

Це викликало також необхідність екологізації класичних наук про Землю та обґрунтування нових наукових напрямків – екологічної геології, екологічної геофізики, екологічної геоморфології з публікацією відповідних монографій та підручників.

Наступний компонент довкілля – педосфера або ґрунтовий покрив є продуктом перетворення гірських порід як розглянутими вище абіотичними чинниками, так і біотою – рослинами, тваринами і мікроорганізмами. Педосфера, хоча і є тоненькою (1-2 м) плівкою на поверхні суші Землі, але важлива для екологічних оцінок стану довкілля, тому що вона є тим «депо», де накопичуються, зберігаються, мігрують у водне середовище чи знову у повітря забруднювальні речовини. При цьому важливо відокремлювати техногенну складову регіонального геохімічного фону від природного, який зберігся тільки на територіях біосферних та природних заповідників, національних природних парків та інших об'єктів природно-заповідного фонду. Нам вдалося це вперше виконати завдяки польовим експедиційним дослідженням Л. В. Міщенко, Д. О. Зоріна, К. О. Радловської. А це потребувало «густої» мережі геоекологічних полігонів з відбором тисяч проб на аналіз вмісту важких металів, радіонуклідів та інших забруднювачів, що без відповідного фінансування було б неможливо. На території Західного регіону України (Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська і Закарпатська області) вивчено 1441 геоекологічний полігон, проаналізовано стільки ж проб ґрунтів, ґрунтових вод, атмосферного повітря і рослинності на 6-12 і навіть 21 інгредієнт. Таким чином бази даних вміщують мінімум $1441 \times 4 \times 6 = 34584$ показників екологічної інформації. Жоден дослідник не зможе «переварити» такий обсяг інформації. Тому широко використовуємо ІТ, ДЗЗ, ГІС технології, численні комп'ютерні програми, в тому числі і розроблені нашими фахівцями Л. В. Міщенко, Д. О. Зоріним, М. В. Крихівським під моїм керівництвом. Це програмні продукти ECOPHONE, ECOSTAT, INTERCONCSAFETYLIFE та SAFETYGEOSYSTEM. Використовуючи ці програми вдалось «розбракувати» екологічну ситуацію на 91 нафтогазовому родовищі Прикарпаття, Карпат і Закарпаття на кілька екологічних станів – нормальний (Закарпатська газоносна область), задовільний (Богородчансько-Лопушлянська група родовищ), напружений (Надвірнянська і Рудківсько-Дашавська групи), складний (Вишня-Пинявська група), незадовільний і передкризовий (Бориславська група).

Маючи бази даних далі будуються поелементні еколого-техногеохімічні карти розповсюдження по території досліджень того чи іншого забруднювача (їх може бути $6 \times 4 = 24$), а їх комп'ютерна інтеграція – прозоре накладання дає нам покомпонентні еколого-техногеохімічні карти (їх 24 – по кількості проаналізованих компонентів). Останні знову інтегруються шляхом накладання і таким чином будується розподіл забруднених плям і чистих ділянок для екологічної карти або карти сучасної екологічної ситуації. Для цього використовується ландшафтна карта, на яку виносяться плями забруднення, екологічні стани усіх компонентів та техногенні джерела забруднень. Далі виконується геоекологічне районування – виділяються геоекологічні структури – зони, смуги, ядра, тощо, для яких розробляється той чи інший комплекс природоохоронних заходів – термінових, оперативних або довгострокових екологічних програм.

На цьому завершується другий блок геоекологічного дослідження – територіальний екологічний аудит, основи якого ми ще у 2003 р. розробили разом з Л. В. Міщенко. Нагадаю, що перший блок – це теоретичні основи екологічної безпеки. Екологічний аудит був виконаний для багатьох територій адміністративних районів – Гусятинського (В. М. Триснюк), Галицького (О. В. Пендерецький), Борщівського і Чортківського (Л. Я. Вітко), Закарпатської області (М. І. Грицюк), Карпатського регіону (О. В. Побігун) та ін.

Наступний третій блок екологічних досліджень – це оцінка впливів на навколишнє середовище техногенних об'єктів (ОВНС). Основи цього блоку розроблені у докторській дисертації Я. О. Адаменка [35]. А почались дослідження цієї процедури ще в 1999 р. разом з Агенцією охорони середовища США на прикладі Пасічнянського і Битківського

нафтогазових родовищ. В результаті Мінприродою було внесено понад 30 доповнень до 5 Законів України.

Четвертий блок екологічних досліджень – це моніторинг довкілля, моделювання та прогнозування стану довкілля, що успішно було виконано у докторській дисертації М. М. Приходька, а також у ряді кандидатських дисертацій: І. В. Триснюка (Кременецький і Шумський райони), Д. О. Зоріна (Дністровський каньйон), В. С. Скрипника (Надвірнянський нафтопромисловий район), Н. В. Фоменко (місто Івано-Франківськ), К. О. Радловської (Рогатинський і Богородчанський райони). В останній дисертації і монографії були розроблені пропозиції по локальному моніторингу не тільки для адміністративних районів, а й для об'єднаних територіальних громад.

Далі виконується п'ятий блок – екологічний ризик. Для прикладу наведу оцінку екологічного ризику затоплення долини Дністра катастрофічними паводками, який ми виконуємо із залученням 36 студентів – майбутніх магістрів у 2012, 2013, 2014 і 2015 роках на території Дністровського науково-навчально-виробничого інженерно-екологічного полігону. Це – Маріямпільська студентська екологічна експедиція, де кожен студент мав свій планшет топографічної карти масштабу 1: 10000 і виконував магістерську роботу, яку захищав як в ІФНТУНГ, так і в Краківській гірничо-металургійній академії, отримуючи другий диплом, дійсний у Європейському Союзі.

Яким же чином визначався екологічний ризик? Аналіз рельєфу та побудова геоморфологічної карти виявили в долині Дністра 4 рівні затоплення: перший, коли при підйомі паводка на 1 м затоплюється низька заплава. Необхідні заходи: днопоглиблювальні роботи, розчистка захарашених чагарниками берегів, вилучення деяких островів з метою пришвидшення проходження паводку.

Щоб спрогнозувати, коли наступить черговий паводок, проаналізовано частоту їх прояву на основі глобальних потеплінь і похолодань у геологічній історії Землі від її утворення (4,56 млрд. років тому), історичного періоду розвитку на основі літописних даних, починаючи з 960 р. нашої ери, і періоду інструментальних спостережень з 1881 р. Д. О. Зорін виявив наявність циклічності глобальних кліматичних змін у вигляді 13 накладених одна на одну синусоїд з періодами коливання від Галактичного року (225-250 млн років) до сучасних – 33, 11 і 5-6 років. Повторюваність паводків відповідає цим періодам, але з яким саме циклом він проявиться залежить від кількості опадів та контролюється багатьма іншими чинниками. Виявлена циклічність кліматичних змін є новою закономірністю розвитку природи і претендує на наукове відкриття.

Зовсім недавно ми долучились разом з фахівцями Львівського національного університету ім. І. Франка, Інституту українознавства НАНУ (м. Львів) та Університету ім. Марії Кюрі-Склядовської (м. Люблін, Польща) до вивчення стоянок у долині Дністра (Маріямпіль-1, Маріямпіль-5 та ін.).

Шостий блок екологічних досліджень – безпека життєдіяльності залежність здоров'я населення від екологічних чинників. Вона вивчена нами на прикладі стану довкілля міської території Івано-Франківська і захворюваності населення згідно Міжнародної класифікації хвороб МКХ-XI разом з фахівцями Івано-Франківського національного медичного університету (Є. М. Нейко, Н. І. Кольцова) за грантом Світового Банку. Виявлено 12 лікарських дільниць, де розповсюджені захворювання із тих чи інших 28 хвороб. Такі роботи були виконані у 1991, потім 2001 роках і показали погіршення стану здоров'я.

І, нарешті, сьомий блок – це геоінформаційна система (ГІС), що об'єднує усі 7 виділених блоків в єдину екологічну конструкцію, яка має вертикальну орієнтацію, починаючи з першого і закінчуючи сьомим блоком. Це і є структура екологічної безпеки, яку пропонуємо будувати, для кожного ієрархічного рівня. Ми ілюструємо таку конструкцію територіальної екологічної (природно-техногенної) безпеки для 9 рівнів: Європейського Союзу, Карпатського Єврорегіону, Держави України, Західного регіону України, адміністративних областей, районів і об'єднаних територіальних громад,

населених пунктів і окремих народногосподарських об'єктів – промислових підприємств і т. ін.

Таким чином, конструктивна екологія охоплює по вертикалі 9 ієрархічних рівнів різного масштабу досліджень, а в кожному рівні, що вивчається вказаними сімома методами (блоками) екологічної безпеки, на кожному «поверсі» по горизонталі – екологічний стан 10 компонентів довкілля. Ми отримуємо конструкцію із 9 «поверхів» і на кожному поверсі 10 «квартир». Така будівля утримується подібно сталюму каркасу загальною ГІС, що вміщує десятки тисяч екологічних показників і здатна відповісти на будь-яке питання користувача.

Отже, екологічна безпека (ЕБ) кожного «поверху» враховує вплив усіх верхніх «поверхів», а також «даху» (еколого-ресурсної безпеки Землі), ми характеризуємо конструктивно-екологічну модель від ЕБ Землі до ЕБ промислового або аграрного чи будь-якого іншого підприємства.

ГЛОБАЛЬНА СИСТЕМА ЕКОЛОГО-РЕСУРСНОЇ БЕЗПЕКИ ЗЕМЛІ ТА ЇЇ ГЕОСФЕРИ ЕБЗ

Така система обґрунтована у рішеннях міжнародних конференцій з навколишнього середовища у Стокгольмі (1972), Найробі (1974) і Ризі (1978), про що написано у працях І. П. Герасимова, У. А. Izrael, Р. Ф. Mann ін. Недоліком запропонованих систем глобального моніторингу є не повне врахування усіх компонентів довкілля Землі, особливо її внутрішніх геосфер – ядра, мантії та земної кори. Головними об'єктами глобального моніторингу ГСМОС виступають атмосфера (АТ), гідросфера (ГД) та ґрунтовий покрив – педосфера (ПД). Зовсім не беруться до уваги геофізичні поля Землі і Космосу – геофізсфери (ГФ), рослинний покрив – фітосфера (ФТ) і тваринний світ – зоосфера (ЗС), стан здоров'я населення – демосфери (ДС) і космічна небезпека – захист Землі від астероїдів та метеоритів (ЕБ_{косм}), і в меншій мірі – екологічний стан геологічного середовища – літосфери (ЛТ) та екзо- і ендодинаміка рельєфу – геоморфосфера (ГМ).

Тому на пропонованій нами моделі (табл. 1, див. рис. 2) екологічної будівлі – домі, у якому ми повинні вміти жити, під її «дахом» ми розміщуємо усі головні об'єкти динаміки Землі та її екологічної безпеки. Детально про це ми написали у монографії Г. І. Рудька і О. М. Адаменка «Землелогія» [29, 512 с.], яка була опублікована у 2009 р.

Важливість включення у глобальну систему еколого-ресурсної безпеки Землі (ЕБ_з) її внутрішніх геосфер та космічної безпеки (ЕБ_{косм}) обґрунтовується тим, що екологічний стан поверхневих геосистем – континентів (ЕБ_к) і океанів (ЕБ_о), а також ендо- та екзодинаміка рельєфу поверхні земної кори – геоморфосфери залежить від рухів ядра Землі, його твердої внутрішньої сфери, яка «плаває» у напіврозрідженій зовнішній сфері.

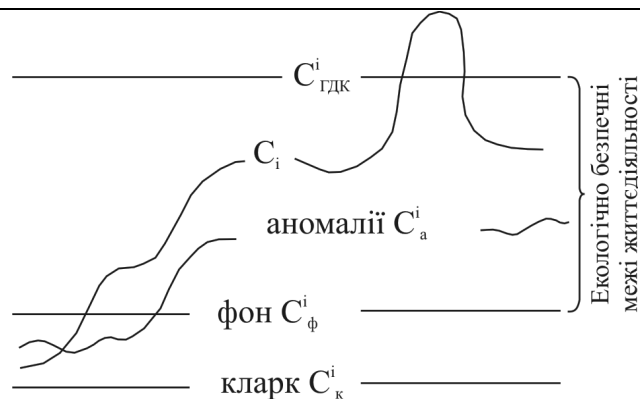
Фізико-хімічний та радіоактивні процеси, що відбуваються у обох сферах ядра можуть впливати на швидкість їх обертання навколо вісі Землі, нахилу вісі до площини орбіти, її ексцентриситету, що на поверхні планети проявляється у міграції полюсів, змінах магнітних, гравітаційних, електромагнітних та інших фізичних полів, інверсіях магнітних зон і т.д. З іншого боку, деякі прояви зовнішньої ендеогеодинаміки на поверхні Землі (Чилійський землетрус з магнітудою 8,5 цунамі 24 грудня 2004 р. у східній частині Індійського океану та ін.) приводило до вимірювальних зміщень земної вісі у кілька кутових секунд.

Космічна небезпека у останні роки вийшла з-під опіки наукової фантастики і стала повноправним членом наукової організації і загальної безпеки нашої планети. Саме розташування Землі на орбіті у Сонячній системі (у 150 млн км від Сонця), між орбітами Венери (108,2 млн км від Сонця) та Марса (227,9 млн км) гарантувало появу біосфери і безпеку життя на Землі, тому що у нас на поверхні планети тиск 1 атмосфера, а середня температура трохи вище 0°C + підвищення її до +15°C за рахунок парникового ефекту в приземному шарі атмосфери.

Методологія оцінки екологічної безпеки

$EB=f(EA \rightarrow OVHC \rightarrow MMP \rightarrow EP \rightarrow BJ \rightarrow GIS, DZ, IT)$ Екологічний аудит – стратегічна екологічна оцінка сучасного екологічного стану та сучасної екологічної ситуації території ЕА-СЕО: $EA=CEO=f(E_{ct}, E_{cu})$ Екологічний стан E_{ct} компонентів природно-антропогенних геосистем (ПАГС): літосфери (геологічного середовища) ЛТ, геофісфери ГФ, геоморфосфери ГМ, гідросфери ГД, атмосфери АТ, педосфери ПД, фітосфери ФТ, зоосфери ЗС, демосфери ДМ, техносфери Т $E_{ct} = СПЗ_1 = СПЗ_2 = СПЗ_3 = СПЗ_4 = СПЗ_5 = СПЗ_6 = СПЗ_7 = СПЗ_8$ нормаль- напру- задовіль- склад- незадо- перед- критич- катастро- ний жений ний ний вільний кризовий ний фічний Екологічна ситуація E_{cu} – це мозаїка із E_{ct} СПЗ – сумарний показник забруднення $СПЗ = \frac{C_{i1}}{C_{\phi 1}} + \frac{C_{i2}}{C_{\phi 2}} + \dots + \frac{C_{in}}{C_{\phi n}}$ $C_{i1}, C_{i2}, C_{i3} \dots C_{in}$ – вміст забруднювачів у конкретних точках $C_{\phi 1}, C_{\phi 2}, C_{\phi 3} \dots C_{\phi n}$ – регіональні геохімічні фони забруднювачів $C_{\phi}^T = C_{\phi n} - C_{\phi}^{\Pi}$ техногенна складова фону C_{ϕ}^T = загальному фону $C_{\phi n}$ мінус природна складова фону C_{ϕ}^{Π}: $СПЗ = \frac{C_{i1} + \dots + C_{in}}{C_{\phi 1} + \dots + C_{\phi n}}$ $EA_{тер} = CEO_{тер} = E_{cu} \rightarrow GIS_1$ $EA_{тер}$ – Екологічний аудит території = $CEO_{тер} = GIS_1$ $GE_{тер}$ – просторова сукупність геоекологічних структур різного екологічного стану Геоекологічне районування території $GE_{тер}$ $GE_{тер}$ = мозаїка із $СПЗ^{T1}, СПЗ^{T2}, СПЗ^{T3} \dots СПЗ^{Tp}$ $GE_{тер} = \frac{СПЗ^{T1}}{ЛС}$ – геоекологічні структури: надзони, зони, підзони, смуги концентрації, смуги розсіювання, еліпси, овали, джерела та т.ін. $GE_{тер} \rightarrow GIS_1$
Оцінка впливів техногенних об'єктів на компоненти навколишнього середовища ОВНС $ОВНС = f(\frac{T}{ЛТ}, \frac{T}{ГФ}, \frac{T}{ГМ}, \frac{T}{ГД}, \frac{T}{АТ}, \frac{T}{ПД}, \frac{T}{ФТ}, \frac{T}{ЗС}, \frac{T}{ДС}) \rightarrow GIS_2$ $T = f(СПЗ_{ВМ}, СПЗ_{РР}, СПЗ_{НФ}, СПЗ_{МД}, СПЗ_{ПС} \dots СПЗ_N)$ ВМ – важкі метали, РР-радіоактивні речовини, НФ – нафтопродукти, МД – мінепальні добрива, ПС – пестициди, N – інші забруднювачі.
Моніторинг, моделювання, та прогнозування стану довкілля ММП $EA_1 \rightarrow EA_2 \rightarrow EA_3 \dots EA_n \rightarrow GIS_3$ Екологічні ризики ЕР $EP_{територій} = f(EP_{ЛТ}, EP_{ГФ}, EP_{ГМ}, EP_{ГД}, EP_{АТ}, EP_{ПД}, EP_{ФТ}, EP_{ЗС}, EP_{ДМ}) \rightarrow GIS_4$
Безпека життєдіяльності населення БЖД $EBIK \rightarrow BJD \rightarrow GIS_5$

Закінчення табл. 1

**Екологічно безпечні межі життєдіяльності людини**

Екологічно небезпечний для існування
геосистем рівень концентрації
забруднювачів (ЕНРК)

$СПЗ_{\phi} + 10\% \text{ } СПЗ_{\phi}$

$СПЗ_i$

$СПЗ_{\phi}$

ЕБІК

**Екологічно безпечний інтервал концентрації
забруднювальних речовин для нормального розвитку геосистем (ЕБІК)**

Звідси:

$$ЕБІК = \sum_1^n \frac{(СПЗ_{\phi} + 0.1 СПЗ_{\phi}) - СПЗ_i}{СПЗ_{\phi}^i},$$

де $ЕБІК$ – екологічно безпечний для існування геосистем інтервал концентрації забруднювачів;

n – кількість врахованих забруднювачів;

$0.1 СПЗ_{\phi}$ – десятивідсоткове перевищення фоновому сумарного показника забруднення і-того елемента (речовини);

$СПЗ_i$ – сумарний показник забруднення і-того елемента (речовини);

$СПЗ_{\phi}^i$ – фоновий сумарний показник забруднення і-того елемента (речовини);

$СПЗ_{\phi}$ розраховується за формулою:

$$СПЗ_{\phi} = \sum_1^n \frac{C_i}{C_{\phi}};$$

а $СПЗ_i$ – за формулою:

$$СПЗ_i = \sum_1^n \frac{C_i}{n}.$$

Користуючись базами даних, та запропонованими новими комп'ютерними програмами,

розраховуємо показники $KI_{\text{бж}}$ та $ЕБІК$ для територій розміщення нафтогазових родовищ та зображаємо отримані результати графічно.

Геоінформаційна система досліджуваної території для оцінки її екологічної безпеки:

$$ГІС_{\text{тер}} = ГІС_1 + ГІС_2 + ГІС_3 + ГІС_4 + ГІС_5$$

Земля захищена від згубного для усього живого жорсткого ультрафіолетового випромінювання, так званого сонячного вітру – потоку ядер гелію від Сонця – магнітним полем Землі. В результаті такого захисту маємо два радіаційних пояси на відстані 14 і 90 тис. км від поверхні Землі, а сонячний вітер обтікає, відхиляється від нашої планети

магнітним полем. Радіація ж на висотах від 300 до 500 км досягає тисячі рентген, тому міжнародні космічні станції (МКС) не літають вище 300 км від поверхні Землі, щоб не будувати їх з товстими захисними стінками, які різко збільшують вагу і вартість МКС. Отже, Земля, своїм положенням на орбіті, навколо Сонця, а також магнітним полем надійно захищена від небезпечного Космосу. Але цей захист не є суцільним щитом, а навпаки, це крихка мембрана, яка з'єднує нас з міжпланетним простором. І цей захист може будь-коли порушитись, якщо внутрішнє ядро – генератор магнітного поля Земля – змінить швидкість або інші параметри свого обертання навколо вісі нашої планети.

Інша небезпека – це зміна параметрів Землі (ексцентриситету, прецесів, «мерехтіння» вісі та ін.) за рахунок процесів на Сонці, або втручання у положення Землі на орбіті за рахунок зіткнення з крупними метеоритами, астероїдами або кометами, як уже не один раз було у геологічній історії Землі.

Які ж ще космічні небезпеки загрожують нам? Це не тільки сонячний вітер, а й ші іонізуючі випромінювання, що постійно охоплюють Землю, а також періодичні або спорадичні випромінювання, що виникають при спалахах наднових зірок і які вже неодноразово фіксувались у літописах та історичних спостереженнях наших предків та науковців останніх століть.

Але найбільша небезпека – це зіткнення з нашою планетою ще мало вивчених «бомбардувальників» – метеоритів та астероїдів, а також комет. І хоча ймовірність таких імпаکتів (ударів) дуже низька – від одної мільйонної до п'яти – десяти і стомільйонних, але коли це відбудеться – через 50 млн років чи у наступному році нікому не відомо. Тому потрібно бути готовим до такої трагічної події весь час! І технології запобігання або захисту від цієї космічної небезпеки активно розробляються міжнародними організаціями.

Джерела поступлення небезпечних космічних тіл є різні. Метеорити можуть досягати Землі із метеоритного пояса, розташованого між орбітами Марса і Юпітера, астероїди – із хмари Оорта, що обертається навколо Сонця поза орбітою Плутона, на відстані кількох млрд. км від нашого світила, а комети – із пояса Койпера, що знаходяться на дуже далекій периферії Сонячної системи, у сотнях млрд. км від Сонця.

Не варто забувати також і про «космічне сміття» – це рештки МКС, супутників і ракет, які не завжди згорають в атмосфері, наближаючись до Землі, а досить часто падають на її поверхню у непередбачуваних місцях, як уже не раз бувало зі штучними космічними об'єктами СРСР та США.

Таким чином, космічна небезпека є серйозною причиною порушення глобальної безпеки Землі (ЕБЗ на див. рис. 2) і вона повинна бути у центрі нашої уваги. Для цього необхідно під егідою ООН створити міждержавну службу виявлення, спостережень та захисту Землі від небезпечних космічних об'єктів, не забуваючи про земні джерела виникнення глобальних фізичних полів (динаміка ядра D_j та мантиї D_m), надпотужні землетруси та цунамі з магнітудою до 7-8 балів, що можуть вплинути на стабільність ядра, а також споруджень супергігантських технічних об'єктів на поверхні земної кори – кар'єрів глибиною у сотні та тисячі метрів, висотних гребель ГЕС, магістралів з населенням 10-20 млн жителів і т. ін.

Європейська континентальна система екологічної безпеки Європейського Союзу (ЕБЕС) запропонована автором даної статті у 2011 р. [5] і обґрунтовувалась вже кілька разів [9, 11, 15]. Тому немає необхідності писати про це детально. Вона основана на кількісних вимірюваннях вмісту забруднювальних речовин у ґрунтах, атмосферному повітрі, поверхневих водах та рослинності і є функцією від екологічного стану не тільки цих чотирьох, а усіх дев'яти компонентів довкілля (АТ, ГФ, ГМ, ГД, АТ, ПД, ФТ, ЗС, ДС) та техногенного тиску (Т) на них. При цьому враховується також стан еколого-ресурсної безпеки Землі ЕБЗ, а екологічний стан компонентів оцінюється усіма передбаченими процедурами екологічної безпеки, тобто екологічним аудитом ЕА, оцінкою впливу техногенних об'єктів на навколишнє середовище ОВНС, моніторингом, моделюванням та прогнозуванням стану довкілля ММП, екологічним ризиком ЕР та безпекою

життєдіяльності БЖД (див. рис. 2, табл. 1). Загальна система континентальної безпеки Європейського Союзу будується з використанням ГІС, ДЗЗ та ІТ.

Міждержавна система екологічної безпеки Карпатського Євротериторіального регіону (ЕБ_{КЄ}) (див. рис. 2, табл. 1) вперше розроблена була ще у 2003 р. у дипломному проєкті Д.О. Зоріна, а опублікована О. М. Адаменком у 2008 р. [28]. Вона побудована за тим же принципом, що і ЕБ_{ЄС}, тобто включає системи еколого-ресурсної безпеки Землі ЕБЗ, екологічної безпеки Європейського Союзу, екологічний стан усіх дев'яти компонентів довкілля (ЛТ, ГФ, ГМ, ГД, АТ, ПД, ФТ, ЗС, ДС), вплив на них техносфери (Т) та усі процедури – складові екологічної безпеки (ЕА, ОВНС, ММП, ЕР, БЖД), «скріплені» геоінформаційними системами (ГІС, ДЗЗ, ІТ).

Українська національна система екологічної безпеки держави ЕБ_{ДУ} (див. рис. 2, табл. 1) найменш розроблена, не зважаючи на те, що публікації для її обґрунтування з'явилися у роботах О. М. Маринича і П. Г. Шищенка [18], Л. Г. Руденка [30], В. А. Барановського [12], О. М. Адаменка [9, 11, 15], Г.І. Рудька [28] давно. Справа у тому, що у вказаних роботах надана загальна характеристика екологічної ситуації на території України, без посилання на конкретні точки спостереження – геоекоекологічні полігони, де визначався б екологічний стан того чи іншого компонента геоекосистеми. Лише по поверхневим водам опублікована система їх екологічного моніторингу [21]. Тому роботу по створенню просторової системи ЕБДУ слід продовжувати у відповідності до вимог конструктивно-екологічної моделі (див. рис. 2).

Регіональна система екологічної безпеки Західного регіону України ЕБЗР (див. рис. 2, табл. 1) розробила Л. В. Міщенко [19, 20] на основі 1441 геоекоекологічного полігону – точок відбору проб ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря та рослинності. Виконано кілька тисяч аналізів на вміст у вказаних компонентах забруднювачів – важких металів, радіонуклідів, пестицидів, надлишків мінеральних добрив, нафтопродуктів та ін. В результаті комп'ютерної обробки екологічної інформації побудовані відповідні бази даних, а на їх основі – сотні поелементних і покомпонентних еколого-техногеохімічних карт, запропоновано геоекоекологічне районування території зі 172 новими геоекоекологічними структурами – надзонами, зонами, підзонами, смугами, ареалами, овалами, еколого-геохімічними бар'єрами, джерелами, вогнищами та ін. Для кожної геоекоекологічної структури розроблений індивідуальний комплекс природоохоронних заходів. Важливим є поділ – відокремлення техногенної складової від природної у сумарному показнику забруднення.

Результати досліджень Л. В. Міщенко опубліковані також в узагальнюючих роботах О. М. Адаменка [4, 6, 8, 11] та кафедри екології ІФНТУНГ [15].

Регіональні системи екологічної безпеки адміністративних областей ЕБ_{об} (див. рис. 2, табл. 1) розроблені О. М. Адаменком та Д. О. Зоріним на прикладах територій Івано-Франківської області [15] з використанням матеріалів М. М. Приходька [25], а також Закарпатської, Львівської та Тернопільської областей [9] з використанням матеріалів О. В. Побігун [23], Л. В. Міщенко [19, 20], В. М. Триснюка [32], С. С. Попа [24] та ін.

У екологічних системах екологічної безпеки широко використовуються дані моніторингових досліджень регіонального ієрархічного рівня (від 120 до 200 точок спостереження за змінами екологічного стану ґрунтового покриву і ґрунтових вод, донних відкладів, атмосферного повітря, опадів дощу і снігу та ін. Основою ж для поетапних (2001, 2006, 2012 років) карт екологічної ситуації слугують ландшафтні та ландшафтно-геохімічні карти, які разом з картами розповсюдження забруднювачів складають просторове геоекоекологічне районування, на основі якого розроблені конкретні рекомендації подальшої природоохоронної діяльності: довгострокові екологічні програми на п'ять років, чергові або невідкладні (термінові) заходи.

Локальні системи екологічної безпеки адміністративних районів ЕБРН (див. рис. 2, табл. 1) ґрунтуються на екологічних дослідженнях масштабу 1 : 50 000 на геоекоекологічних

полігонах, кількість яких на територіях адміністративних районів коливається від 80 до 200 у залежності від площі району, яка може змінюватись від 700 до 1 500 км². Першу систему ЕБ_{рн} розробила у 2000 р. Для Снятинського району Івано-Франківської області Л. В. Міщенко під керівництвом О. М. Адаменка [2]. Потім продовжував цю роботу В. М. Триснюк [32] для Гусятинського, О. В. Пендерецький [22] для Галицького, В. С. Скрипник [31] для Надвірнянського, О. М. Адаменко, Л. В. Міщенко і Д. О. Зорін [11] для Тисменицького, Монастириського, Бучацького та Заліщицького, І. В. Триснюк [33] для Кременецького і Шумського, Л. Я. Вітко [13] для Чортківського і Борщівського районів. Найбільш повно здійснені ці дослідження К. О. Радловською [26, 27] для територій Рогатинського та Богородчанського районів у 2011-2015 рр.

У районні системи екологічної безпеки закладені ті ж принципи, що і у попередні – області. Змінюється тільки масштаб досліджень – від 1 : 200 000 до 1 : 50 000 та їх детальність. Складності виникають тільки при виконанні екологічного моніторингу, тому що вимоги до локального моніторингу на рівні державних стандартів ще не існують. Тому ця робота виконується або за ініціативою наукових установ та вищих навчальних закладів, або за ініціативою окремих науковців при підготовці дисертацій. Іноді моніторингові дослідження на територіях адміністративних районів фінансуються з екологічних фондів областей, як це було у 1999-2001 рр. у Тернопільській та у 2003-2006 рр. в Івано-Франківській областях. На жаль ні обласні, ні районні державні адміністрації ще не усвідомили необхідність виконання таких досліджень.

Локальні системи екологічної безпеки об'єднаних територіальних громад ЕБ_{тг} (див. рис. 2, табл. 1) вперше запропонувала К. О. Радловська у 2015 р. спочатку у своїй кандидатській дисертації, а потім у монографії «Локальний моніторинг довкілля для адміністративних районів і територіальних громад» [27]. На даний час, коли в Україні розпочинається адміністративно-територіальна реформа, особливо актуально: сільські громади добровільно об'єднуються у територіальні громади, яким передається від районних рад, а останнім від обласних і від центральної влади у Києві багато повноважень, у тому числі і бюджетних. Йде децентралізація влади на усіх рівнях. Наприклад, у Івано-Франківській області, у межах 14 адміністративних районів створюється на добровільній основі 53 об'єднані територіальні громади. К. О. Радловська, виконуючи геоекологічне районування територій Рогатинського та Богородчанського районів, екологічно обґрунтувала відділення трьох громад у першому (Рогатинська, Нижньолипецька та Букачівська) і п'яти громад у другому (Богородчанська, Старобогородчанська, Солотвинська, Старунська і Яблунівська) районі. За площею ці об'єднані територіальні громади співпадають з геоекологічними структурами – геоекологічними смугами розсіювання, геоекологічними смугами концентрації, які були виділені К. О. Радловською [26, 27] при геоекологічному районуванні. Тобто кожна об'єднана територіальна громада має своє геоекологічне обґрунтування як природничий аргумент її виділення, про що наголошував О. М. Адаменко [10].

Об'єктову систему екологічної безпеки населених пунктів ЕБ_{нс} (див. рис. 2, табл. 1) розробили на прикладі міста Івано-Франківська у 2001-2004 рр. О. М. Адаменко, Є. І. Крижанівський, Є. М. Нейко, Г. Г. Русанов, Л. В. Міщенко, О. М. Журавель та Н. І. Кольцова [3]. Ця робота була одним із 15 проектів – переможців, відібраних та фінансованих Світовим банком із поданих на конкурс 2001 року в Україні 462 інноваційних ідей. Автори створили комп'ютеризовану систему екологічної безпеки (КСЕБ) з кореляцією захворюваності населення з екологічним станом усіх компонентів довкілля міської території. КСЕБ включає:

- бази даних різних рівнів захворюваності населення у різних мікрорайонах міста по 28 хворобах згідно з діючою міжнародною класифікацією хвороб (МКХ);
- база даних щодо забруднення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря й рослинності важкими металами, радіонуклідами, нафтопродуктами та ін.;

- комп'ютерні карти сучасного стану геологічного середовища, геофізичних полів, геоморфосфери, ландшафтів;
- електронні карти хімічного забруднення 12 інгредієнтами ґрунтів, гідросфери, атмосфери й фітосфери;
- карти сучасного стану техносфери міста, де в той час діяли 80 підприємств;
- кореляційні залежності між різними захворюваннями та ступенем трансформації довкілля.

Робота ґрунтувалась на 248 точках відбору проб з використанням топографічних карт масштабу 1 : 10 000.

У 2014 р. наші матеріали були повторно оброблені М. В. Крихівським [17] з використанням математичних комп'ютерних програм, що підтвердило високий ступень кореляції показників захворюваності зі станом довкілля. Такі ж результати отримала також Н. В. Фоменко [34] при дисертаційних дослідженнях.

Об'єктова система екологічної безпеки підприємств ЕБ_{пп} (див. рис. 2, табл. 1) розробила Л. В. Міщенко [19, 20] під керівництвом О. М. Адаменка [11, 15] у 2003-2005 рр. на прикладі території ПАТ «Івано-Франківськцемент» методами екологічного аудиту території підприємства. Була обрана мережа спостережень, яка включає 16 профілів з 77 геоекологічними полігонами – точками, де були відібрані проби ґрунтів, атмосферного повітря, поверхневих і ґрунтових вод та рослинності для визначення їх забруднення різними хімічними речовинами. Дослідження виконувались на базі топографічних карт масштабу 1 : 10 000 та космічних знімків. В результаті територія підприємства «розбракowana» на чотири екологічні стани: нормальний, задовільний, напружений і складний.

Побудовані поелементні та покомпонентні еколого-техногеохімічні карти, що характеризують взаємодію двох складових – природних ландшафтів та техногенного забруднення. При цьому утворюються нові структури – геоекологічні смуги концентрації та геоекологічні смуги розсіювання, які є геоекотипами структур 1 порядку, що відповідають ландшафтним місцевостям. На їх фоні виникають менші за розмірами геоекологічні структури 2 порядку – геоекологічні вузли і еліпси, які не завжди приурочені до конкретних ландшафтних структур, як це має місце у смуг-місцевостей. Ще менший зв'язок з ландшафтними одиницями мають геоекологічні вогнища або джерела забруднення, які є геоекотипами геоекологічних структур 3 порядку. Вони відповідають контурам забруднення ґрунтів, атмосферного повітря, ґрунтових вод і рослинності, які не завжди співпадають між собою. Тому при дослідженнях екологічного стану на територіях промислових підприємств необхідно виконувати їх детальну оцінку та розробляти відповідно свій індивідуальний комплекс природоохоронних заходів.

Об'єктові системи екологічної безпеки промислових, аграрних та інших підприємств є нижньою ланкою – нижнім «поверхом» запропонованої нами конструктивно-екологічної моделі екологічної безпеки.

ЗЕМЛЕОЛОГІЯ

Новий науковий напрямок у Науках про Землю *Землеологія (Earthlogy)* [37] є основою еколого-ресурсної безпеки Землі та її майбутнього. Це – не тільки давно відомі науки Геологія і Землезнавство. Землеологія – це синтез наук про Землю, її походження та розвиток під впливом космічних і внутрішньоземних чинників, про біосферу з усіма її оболонками (ядром, мантією, земною корою, геофізичними полями, рельєфом поверхні, ґрунтовим і рослинним покривами, гідросферою і атмосферою, тваринним світом, демосферою) та техносферою, що активно тисне на біосферу, змінює природний стан ландшафтів, створює безліч екологічних проблем, які треба вирішувати, щоб Земля і надалі залишалась осередком розумного життя у Всесвіті. Ці знання потрібні для визначення меж використання природних ресурсів нашої планети та розробки стратегії подальшого розвитку людства. На тлі світових глобальних проблем розглянуто стан еколого – ресурсної безпеки України [39].

ПЕЛЕОЕКОЛОГІЯ

Цей науковий напрямок О. М. Адаменко розвиває вже протягом кількох десятиріч років, ще з сибірського та молдавського періодів [1] його досліджень. Очолюючи Підкомісію з геоархеології палеоліту Міжнародного союзу з вивчення четвертинного періоду (NQUA), О.М. Адаменко уточнив геологічний вік і межі олданської, ашельської, та мустьєрської археологічних культур на основі особистого вивчення давніх стоянок Алтаю (Уламенка, Бобково), Таджикистану (район будівництва Нурекської ГЕС), Грузії (печера Азих), Закарпаття (Королеве), Угорщини (Вертешсоллеш). Уже у складі Наукової школи її члени долучились до вивчення стоянок палеоліту у долині Дністра (Маріямпіль, Галич, Межигірці та ін.). Для прогнозування періодичності катастрофічних паводків у долині Дністра проаналізовано частоту їх прояву за даними історичної геології та археології. На основі глобальних потеплінь і похолодань у геологічній історії Землі від її утворення (4,56 млрд. років тому), історичного періоду розвитку на основі літописних даних, починаючи з 960 р. н. е., і періоду інструментальних спостережень з 1881 р. Д. О. Зорін [21] виявив наявність циклічності глобальних кліматичних змін у вигляді 13 накладених одна на одну різнопорядкових синусоїд з періодами коливання від Галактичного року (225-220 млн років) до сучасних 33,11 і 5-6 років. Повторюваність катастрофічних паводків відповідає цим періодам, але з яким саме циклом він проявиться залежить від кількості опадів та контролюється багатьма іншими чинниками. Виявлена циклічність глобальних кліматичних змін є *новою закономірністю розвитку природи і претендує на наукове відкриття*.

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ КЛАСИЧНИХ НАУК

На початкових етапах розробки концепції (парадигми) інженерно-екологічних досліджень Наукова школа «Рациональне використання та захист природи» вважала за необхідне внести у змісти класичних, фундаментальних наук екологічну складову, щоб можна було оцінювати зміни компонентів геосистем під впливом техносфери та деградацію навколишнього середовища. Так з'явилися монографії та підручники: «Екологічна геологія» – монографія (1995) та підручник (1998), «Екологічна геофізика» – підручник (2000), «Екологічна геоморфологія» – підручник (2000), Екологічна геоархеологія (палеоекологія) – цикл статей (1986-2005), «Вступ до методичної геології» – монографія в 2-х томах (2010), «Вступ до екологічної дендрохронології» – брошура (2014).

Тоді ж був обґрунтований новий науковий напрямок «Конструктивна екологія» (2008), яка не тільки діагностує стан навколишнього природного середовища і прогнозує його еволюцію, а й пропонує конкретні шляхи попередження негативних змін у довкіллі, його оптимізацію і поліпшення, конструює такі природно-технічні системи, які б забезпечували сталий гармонійний розвиток геотехносоціосистеми Людина – Природа – Господарство.

МЕТОДОЛОГІЯ ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Спираючись на основні закономірності розвитку Землі, її біосфери, геоекосистем континентів та океанів, природно-техногенних систем регіонального, локального та об'єктового ієрархічних рівнів, Науковою школою «Рационального використання та захисту природи» розроблена конструктивно-екологічна модель оцінки екологічної ситуації територій і об'єктів, екологічної безпеки та сталого розвитку Землі (З), Європейського союзу (ЄС), Карпатського Євро регіону (КЄ), Держави України (ДУ), її Західного регіону (ЗР), адміністративних областей (ОБ) і районів (РН), об'єднаних територіальних громад (ТГ), населених пунктів (НП) та підприємств (ПП) (див. рис. 2): $ЕБ_{територій} = f(ЕБ_З + ЕБ_{ЄС} + ЕБ_{КЄ} + ЕБ_{ДУ} + ЕБ_{ЗР} + ЕБ_{ОБ} + ЕБ_{РН} + ЕБ_{ТГ} + ЕБ_{НП} + ЕБ_{ПП})$. Кожний із цих складових визначається як послідовні процедури, що входять до структури екологічної безпеки (табл. 2).

Такий алгоритм шляху, який має пройти дослідник для визначення стану екологічної безпеки. А початок цього шляху польові експедиційні дослідження з відбором

проб із компонентів довкілля, їх аналізу, побудови баз даних екологічної інформації, екологічних карт та карт геоекологічного районування (табл. 3, рис. 3).

ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНИХ РОЗРОБОК

Нафтогазовидобувна та геологорозвідувальні галузі. На сучасному рівні розвитку екологічної науки і природоохоронної практики недостатньо давати загальні оцінки сучасної ситуації тої чи іншої території та відносного сучасного стану компонентів довкілля. Необхідно переходити до їх кількісної оцінки, що дозволить не тільки більш об'єктивно оцінити ступінь трансформації природних ландшафтів, а й розробити конкретні природоохоронні заходи подолання виникнення надзвичайних лих, а також виконувати економічні розрахунки необхідних коштів для їх подолання. Тому, маючи матеріали детальних ландшафтно-геохімічних досліджень з відповідними базами даних і оціночними техногеохімічними картами, ми пропонуємо новий спосіб кількісних оцінок сучасного стану на основі вмісту у компонентах довкілля важких металів, концентрації яких в певних інтервалах безпечні для нормального розвитку природно-антропогенних геосистем, що створює безпеку для життєдіяльності населення.

Отже, не зважаючи на ряд досягнень у кількісних оцінках тих чи інших показників сучасного стану геосистем, поки що немає розрахунків екологічно безпечних меж їх існування, а оцінку верхньої межі безпеки життєдіяльності людини прирівнюють до гранично допустимих концентрацій (ГДК) тої чи іншої небезпечної для здоров'я людини токсичної речовини. Тому ми поставили перед собою мету: розробити новий спосіб розрахунків концентраційних інтервалів вмісту важких металів, безпечних для існування геосистем та концентраційних інтервалів безпеки життєдіяльності населення, використавши 1441 точку відбору проб за результатами екологічного аудиту території Карпатського регіону і Західного Поділля, де розташоване 91 родовище нафти і газу та площа проектного видобутку сланцевого газу, карти нафтогазогеологічного районування Західного регіону України та ґрунтуючись на базах даних інформації та поелементних техногеохімічних картах тих же регіонів.

Із проведених досліджень видно, що різні групи нафтогазових родовищ по-різному впливають на безпеку життєдіяльності населення (рис. 4, 5):

1. Вишня-Пинявська, Богородчанська та Надвірнянська групи, а також нафтогазові об'єкти Карпатської нафтогазоносної і Закарпатської газоносної областей створюють нормальний та задовільний екологічний стани довкілля у зоні їх впливу.

2. Рудківсько-Дашавська та Долинська групи більш небезпечні до стану довкілля, тому що у зоні їх впливу екологічний стан напружений і складний, що негативно впливає на стан здоров'я населення.

3. Найбільші зміни у довкіллі відбулись і продовжують зростати під впливом Бориславської групи нафтогазових об'єктів, де сучасний стан довкілля вже досяг незадовільного рівня, а деякі ділянки родовищ перебувають у передкризовому і критичному станах. Це вимагає негайних оперативних заходів для призупинення процесів руйнування природних ландшафтів і зростаючої реальної небезпеки здоров'ю населення.

4. Порівнюючи отримані результати з впливом енергетичних об'єктів та виробництвами цементу, констатуємо, що найбільш небезпечними для здоров'я населення є енергетичні об'єкти, на другому місці – нафтогазові родовища, а далі – виробники цементу та інші промислові підприємства.

5. Із аналізу рівней екологічно безпечних для існування геосистем інтервалів концентрації забруднювачів видно, що запаси стійкості до руйнування природних ландшафтів є тільки на територіях впливу Богородчанської групи, Карпатської нафтогазоносної і Закарпатської газоносної областей. Тут – нормальний і задовільний сучасні стани. Порушених ландшафтів лише 10-15%, тобто запас стійкості поки що високий – 85–90%.

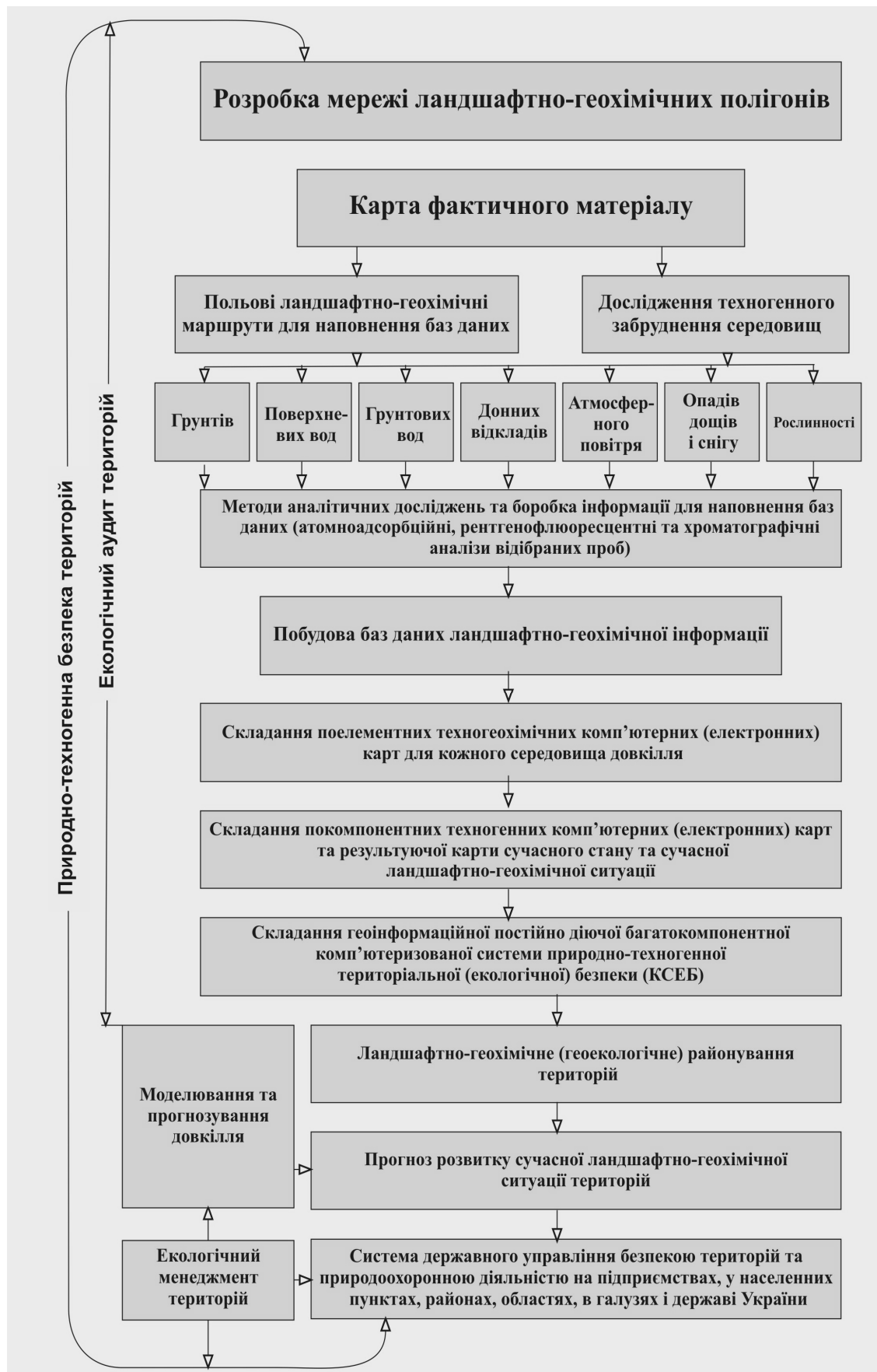
Таблиця 2

Структура та алгоритм побудови системи територіальної природно-техногенної (екологічної) безпеки



Таблиця 3

Алгоритм польових досліджень



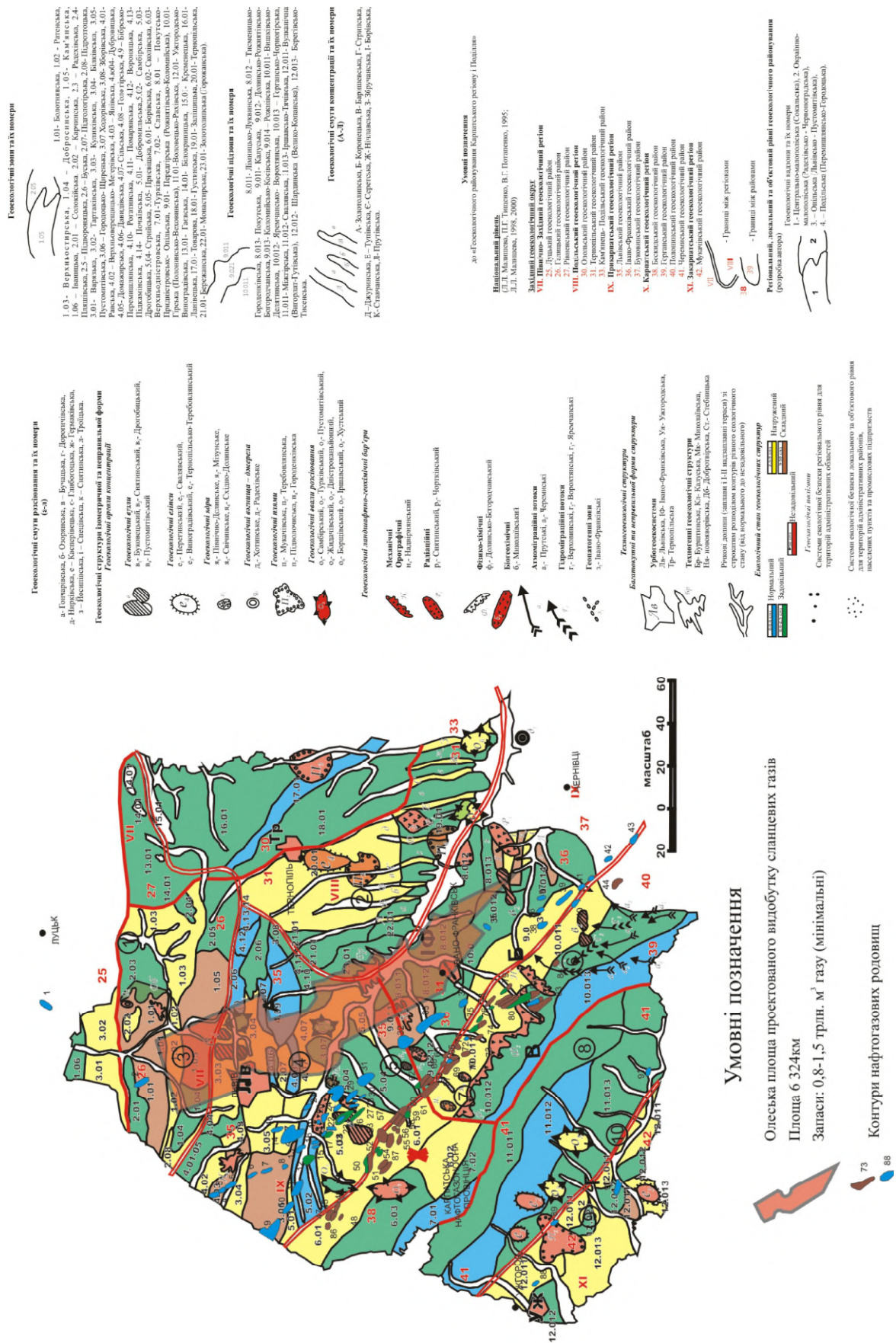


Рис.3. Геологічне районування Карпатського регіону і Західного Поділля [5] з контурами нафтогазових родовищ та Олександрівської площі проєктованого видобутку сланцевого газу

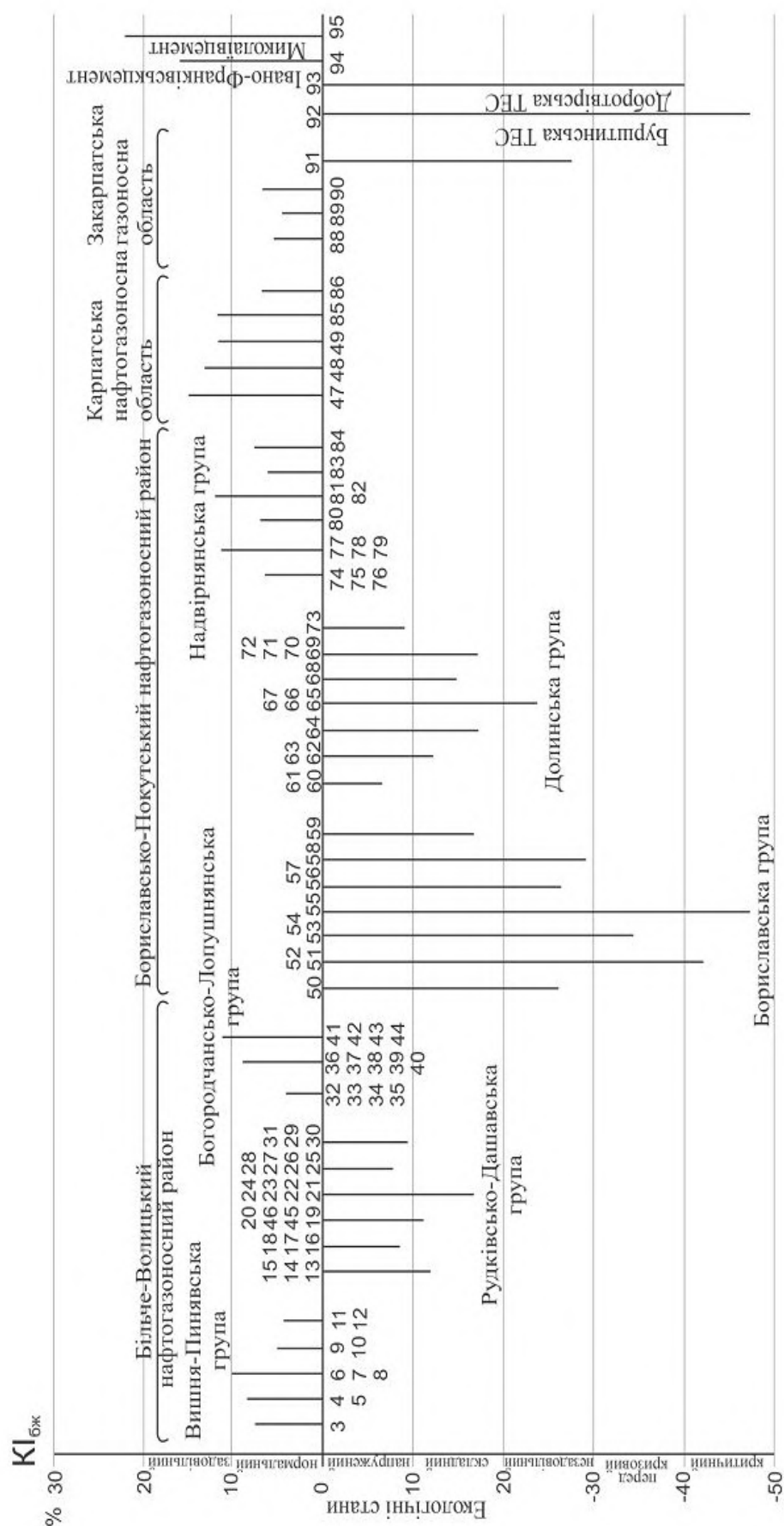


Рис. 4. Концентраційні інтервали безпеки життєдіяльності в зоні впливу нафтогазових об'єктів та їх порівняння з енергетичними об'єктами та виробництвами цементу

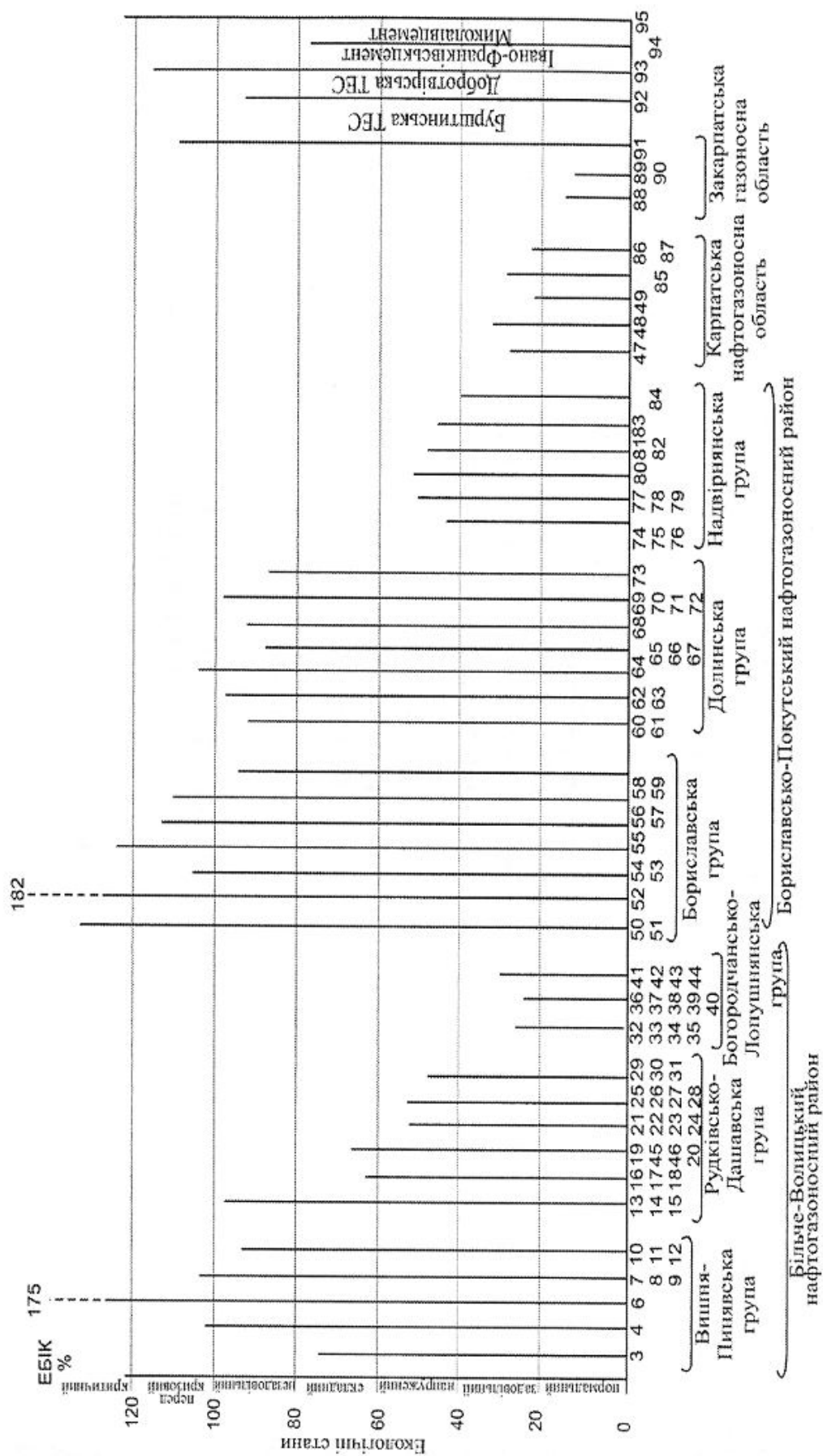


Рис. 5. Екологічно безпечні для існування геосистем інтервали концентрації забруднювачів у зоні впливу нафтогазових об'єктів та їх порівняння з енергетичними об'єктами та виробництвами цементу

6. Рудківсько-Дашавська та Надвірнянська групи нафтогазових родовищ поки що призвели до напруженого сучасного стану природних геосистем. Порушених ландшафтів 20-60% і вони ще в змозі повернутись до свого природного стану, якщо будуть розроблені і втілені відповідні природоохоронні заходи.

7. Найбільші екологічні зміни до рівнів складного (60-80% трансформованих ландшафтів), незадовільного (80%) і передкризового (більше 90%) екологічних станів досягнуті в межах впливу Вишня-Пинявської, Бориславської та Долинської груп нафтогазових об'єктів, де без допомоги людей повернутись до природного стану геосистем вже неможливо. Тут необхідні термінові оперативні заходи по збереженню існуючих незмінених островків природи і відновленню майже повністю зруйнованих геосистем до їх нормального стану.

8. Порівняння впливу на довкілля нафтогазових об'єктів з енергетичними і виробниками цементу свідчать про те, що всі вони призвели до незадовільного (80-100%) і передкризового (більше 90%) сучасних станів геосистем, що потребує також негайних оперативних заходів для відновлення геосистем. При цьому Бурштинська ТЕС і ПАТ «Івано-Франківськцемент» менше впливають на стан довкілля, ніж їх аналоги – Добротвірська ТЕС та Миколаївський цементний комбінат.

Висновки. Отримані показники дозволяють ранжувати техногенні об'єкти за ступенем їх впливу на довкілля на відповідні екологічні стани за розрахованою шкалою (в % впливу) (див. рис. 4, 5):

- нормальний (втручання у природні ландшафти від 0 до 20%; небезпека життєдіяльності людини 10%);
- задовільний (20-30 %; – 10-15 %);
- напружений (30-50 %; – 15-20 %);
- складний (50-60 %; – 20-25 %);
- незадовільний (60-80 %; – 25-30 %);
- передкризовий (80-90 %; – 30-40 %);
- критичний (90-100 %; – 40-50 %).

У залежності від сучасного стану пропонуються відповідні природоохоронні заходи – негайні, оперативні, довгострокові та ін.

Виконані нами дослідження та відповідні розрахунки за запропонованими формулами і новими комп'ютерними програмами показали, що існує можливість кількісної оцінки тих екологічних загроз існуванню геосистем і безпеці життєдіяльності людини, які склались на територіях впливу небезпечних техногенних об'єктів, таких, наприклад, як нафтогазові родовища. Але для цього необхідні обґрунтовані мережі екологічного аудиту та менеджменту територій і моніторингу довкілля з відбором проб із усіх компонентів довкілля та аналізом на відповідний (характерний для того чи іншого району) комплекс забруднювачів.

Газотранспортна система. Трансконтинентальні магістральні газопроводи з півночі Сибіру через Україну у Західну Європу є екологічно небезпечними об'єктами. Побудовані у 70-80-х роках минулого століття з гарантійним терміном 25 років, газопроводи майже вичерпали свою гарантію безпеки. Тому необхідно виконувати локальний екологічний моніторинг у зоні впливу газопроводів, адже у трубах діаметром 1400 мм при тиску газу 75 атмосфер, значній зношеності металу та при наявності вздовж трас зсувонебезпечних ділянок, зон неотектонічних розломів, складності рельєфу, не виключається поява відмов у функціонуванні газопроводів, деформації труб і навіть вибухів, як це сталось біля с. Свалєва у 1975 р.

Щоб контролювати стан довкілля та керувати його екологічною безпекою, необхідно чітко знати, з яких компонентів воно складається. На кожний компонент живої і неживої природи, на кожну сферу, що оточує Землю, впливає той чи інший техногенний об'єкт. Необхідно вміти оцінювати цей вплив, стежити за його змінами, прогнозувати його

розвиток, щоб керувати станом довкілля і вчасно запобігати його негативним змінам. Отже, в структурі довкілля виділяємо такі компоненти довкілля: геологічне середовище та геоморфосферу, ґрунтовий покрив, гідросферу та атмосферу, рослинний покрив. До компонентів довкілля відносять також тваринний світ, геофізичні поля, демосферу і техносферу [3].

Мета дослідження – екологічна оцінка територій у зонах впливу магістральних газопроводів для забезпечення їх експлуатаційної надійності, потреб органів державної влади, місцевого самоврядування та громадськості в оперативній і достовірній інформації про стан навколишнього природного середовища та безпеки техногенних об'єктів.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- провести аналіз попередніх природничих та екологічних досліджень на обраній модельній території газотранспортної системи та визначити невирішені питання;
- співставити існуючі методичні підходи до оцінки екологічного стану та визначення сучасної екологічної ситуації у зонах впливу небезпечних техногенних об'єктів;
- провести екологічний аудит стану компонентів довкілля у зоні впливу магістральних газопроводів;
- розробити схему геоекологічного районування та прогноз розвитку сучасної екологічної ситуації та змін екологічного стану у залежності від антропогенної трансформованості ландшафтів під впливом магістральних газопроводів;
- запропонувати постійно діючу геоінформаційну еколого-технологічну систему локального екологічного моніторингу для оцінки стану довкілля у зонах впливу магістральних газопроводів.

У результаті інженерно-екологічних досліджень встановлено наступне :

1. Вперше для Подільського Придністров'я та Прикарпаття на ієрархічному рівні 7 адміністративних районів, з врахуванням попередніх досліджень та аналізу різних методичних підходів до екологічної оцінки ландшафтів, складена порівняльна екологічна карта, що характеризує сучасний стан природних середовищ та екологічну ситуацію (рис. 6).

2. Виконано геоекологічне районування території впливу магістральних газопроводів з ранжуванням геоекологічних структур, а саме зон і смуг на нормальний, задовільний і напружений геоекологічні стани.

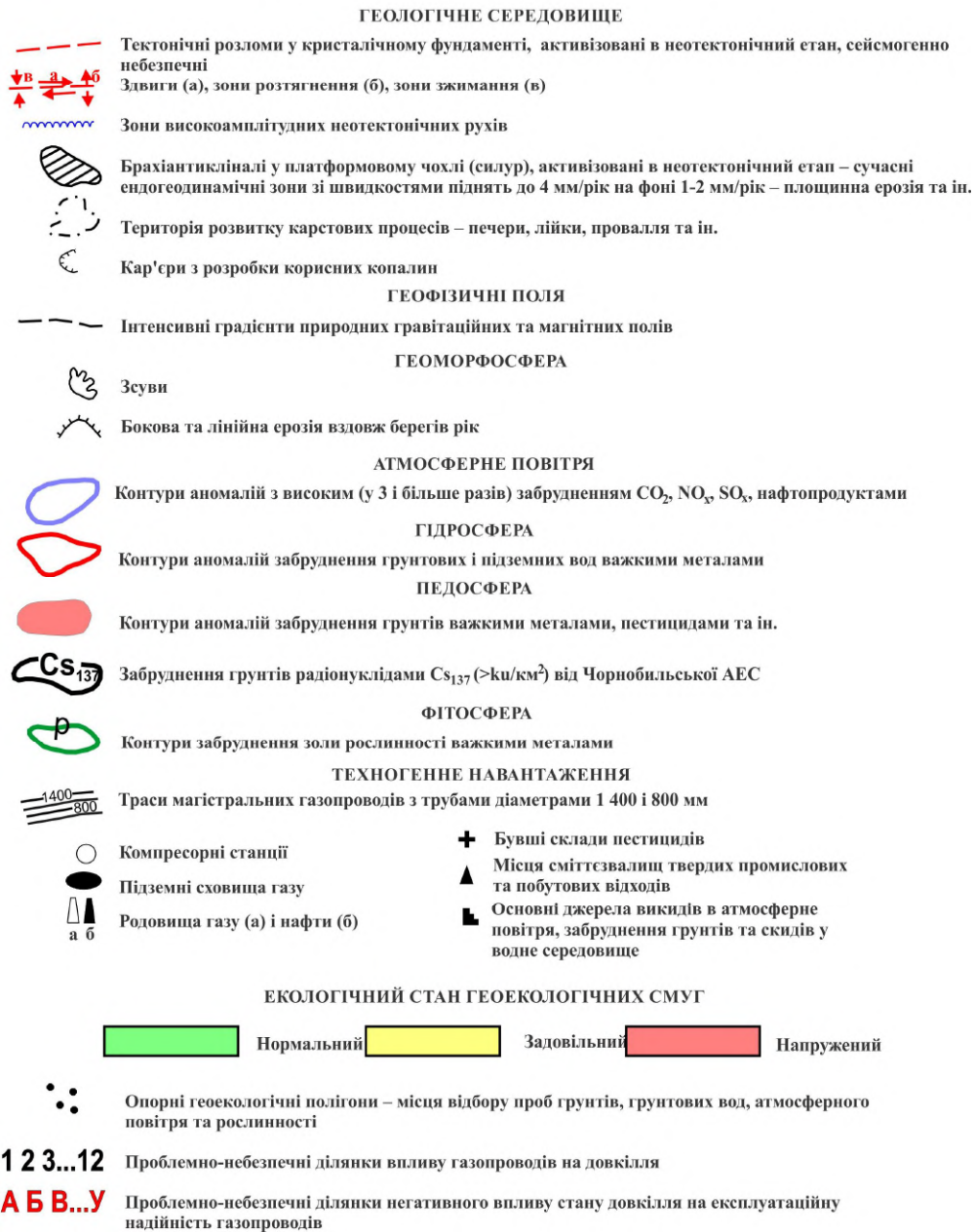
3. Створена постійно діюча багатокомпонентна геоінформаційна еколого-технологічна система оцінки впливу магістральних газопроводів на стан довкілля та залежність експлуатаційної надійності газопроводів від небезпечних геодинамічних процесів та явищ, що розвиваються вздовж газотранспортних трас.

Практичне значення одержаних результатів: Екологічна оцінка природно-антропогенних геоекосистем може бути використана для наукового обґрунтування екологічно безпечного функціонування газопроводів.

Водогосподарська галузь має великі проблеми з катастрофічними паводками у долинах Дністра і Прута [10,21], ризик яких постійно загрожує цим територіям . Яким же чином визначається екологічний ризик затоплення. Проілюструймо це прогнозною картою екологічного ризику затоплення долини Дністра, яку побудували Д. О. Зорін зі 52 студентами-магістрами і яка була передана Державній службі з надзвичайних ситуацій в Івано-Франківській області для практичного використання.

Аналіз рельєфу та побудова геоморфологічної карти виявили 4 рівня затоплення: перший, коли при підйомі паводка на 1 м затоплюється низька заплава. Другий рівень затоплення – середня заплава, коли вода підіймається на 3 м і заповнює чисельні старичні озера, які подібно до польдерів трохи знижують натиск паводку. Третій і четвертий рівні – це висока заплава (+5 м) і I надзаплавна тераса (+10 м), коли затоплюються населені пункти. Для них визначаємо сегменти сіл, що потрапляють у зону екологічного ризику затоплення.

Умовні позначення Екологічний стан компонентів геосфери



Умовні позначення до рис. 6

В останні роки з'явилося багато бажаючих будувати ГЕС в долині Дністра. «Укргідроенергія» збирається запроектувати 6 ГЕС, перетворивши Дністер в ряд водосховищ довжиною 20-40 км. Екологи ІФНТУНГ категорично проти знищення унікальних долинних ландшафтів, затоплення сіл, сільськогосподарських угідь, лісів та численних об'єктів природно-заповідного фонду. Необхідно зберегти унікальний Дністровський каньйон та інші пам'ятки природи для майбутніх поколінь!

Туристично-рекреаційна галузь. Виходячи з конструктивно-екологічної концепції інженерно-екологічних досліджень, автори прийшли до висновку, що туристично-рекреаційні ресурси потрібно збільшувати не тільки за рахунок відшкодування нових площ природно-заповідного фонду шляхом виведення їх з господарського вжитку, а й поглибленням використання існуючих об'єктів, розширенням їх туристичного, оздоровчого та культурно-просвітницького змісту. Тому Наукова школа професора О.М. Адаменко багато уваги приділяє обґрунтуванню нових національних

природних парків, наприклад Верховинського та Синьогори, рекреаційного використання гори Говерли, нових об'єктів у верхів'ях р. Бистриці Надвірнянської, гірськолижного курорту Буковель, можливості використання альтернативних джерел енергії, таких як малі ГЕС на Карпатських ріках, вітрова та сонячна енергетика, біогаз з відходів тваринництва та ін.

Висновки з даного дослідження та перспективи. Конструктивна екологія як новий науковий напрямок інженерно-екологічних досліджень тільки «набирає оберти», підпорядковуючись загальній парадигмі системного аналізу геосистем, які порушені антропогенним втручанням у хід природних процесів. Із запропонованої авторами конструктивно-екологічної моделі можна зробити висновок, що забезпечення сталого розвитку в умовах стримання глобального потепління не вище 2% за XXI століття, як було прийнято в грудні 2015 р. у Парижі 198 країнами світу, повинно базуватися на гармонізації відносин у системі тріади Природа-Людина-Господарство. Така гармонізація є науково обґрунтованим управлінням (екологічним менеджментом) складною природно-суспільно-господарською системою на основі розумного обмеження своїх потреб, щоб стан довкілля відновлювався, економіка розвивалась, а людина почувала себе комфортно та забезпечувала такий же розвиток для майбутніх поколінь.

Література

- 1 Адаменко О. М. Екологічна геологія / О. М. Адаменко, Г. І. Рудько. – К.: Манускрипт, 1998. – 350 с.
- 2 Адаменко О. М. Екологічний аудит територій. / О. М. Адаменко, Л. В. Міщенко. – Івано-Франківськ : Факел, 2000. – 342 с.
- 3 Адаменко О. М. Екологія міста Івано-Франківська / О. М. Адаменко, Є. І. Крижанівський, Є. М. Нейко та ін. – Івано-Франківськ: Сіверсія МВ, 2004. – 200 с.
- 4 Адаменко О. М. Конструктивна екологія / О. М. Адаменко // Наш майбутній дім – Екоєвропа. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2007. – С. 189-223.
- 5 Адаменко О. М. Комп'ютеризована система екологічної безпеки Центральної та Східної Європи / О. М. Адаменко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2011, № 2 (4) – С. 8-10.
- 6 Адаменко О. М. Методика складання екологічних карт / О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Д. О. Зорін, Н. О. Зоріна // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2012, № 1 (5) – С. 14-19.
- 7 Адаменко О. М. Технологія екологічних досліджень / Адаменко О. М. // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2013, № 1 (7) – С. 5-9.
- 8 Адаменко О. М. Технологія екологічних досліджень / О. М. Адаменко // Геоєкополітика і екогеодинаміка регіонів. Научний журнал Таврического нац. ун-та ім. В.І. Вернадського / О. М. Адаменко. – Симфірополь, 2014 – том 10, вып.2. – С. 22-28.
- 9 Адаменко О. М. Конструктивная экология/О.М. Адаменко// LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Deutschland, 2014. – 122 с.
- 10 Адаменко О. М. Об'єднання територіальних громад – екологічне обґрунтування / О. М. Адаменко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2015, № 2 (12) – С. 134-135.
- 11 Адаменко О. М. Комп'ютеризовані системи екологічної безпеки/ О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Л. В. Міщенко, Д. О. Зорін. – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2015. – 208 с.
- 12 Барановський В. А. Україна. Забруднення природного середовища/ В. А. Барановський. – Київ: Укргеодезкартографія, 1996. – 137 с.
- 13 Вітко Л. Я. Геоєкологічна оцінка компонентів довкілля Подільського Придністров'я: автореф. дис. на здоб. наук ступеня канд. географ. наук/ Л. Я. Вітко. – Львів, 2010. – 21с.
- 14 Герасимов И. П. Принципы и методы геосистемного мониторинга / И. П. Герасимов // Изв. АН СССР, серия географ. – 1982, № 2. – С. 5-12.
- 15 Екологічна безпека територій: колективна монографія [автори: О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова та ін.] – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2014. – 444 с.
- 16 Зорін Д. О. Екологічна безпека Дністровського каньйону як регіонального коридору національної екологічної мережі України/ Д. О. Зорін // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2011, № 2 (4) – С. 44-55.
- 17 Крихівський М. В. Прогнозування показників екологічної безпеки міст за результатами моніторингу навколишнього середовища (на прикладі м. Івано-Франківська): . дис. на здоб. наук ступеня канд. техн. наук/ М. В. Крихівський. – Івано-Франківськ, 2014. – 21 с.
- 18 Маринич О. М. Фізична географія України. – К. : Знання, 2006. – 511 с.

- 19 Міщенко Л. В. Геоєкологічне районування. Наукова монографія за ред. О. М. Адаменка / Л. В. Міщенко. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2011. – 408 с.
- 20 Міщенко Л. В. Природно-техногенна безпека територій Західного регіону України / Л. В. Міщенко. – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2014. – 452 с.
- 21 Національний атлас України. – Київ: ДНАЦ «Картографія», 2007. – 440 с., 875 іл.
- 22 Пендерецький О. В. Екологія Галицького району/ О. В. Пендерецький. – Івано-Франківськ: Нова зоря, 2005. – 201 с.
- 23 Побігун О.В. Геоєкологічний моніторинг Карпатського регіону України як основа раціонального природокористування / О.В. Побігун: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата географічних наук: спеціальність 11.00.11 «Конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів». – Львів, 2005. – 20 с.
- 24 Поп С. С. Природні ресурси Закарпаття / С. С. Поп. – Ужгород: Карпати, 2009. – 310 с.
- 25 Приходько М. М. Екологічна безпека природних і антропогенно-модифікованих геосистем / М. М. Приходько. – Київ, 2013. – 201 с.
- 26 Радловська К. О. Сучасний моніторинг довкілля локального рівня для територій адміністративних районів / К. О. Радловська: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук. – Київ, 2015. – 20 с.
- 27 Радловська К. О. Локальний моніторинг довкілля для адміністративних районів і територіальних громад / К. О. Радловська. – Івано-Франківськ: Петраш К. Т., 2015. – 188 с.
- 28 Рудько Г. І. Конструктивна геоєкологія: наукові основи та практичне втілення / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко. – Чернівці: Маклауд, 2008. – 320 с.
- 29 Рудько Г. І. Землелогія. Еколого-ресурсна безпека Землі / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко. – Київ: Академпрес, 2009. – 512 с.
- 30 Руденко Л. Г. Концептуальні основи еколого-географічних досліджень та еколого-географічного картографування / Л. Г. Руденко, А. І. Бочавська // Український географічний журнал. – 1995, №3. – С. 56-62.
- 31 Скрипник В. С. Система екологічного моніторингу та заходи стабілізації довкілля Надвірнянського газонафтопромислового району: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук / В. С. Скрипник. – Львів, 2006. – 20 с.
- 32 Триснюк В.М. Екологія Гусятинського району Тернопільської області. Монографія / В.М. Триснюк. – Тернопіль: Терно-граф, 2005. – 225с.
- 33 Триснюк І. В. Екологічний стан геосистем в межах Кременецьких гір: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. геогр. наук / І. В. Триснюк. – Львів, 2012. – 20 с.
- 34 Фоменко Н. В. Сучасна екологічна ситуація в м.Івано-Франківську та система забезпечення екологічної безпеки міської території: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. геогр. наук / Н. В. Фоменко. – Чернівці, 2006. – 20 с.
- 35 Adamenko Ya., Coman M. The Methodology of Decision-Making within Procedures of Environmental Impact Assessments / Wulfenia Journal (ISSN:1561-882X) – Klagenfurt, Austria. – Vol. 23, No. 6. – Jun. 2016 – 377-384 p.
- 36 Izrael Yu. A. The problem of air pollution and other aspekts of environmental pollution. The concept of monitoring and regulating the quality of the environment, WMO, 1979, № 517-Geneva, pp. 3-9.
- 37 Mann R. F. Global environmental Monitoring System (GEMS). Action Plan for Phase 1. SCORE. Rep. 3 – Toronto, 1973, 130p.
- 38 Pollution monitoring and research in the farmwork of MAB Programme. Moscow. 23-26 Apr. 1974. – MAB rep. ser. № 20. Paris: UNESCO, 1974, pp.58-63.

© О. М. Адаменко,
Я. О. Адаменко

УДК 551.521+621

Н. М. Москальчук
*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ПЕРСПЕКТИВИ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ НА ПРИКАРПАТТІ

Проаналізовано дані швидкості, поривів та напрямку вітру на метеостанціях Івано-Франківської області за 2005-2015 рр. Розраховано середню швидкість вітру на висоті 30, 50,

- 19 Міщенко Л. В. Геоєкологічне районування. Наукова монографія за ред. О. М. Адаменка / Л. В. Міщенко. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2011. – 408 с.
- 20 Міщенко Л. В. Природно-техногенна безпека територій Західного регіону України / Л. В. Міщенко. – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2014. – 452 с.
- 21 Національний атлас України. – Київ: ДНАЦ «Картографія», 2007. – 440 с., 875 іл.
- 22 Пендерецький О. В. Екологія Галицького району/ О. В. Пендерецький. – Івано-Франківськ: Нова зоря, 2005. – 201 с.
- 23 Побігун О.В. Геоєкологічний моніторинг Карпатського регіону України як основа раціонального природокористування / О.В. Побігун: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата географічних наук: спеціальність 11.00.11 «Конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів». – Львів, 2005. – 20 с.
- 24 Поп С. С. Природні ресурси Закарпаття / С. С. Поп. – Ужгород: Карпати, 2009. – 310 с.
- 25 Приходько М. М. Екологічна безпека природних і антропогенно-модифікованих геосистем / М. М. Приходько. – Київ, 2013. – 201 с.
- 26 Радловська К. О. Сучасний моніторинг довкілля локального рівня для територій адміністративних районів / К. О. Радловська: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук. – Київ, 2015. – 20 с.
- 27 Радловська К. О. Локальний моніторинг довкілля для адміністративних районів і територіальних громад / К. О. Радловська. – Івано-Франківськ: Петраш К. Т., 2015. – 188 с.
- 28 Рудько Г. І. Конструктивна геоєкологія: наукові основи та практичне втілення / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко. – Чернівці: Маклауд, 2008. – 320 с.
- 29 Рудько Г. І. Землелогія. Еколого-ресурсна безпека Землі / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко. – Київ: Академпрес, 2009. – 512 с.
- 30 Руденко Л. Г. Концептуальні основи еколого-географічних досліджень та еколого-географічного картографування / Л. Г. Руденко, А. І. Бочавська // Український географічний журнал. – 1995, №3. – С. 56-62.
- 31 Скрипник В. С. Система екологічного моніторингу та заходи стабілізації довкілля Надвірнянського газонафтопромислового району: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук / В. С. Скрипник. – Львів, 2006. – 20 с.
- 32 Триснюк В.М. Екологія Гусятинського району Тернопільської області. Монографія / В.М. Триснюк. – Тернопіль: Терно-граф, 2005. – 225с.
- 33 Триснюк І. В. Екологічний стан геосистем в межах Кременецьких гір: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. геогр. наук / І. В. Триснюк. – Львів, 2012. – 20 с.
- 34 Фоменко Н. В. Сучасна екологічна ситуація в м.Івано-Франківську та система забезпечення екологічної безпеки міської території: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. геогр. наук / Н. В. Фоменко. – Чернівці, 2006. – 20 с.
- 35 Adamenko Ya., Coman M. The Methodology of Decision-Making within Procedures of Environmental Impact Assessments / Wulfenia Journal (ISSN:1561-882X) – Klagenfurt, Austria. – Vol. 23, No. 6. – Jun. 2016 – 377-384 p.
- 36 Izrael Yu. A. The problem of air pollution and other aspekts of environmental pollution. The concept of monitoring and regulating the quality of the environment, WMO, 1979, № 517-Geneva, pp. 3-9.
- 37 Mann R. F. Global environmental Monitoring System (GEMS). Action Plan for Phase 1. SCORE. Rep. 3 – Toronto, 1973, 130p.
- 38 Pollution monitoring and research in the farmwork of MAB Programme. Moscow. 23-26 Apr. 1974. – MAB rep. ser. № 20. Paris: UNESCO, 1974, pp.58-63.

© О. М. Адаменко,
Я. О. Адаменко

УДК 551.521+621

Н. М. Москальчук
*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ПЕРСПЕКТИВИ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ НА ПРИКАРПАТТІ

Проаналізовано дані швидкості, поривів та напрямку вітру на метеостанціях Івано-Франківської області за 2005-2015 рр. Розраховано середню швидкість вітру на висоті 30, 50,

70, 100 м за допомогою логарифмічної та степеневої залежності. Побудовано рози вітрів. Запропоновано класифікацію перспективності швидкостей вітру для вітроенергетичних установок (ВЕУ). Визначено повторюваності перспективних для роботи ВЕУ швидкостей. Розраховано питому потужність вітру та питомий вітроенергетичний потенціал на висоті 10 м. Розраховано технічний вітроенергетичний потенціал для трьох категорій ВЕУ – малої, середньої та великої потужності. Виділено перспективні території Івано-Франківської області для малої, середньої та великої вітроенергетики.

Ключові слова: швидкість вітру, вітроенергетичні характеристики, вітроенергетичні установки (ВЕУ)

Проанализированы данные скорости, порывов и направления ветра на метеостанциях Ивано-Франковской области за 2005-2015 гг. Рассчитано среднюю скорость ветра на высоте 30, 50, 70, 100 м с помощью логарифмической и степенной зависимости. Построено розы ветров. Предложена классификация перспективности скоростей ветра для ветроэнергетических установок (ВЭУ). Определены повторяемости перспективных для работы ВЭУ скоростей. Рассчитано удельную мощность ветра и удельный ветроэнергетический потенциал на высоте 10 м. Рассчитано технический ветроэнергетический потенциал для трех категорий ВЭУ - малой, средней и большой мощности. Выделены перспективные территории Ивано-Франковской области для малой, средней и большой ветроэнергетики.

Ключевые слова: скорость ветра, ветроэнергетические характеристики, ветроэнергетические установки (ВЭУ)

The data speed, gusts and wind direction at weather stations in Ivano-Frankivsk region for years 2005-2015 were analyzed. The average wind speed at a height of 30, 50, 70, 100 m using a wind profile power law and a log wind profile was calculated. The wind roses were built. The classification of promising wind speeds for wind turbines was proposed. The repeatability promising for wind turbines velocity was determined. The wind power density and specific wind power capacity at 10 m were calculated. The technical wind energy potential for wind turbines in three categories - small, medium and large capacity was calculated. The promising the Ivano-Frankivsk region for small, medium and large wind power has been allocated.

Keywords: wind speed, wind power characteristics, wind turbine

Постановка проблеми. Об'єкти традиційної енергетики є причиною багатьох тисків на біосферу: впливу на повітря, клімат, води, ґрунти і живу природу, ландшафт, підвищення рівня шкідливого випромінювання. У зв'язку з цим, необхідним є перехід на відновлювальні джерела енергії, які істотно безпечніше порівняно з використанням викопного та ядерного палива, пропонують рішення багатьох екологічних і соціальних проблем.

За даними Міжнародного агентства з відновлювальної енергетики (IRENA) сукупна потужність об'єктів відновлюваної енергетики за 2016 р. склала 1542 МВт, включаючи 525 МВт вітрових електростанцій, 938 МВт сонячних станцій та 59 МВт станцій на біомасі та 20 МВт біогазі [11].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. У 2016 році ВЕС, розташовані на материковій частині України, виробили 1 047,086 млн кВт·год електроенергії, в тому числі 924, 483 млн кВт год електроенергії за «зеленим» тарифом. Постачання електроенергії вітровими електростанціями (87,8 МВт), які перебувають на анексованій території АР Крим, до Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України припинено з квітня 2014 року. Також три ВЕС, які знаходяться на території ведення АТО, не можуть постачати електроенергію до ОЕС України. З точки зору встановленої вітроенергетичної потужності на даний час лідирує Запорізька область – 200 МВт, Донецька – 88 МВт, Миколаївська – 52, МВт, Луганська – 50 мВт. Українські Карпати є одними з кращих в країні регіоном з точки зору існуючого вітропотенціалу, однак ще не достатньо охопленим вітроенергетичним розвитком. Впродовж 2016 року 6,6 МВт нових

вітроенергетичних потужностей були введені в експлуатацію на першій у Західному регіоні ВЕС Старий Самбір. На сьогодні вітроелектростанція, загальною потужністю 13,2 МВт, складається із 4 віротурбін V 112 номінальною потужністю 3,3 МВт виробництва датської компанії VESTAS. Очікується, що щорічно ВЕС буде виробляти біля 36,0 млн кВт·год екологічно чистої електроенергії. У 2017 році планується реалізація вітроенергетичного проекту ВЕС «Старий Самбір-2» потужністю 20,7 МВт [3].

Виклад основного матеріалу. З метою оцінки сучасного стану вітроенергетичних характеристик було проаналізовано дані швидкості, поривів та напрямку вітру. База даних містила щотрьохгодинні дані на висоті 10-12 метрів над землею поверхнею, осереднених за 10-хвилинний період, що безпосередньо передував терміну спостереження (м/с) сформованих за даними [10] по 5 метеостанціях Івано-Франківської області: Долина, Івано-Франківськ, Коломия, Яремча, Пожижевська за період 2005-2015рр (табл.1).

На території Івано-Франківської області середня швидкість вітру на висоті 10 м коливається від 1,7 до 3,5 м/с. Щодо річного ходу швидкостей (рис.1), то максимум на території Івано-Франківської області припадає на холодну пору року і співпадає з сезонним піком споживання теплової та електричної енергії, мінімум спостерігається у серпні. Різниця між зимовим максимумом та літнім мінімумом швидкостей на різних метеостанціях коливається від 0,7 (Яремча) до 2,6 м/с (Пожижевська).

Таблиця 1

Характеристики вітру на метеостанціях Івано-Франківської області за 2005-2015 рр.

№ п/п	Метеостанція	Висота, м н.р.м.	Середня швидкість, м/с	Абсолютний максимум, м/с	Штиль, %	Переважаючий напрям вітру, %
1	Долина	470	2,3	44 (16.10.2009)	14	ЗхПнЗх 11 Сх 11 Зх 10
2	Івано-Франківськ	270	2,4	18 (23.02.2008)	29	ЗхПнЗх 13 СхПдСх 9 ПдСх 8
3	Коломия	295	1,8	48 (03.06.2007)	23	ЗхПнЗх 15 ПнЗх 13 Сх 10
4	Яремча	531	1,7	50 (24.07.2008)	21	ЗхПдЗх 20 ПнСх 12 Зх 9
5	Пожижевська	1451	3,5	42 (18.06.2007)	36	ПдЗх 15 ЗхПдЗх 14 Зх 7

У зв'язку з тим, що швидкість вітру на рівні ротора вітроенергетичної установки (ВЕУ) відрізняється від швидкості на стандартній висоті спостережень на метеостанціях, виникає необхідність розрахунку параметрів вітру на вищих висотах. Вертикальні профілі вітру в нижній частині атмосфери апроксимувалися логарифмічною (1) та степеневою (2) залежностями [1,5,7]:

$$V(h_2) = V(h_1) \frac{\ln \frac{h_2}{z_0}}{\ln \frac{h_1}{z_0}}, \quad (1)$$

де h_1 та h_2 – висоти над поверхнею землі, z_0 – довжина шорсткості поверхні.

$$V(h_2) = V(h_1) \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha, \quad (2)$$

де h_1 та h_2 – висоти над поверхнею землі, α –емпіричний коефіцієнт (експонента Гельмана), що залежить від стабільності атмосфери та шорсткості підстильної поверхні.

Логарифмічний профіль вітру, як правило, вважається точнішою оцінкою середньої швидкості вітру ніж степеневий у нижньому (10-20 м) прикордонному шарі атмосфери. Між 20 м і 100 м обидва методи є досить об'єктивними для передбачення середньої швидкості вітру в нейтральних атмосферних умовах [8]. Було розраховано середню швидкість вітру на висоті 30, 50, 70, 100 м, у розрахунках використовувались $z_0=0,1$ м та $\alpha=0,2$ які відповідають територіям розташування метеостанцій (табл.2). Із збільшенням висоти від 10 до 100 м швидкість вітру в середньому збільшується на 1,2 м/с при використанні логарифмічної залежності та 1,4 м/с – степеневі.

При аналізі максимальної швидкості вітру відмічено, що найчастіше сильні вітри спостерігаються на високогірній метеостанції Пожижевська. Кількість вітрів зі швидкістю від 20 м/с спостерігалася 35 разів за 2005-2015рр., вітри із швидкістю від 30 м/с за 10 років по всіх метеостанціях були поодинокими.

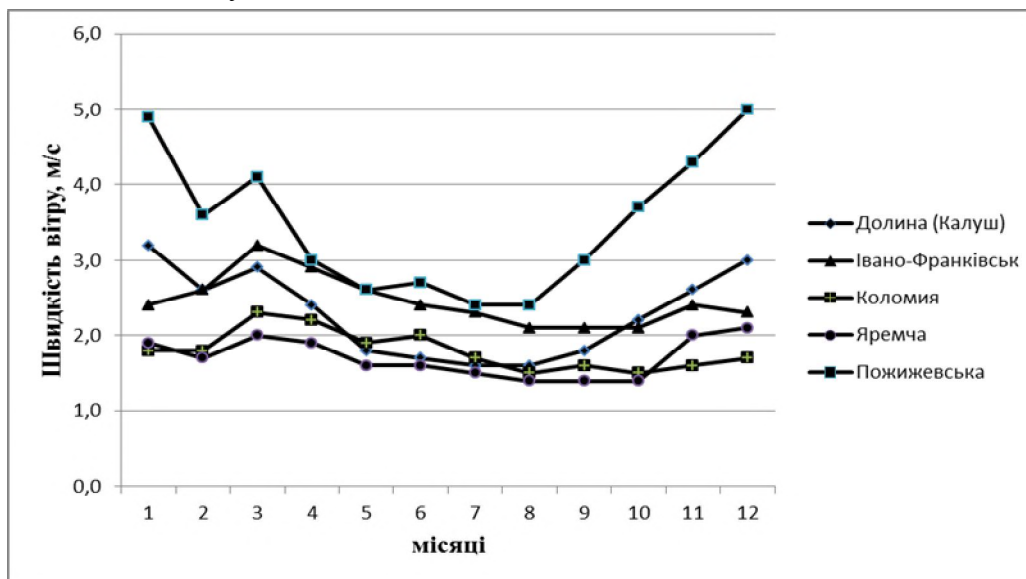


Рис. 1. Річний хід швидкості вітру в Івано-Франківській області за 2005-2015 рр.

Таблиця 2

Середня швидкість вітру на висоті 10, 30, 50, 70, 100 м на метеостанціях Івано-Франківської області за 2005-2015рр.

№ п/п	Метеостанція	V ₁₀ , м/с	V ₃₀ , м/с		V ₅₀ , м/с		V ₇₀ , м/с		V ₁₀₀ , м/с	
			лог.	степ.	лог.	степ.	лог.	степ.	лог.	степ.
1	Долина	2,3	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6
2	Івано-Франківськ	2,5	3,1	3,1	3,4	3,4	3,6	3,7	3,8	4,0
3	Коломия	1,8	2,2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,9
4	Яремча	1,7	2,1	2,1	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
5	Пожижевська	3,5	4,3	4,4	4,7	4,8	5,0	5,2	5,3	5,5

Визначення оптимального розташування БЕУ на певній території залежить від правильності врахування напрямку вітру. Розрахунок повторюваності напрямку вітру дав можливість побудови рози вітрів (рис.2).

Для потреб вітроенергетики велике значення має розподіл швидкості вітру, оскільки беручи до уваги тільки значення середньої швидкості вітру можна припуститись хибних висновків при визначенні вітроенергетичного потенціалу місцевості. Враховуючи класифікацію перспективності швидкостей, а саме:

- $V < 2$ м/с безперспективні для будь-яких типів БЕУ;
- $2 \leq V < 3$ м/с малоперспективні, стартова швидкість для малих БЕУ,
- $3 \leq V < 4$ м/с перспективні для малих БЕУ, стартова швидкість для великих БЕУ;
- $4 \leq V < 5,5$ м/с перспективні для БЕУ малої та середньої потужності;

– $5,5 \leq V$ м/с перспективні для будь-яких ВЕУ; також було визначено повторюваність перспективних для роботи ВЕУ швидкостей на метеостанціях (рис. 3).

Однією із основних характеристик вітроенергетичних ресурсів досліджуваної території є питома потужність вітру [4,5]:

$$P_{num} = \frac{1}{2} \rho \sum_{i=1}^n v_i^3 f_i, \quad (3)$$

де ρ – густина повітря; v_i – модуль швидкості вітру; f_i – повторюваність швидкості, частки одиниць; n – кількість градацій швидкостей вітру.

При розрахунках враховувалась повторюваність швидкостей від 1 до 25 м/с. Швидкості вище 25 м/с не враховувались. Приймалось, що $\rho = 1,225$ кг/м³ – стандартна густина сухого повітря при 15°C і тиску 101330 Па.

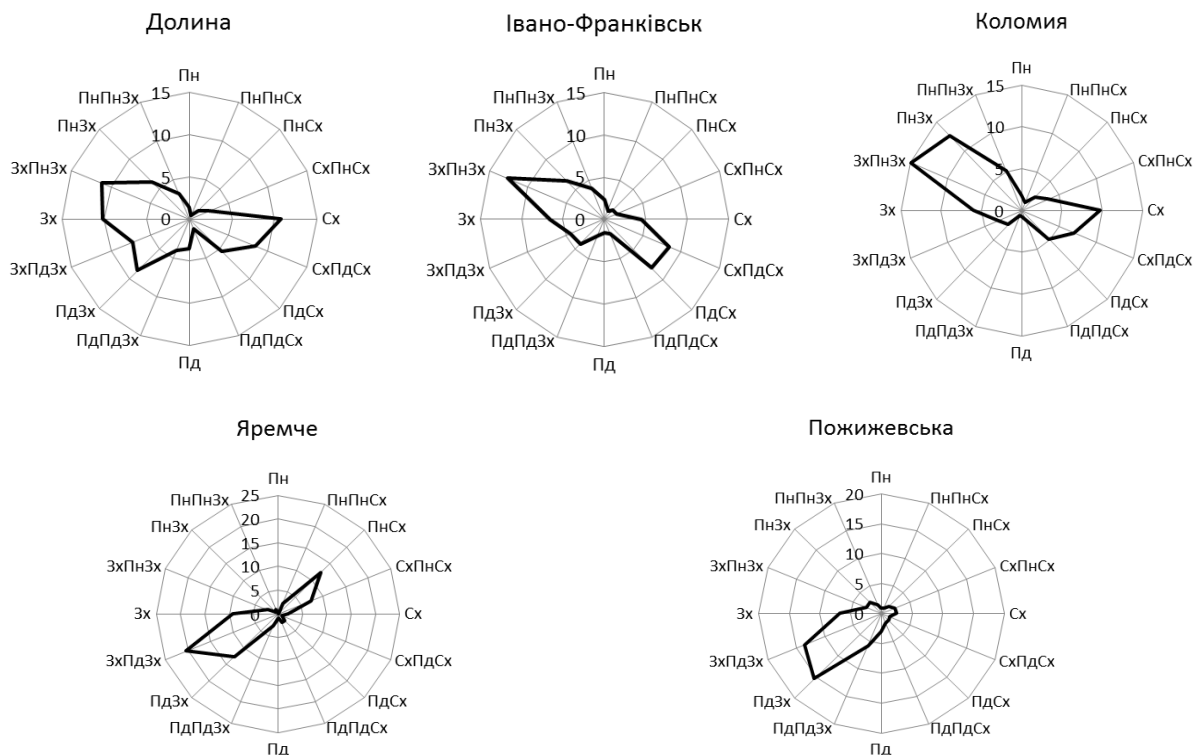


Рис. 2. Рози вітрів на метеостанціях Івано-Франківської області за 2005-2015 рр.

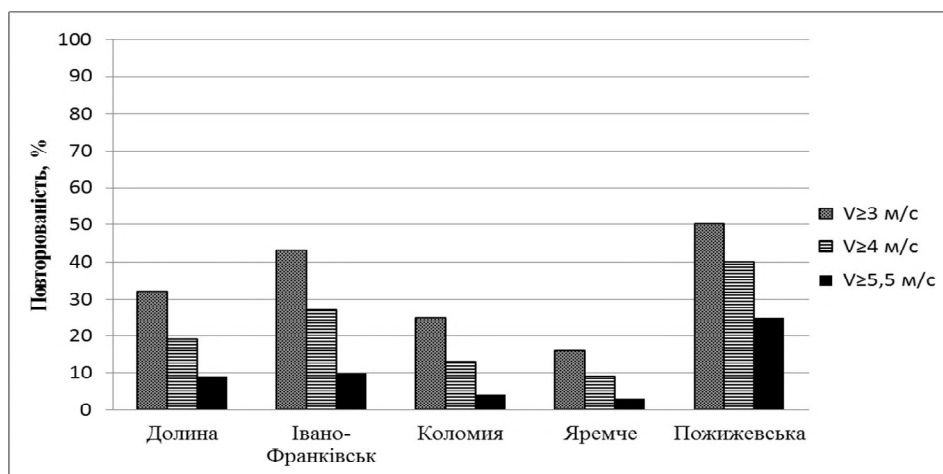


Рис. 3. Повторюваність перспективних швидкостей на висоті 10 м на метеостанціях Івано-Франківської області за 2005-2015 рр.

Поряд з питомою потужністю було розраховано питомий вітроенергетичний потенціал, тобто енергію, що протікає за рік через 1 м^2 поперечного перерізу. Він залежить від повторюваності швидкості вітру, тобто від того, впродовж якого періоду річного часу t_i дув вітер зі швидкістю v_i :

$$W_{num} = T \sum_{i=1}^n P_{num\ i} f_i \quad (4)$$

де $P_{num\ i}$ – питома потужність вітру, кВт/м^2 при швидкості v_i , n – кількість градацій швидкостей вітру, f_i – повторюваність швидкості v_i , частки одиниці, T – кількість годин у році – 8760. Результати розрахунків представлено в табл. 3.

Ще однією важливою характеристикою є технічний потенціал вітрової енергії – тобто сумарна електрична енергія, яка може бути отримана від використання питомого вітроенергетичного потенціалу при сучасному рівні розвитку технічних засобів і дотриманні екологічних норм. Технічний потенціал, таким чином, залежить від параметрів вітроенергетичної установки, середньої швидкості вітру на висоті щогли [6].

Таблиця 3

Вітроенергетичні характеристики на метеостанціях Івано-Франківської області за 2005-2015 рр.

№ п/п	Метеостанція	Питома потужність вітру P_{num} , Вт/м^2	Питомий вітроенергетичний потенціал W_{num10} , $\text{кВт год / м}^2 \text{ рік}$
1	Долина	42	364
2	Івано-Франківськ	39	340
3	Коломия	19	163
4	Яремча	32	281
5	Пожижевська	182	1592

Технічний вітроенергетичний потенціал розраховують за:

$$W_m = T \sum_{i=1}^n P_i f_i, \quad (5)$$

де P_i – потужність вітру, кВт при швидкості v_i , f_i – повторюваність швидкості v_i , частки одиниці, T – кількість годин у році – 8760.

Потужність вітру виражається:

$$P = C_p P_{num} S, \quad (6)$$

де C_p – коефіцієнт використання енергії вітру; P_{num} – питома потужність вітру, кВт/м^2 , S – обмахувана площа вітроколеса, м^2

Оскільки для різних ВЕУ відрізняються значення стартової, розрахункової та максимально експлуатаційної швидкості вітру було розраховано технічний вітроенергетичний потенціал на метеостанціях для трьох категорій ВЕУ – малої, середньої та великої потужності. Для малих, середніх та великих ВЕУ дані швидкостей вітру були приведені до висоти існуючих ВЕУ цих класів. Швидкості вітру на відповідних висотах розраховані на основі степеневої залежності. При розрахунку питомої потужності P_{num} за швидкість v використовувалась початкова швидкість діапазону Δv . Розрахунки виконувались для тих метеостанцій, які характеризувалися перспективними значеннями швидкості вітру та питомої потужності вітру на заданих висотах.

ВЕУ великої потужності. Згідно даних Української вітроенергетичної асоціації [10] лідируючими компаніями вітроенергетичної промисловості України є ТОВ «Вінд Пауер», ТОВ «УК «Вітряні парки України» і ТОВ «Віндкрафт Україна». На території Західної України найбільшою на даний час є ВЕС «Старий Самбір-1» ТОВ «Еко-оптіма». На сьогодні вітроелектростанція, загальною потужністю 13,2 МВт, складається із 4 вітротурбін V 112 номінальною потужністю 3,3 МВт виробництва датської компанії Vestas. Тому, як приклад, було розраховано вітроенергетичний потенціал для вітряної

турбіни Vestas V112-3.3MW. В брошурі компанії Vestas про продукти 3МВт класу [9] надані такі технічні характеристики вітрової турбіни (табл.4).

Таблиця 4

Технічні характеристики ВЕУ Vestas V112-3.3MW [9]

Номінальна потужність	3,3 МВт
Стартова швидкість	3 м/с
Максимальна експлуатаційна швидкість	25 м/с
Діаметр ротора	112 м
Обмахувана площа	9852 м ²
Висота щогли	119 м

Згідно аналізу попередніх розрахунків перспективними для великої вітроенергетики можна вважати території метеостанцію Пожижевська. У табл. 5 подано результати розрахунків вітроенергетичного потенціалу на цій метеостанції на висоті 119 м.

Таблиця 5

Вітроенергетичні характеристики на метеостанції Пожижевська для Vestas V112-3.3MW на висоті 119 м

Діапазон швидкості вітру Δv , м/с	Повторюваність f_i	Кількість годин у році при даній швидкості t_i , год/рік	Потужність вітру P , кВт	Річний вітроенергетичний потенціал W , кВт*год/рік
0-0,9	0,35533	3113	-	-
1-1,9	0,05401	473	-	-
2-2,9	0,00000	0	-	-
3-4	0,09517	834	23	19175
4-4,9	0,09915	869	88	76430
5-5,9	0,00000	0	301	0
6-6,9	0,07437	652	557	362886
7-7,9	0,06843	599	912	0
8-8,9	0,00000	0	1377	825440
9-9,9	0,05113	448	1954	875210
10-10,9	0,00000	0	2572	0
11-11,9	0,05190	455	2988	1358415
12-12,9	0,03757	329	3276	0
13-13,9	0,00000	0	3300	1086059
14-14,9	0,02827	248	3300	817315
15-15,9	0,02171	190	3300	0
16-16,9	0,00000	0	3300	627531
17-17,9	0,01327	116	3300	0
18-18,9	0,00000	0	3300	383722
19-19,9	0,01605	141	3300	464068
20-20,9	0,00110	10	3300	0
21-21,9	0,00000	0	3300	31861
22-22,9	0,00177	16	3300	51255
23-23,9	0,01394	122	3300	0
24-24,9	0,00000	0	3300	403116
25-25,9	0,00867	76	3300	0
від 26	0,00815	71	-	-
Всього				7382484

ВЕУ середньої потужності. Щодо середньої вітроенергетики, тобто ВЕУ потужністю від 100 до 1000 кВт, то було розраховано річний вітроенергетичний потенціал для вітряної турбіни «NORDEX» потужністю 600 кВт. Дані турбіни плануються до

встановлення на ВЕС у с. Шевченкове Долинського району Івано-Франківської області. В детальному плані території під будівництво даної ВЕС [2] зазначаються такі технічні характеристики вітрової турбіни (табл. 6).

Таблиця 6

Технічні характеристики ВЕС NORDEX N43-600-125 43.0 [2]

Номінальна потужність	600 кВт
Мінімальна робоча швидкість вітру (стартова)	4,0 м/с
Максимальна експлуатаційна швидкість	25 м/с
Діаметр ротора	43 м
Висота башти	50 м- 60 м

Для ВЕС середньої потужності перспективними можна вважати території метеостанцій, які є перспективними для великої вітроенергетики, а також Долину. У табл.7 подано результати розрахунків вітроенергетичного потенціалу на висоті 50 м.

Таблиця 7

Вітроенергетичні характеристики на метеостанції Долина для NORDEX N43-600-125 43.0 на висоті 50 м

Діапазон швидкості вітру Δv , м/с	Повторюваність f_i	Кількість годин у році при даній швидкості t_i , год/рік	Потужність вітру P , кВт	Річний вітроенергетичний потенціал W , кВт*год/рік
0-0,9	0,13965	1223	-	-
1-1,9	0,28069	2459	-	-
2-2,9	0,26387	2312	-	-
3-3,9	0,00000	0	-	-
4 -4,9	0,12828	1124	17	19104
5-5,9	0,07460	654	45	29408
6-6,9	0,02302	202	72	14519
7-7,9	0,00000	0	124	0
8-8,9	0,03367	295	196	57811
9-9,9	0,02321	203	277	56323
10-10,9	0,00000	0	364	0
11-11,9	0,01089	95	444	42353
12-12,9	0,00654	57	533	30550
13 -13,9	0,00788	69	584	40315
14-14,9	0,00000	0	618	0
15-15,9	0,00091	8	619	4921
16-16,9	0,00215	19	618	11635
17-17,9	0,00119	10	618	6464
18-18,9	0,00000	0	620	0
19-19,9	0,00186	16	610	9953
20-20,9	0,00062	5	594	3231
21-21,9	0,00000	0	592	0
22-22,9	0,00033	3	590	1728
23-23,9	0,00019	2	580	971
24-24,9	0,00024	2	575	1203
25 -25,9	0,00000	0	570	0
від 26	0,00019	2	-	-
Всього				330489

ВЕС малої потужності. Згідно класифікації у малій вітроенергетиці використовуються вітрогенератори потужністю до 100 кВт. Однак, в Україні ринок малої вітроенергетики націлений переважно на ВЕС, що виробляють електроенергію для

приватних домогосподарств, з середньою потужністю від 1 до 25 кВт. Огляд ринку малої вітроенергетики України за 2016 рік надає першість компаніям ВЕРАНО та FLAMINGO AERO [3]. Як приклад, було розраховано річний вітроенергетичний потенціал вітрогенератора FLAMINGO AERO – 6.7, технічні характеристики якого подані у табл. 8.

Як згадувалося вище сприятливими вітровими умовами для малих ВЕУ характеризується більша частина Івано-Франківської області Тому, окрім територій метеостанцій, для яких розраховувався вітроенергетичний потенціал великих та середніх ВЕУ, малі ВЕУ можна також розташовувати на території Івано-Франківська (табл. 9).

Таблиця 8

Технічні характеристики ВЕУ FLAMINGO AERO – 6.7

Номінальна потужність	4 кВт
Мінімальна робоча швидкість вітру (стартова)	2,5 м/с
Номінальна швидкість вітру	8 м/с
Швидкість, при якій відбувається відключення (максимальна експлуатаційна)	25 м/с
Діаметр ротора	6,7 м
Висота башти	21-27 м

Таблиця 9

Вітроенергетичні характеристики на метеостанції Івано-Франківськ для FLAMINGO AERO – 6.7 (на висоті 23 м)

Діапазон швидкості вітру Δv , м/с	Повторюваність f_i	Кількість годин у році при даній швидкості t_i , год/рік	Потужність вітру P , кВт	Річний вітроенергетичний потенціал W , кВт*год/рік
0-0,9	0,28685	2513	-	-
1-1,9	0,07153	627	-	-
2-2,9	0,21459	1880	-	-
3-3,9	0,15549	1362	0,2	272
4 -4,9	0,10059	881	0,5	441
5-5,9	0,06661	583	1	583
6-6,9	0,00000	0	1,7	0
7-7,9	0,04446	389	2,7	1052
8 -8,9	0,03247	284	4	1138
9-9,9	0,01366	120	4	479
10-10,9	0,00508	45	4	178
11-11,9	0,00584	51	4	205
12-12,9	0,00136	12	4	48
13 -13,9	0,00000	0	4	0
14-14,9	0,00073	6	4	25
15-15,9	0,00041	4	4	14
16-16,9	0,00000	0	4	0
17-17,9	0,00028	2	4	10
18-18,9	0,00003	0	4	1
19-19,9	0,00000	0	4	0
20-20,9	0,00000	0	4	0
21-21,9	0,00003	0	4	1
22-22,9	0,00000	0	4	0
23-23,9	0,00000	0	4	0
24-24,9	0,00000	0	4	0
25-25,6	0,00000	0	4	0
від 26	0,00000	0		
Всього				4446

Підсумкові значення річного вітроенергетичного потенціалу малих ВЕУ на метеостанції Івано-Франківськ є не надто великими, проте перспективними для малої вітроенергетики є не тільки території цієї метеостанції, а й ті, на яких пропонується розташування ВЕУ великої та середньої потужності. Розрахунки річного вітроенергетичного потенціалу на них, безумовно, привели б до вищих результатів.

Висновки. Аналіз отриманих результатів свідчить, що найсприятливіші кліматичні умови для промислової вітроенергетики є у гірських районах Українських Карпат. ВЕУ середньої потужності доцільно розташовувати також на Передкарпатті, Опіллі, Подільській височині. Щодо малих ВЕУ, то сприятливими вітровими умовами характеризується більша частина Івано-Франківської (особливо північні, південно-західні райони). Несприятливими є глибокі річкові долини, захищені горами. Однак, при проектуванні встановлення ВЕУ у кожному конкретному місці є потреба у додаткових польових спостереженнях за швидкістю вітру, оскільки дані отримані навіть з найближчих метеостанцій можуть відрізнятися через місцеві орографічні особливості.

Література

- 1 Анапольская Л.Е., Гандин Л.С. Ветроэнергетические ресурсы и методы их оценки // Метеорология и гидрология. – 1978. – №7. – С. 11-17
- 2 Андрусишин Р.П. Детальний план території земельних ділянок під будівництво та обслуговування вітрової електростанції в урочищі Обідний в с. Шевченкове, Шевченківської сільської ради Долинського району Івано-Франківської області. – Львів. – 2015. – 27 с.
- 3 Вітроенергетичний сектор України 2016 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://uwea.com.ua/uploads/docs/uwea_2016_report_ua_web_open.pdf
- 4 Вітроенергетичні ресурси Українських Карпат/ В.І. Осадчий, О.А. Скриник, О.Я. Скриник, Р.Ю. Радченко // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. - 2014. - Вип. 266. - С. 3-11.
- 5 Де Рензо Л. Ветроэнергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 271 с.
- 6 Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн.ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.
- 7 Beychok, Milton R. (2005). Fundamentals Of Stack Gas Dispersion (4th ed.)
- 8 Cook, N.J. (1985). The designer's guide to wind loading of building structures: Part II
- 9 Vestas V112-3.3 MW. Product Brochure. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.nhsec.nh.gov/projects/2013-02/documents/131212appendix_15.pdf
- 10 <http://rp5.ua>
- 11 <http://irena.org>

© Н. М. Москальчук

УДК 620.9 (477.86)

І. М. Мацалак

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВЕС У НЕВЕЛИКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ НА ТЕРИТОРІЇ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

Дослідження присвячене актуальності використання відновлюваних джерел енергії на території Карпатського регіону. В роботі розглянуті всі необхідні умови для будівництва вітроелектростанцій. Проведено аналіз щодо вибору досконалої території для генерації вітрової енергії завдяки сприятливим вітровим умовам та обмеженому впливу на навколишнє

Підсумкові значення річного вітроенергетичного потенціалу малих ВЕУ на метеостанції Івано-Франківськ є не надто великими, проте перспективними для малої вітроенергетики є не тільки території цієї метеостанції, а й ті, на яких пропонується розташування ВЕУ великої та середньої потужності. Розрахунки річного вітроенергетичного потенціалу на них, безумовно, привели б до вищих результатів.

Висновки. Аналіз отриманих результатів свідчить, що найсприятливіші кліматичні умови для промислової вітроенергетики є у гірських районах Українських Карпат. ВЕУ середньої потужності доцільно розташовувати також на Передкарпатті, Опіллі, Подільській височині. Щодо малих ВЕУ, то сприятливими вітровими умовами характеризується більша частина Івано-Франківської (особливо північні, південно-західні райони). Несприятливими є глибокі річкові долини, захищені горами. Однак, при проектуванні встановлення ВЕУ у кожному конкретному місці є потреба у додаткових польових спостереженнях за швидкістю вітру, оскільки дані отримані навіть з найближчих метеостанцій можуть відрізнятися через місцеві орографічні особливості.

Література

- 1 Анапольская Л.Е., Гандин Л.С. Ветроэнергетические ресурсы и методы их оценки // Метеорология и гидрология. – 1978. – №7. – С. 11-17
- 2 Андрусишин Р.П. Детальний план території земельних ділянок під будівництво та обслуговування вітрової електростанції в урочищі Обідний в с. Шевченкове, Шевченківської сільської ради Долинського району Івано-Франківської області. – Львів. – 2015. – 27 с.
- 3 Вітроенергетичний сектор України 2016 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://uwea.com.ua/uploads/docs/uwea_2016_report_ua_web_open.pdf
- 4 Вітроенергетичні ресурси Українських Карпат/ В.І. Осадчий, О.А. Скриник, О.Я. Скриник, Р.Ю. Радченко // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. - 2014. - Вип. 266. - С. 3-11.
- 5 Де Рензо Л. Ветроэнергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 271 с.
- 6 Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн.ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.
- 7 Beychok, Milton R. (2005). Fundamentals Of Stack Gas Dispersion (4th ed.)
- 8 Cook, N.J. (1985). The designer's guide to wind loading of building structures: Part II
- 9 Vestas V112-3.3 MW. Product Brochure. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.nhsec.nh.gov/projects/2013-02/documents/131212appendix_15.pdf
- 10 <http://rp5.ua>
- 11 <http://irena.org>

© Н. М. Москальчук

УДК 620.9 (477.86)

І. М. Мацалак

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВЕС У НЕВЕЛИКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ НА ТЕРИТОРІЇ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

Дослідження присвячене актуальності використання відновлюваних джерел енергії на території Карпатського регіону. В роботі розглянуті всі необхідні умови для будівництва вітроелектростанцій. Проведено аналіз щодо вибору досконалої території для генерації вітрової енергії завдяки сприятливим вітровим умовам та обмеженому впливу на навколишнє

середовище. Підібрано вітрові електричні установки таких потужностей, що найбільш доцільно використовувати в даному регіоні.

Ключові слова: вітрова електростанція, Карпатський регіон, енергопостачання, нетрадиційні джерела енергії, екологія, екологічна безпека.

Исследование посвящено актуальности использования возобновляемых источников энергии на территории Карпатского региона. В работе рассмотрены все необходимые условия для строительства ветроэлектростанций. Проведен анализ по выбору совершенной территории для генерации ветровой энергии благодаря оптимальным ветровым условиям и ограниченному воздействию на окружающую среду. Подобраны ветровые электрические установки таких мощностей, которые наиболее эффективно использовать в данном регионе.

Ключевые слова: ветровая электростанция, Карпатский регион, энергопоставка, нетрадиционные источники энергии, экология, экологическая безопасность

Постановка проблеми. Людство все більше замислюється про те, щоб використовувати надійні, безпечні і економічно дешеві джерела енергії. Вітроенергетичний комплекс відкриває нові економічні й соціальні перспективи. Будівництво вітроелектростанцій нового типу не тільки покращить ситуацію з енергопостачанням, а й створить нові робочі місця. Карпатський регіон має досить високий вітроенергетичний потенціал, при цьому необхідно врахувати всі можливі наслідки після будівництва вітрової електростанції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні є необхідність та існують умови для швидкого розвитку вітроенергетики. Однак Україна за рівнем використання енергії вітру знаходиться на 14-му місці серед країн Європи. Виробіток електроенергії за допомогою відновлюваних джерел складає близько 4%. Розроблені НАН України разом з Національним космічним агентством України (НКАУ) «Доповнення до Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. в частині розвитку вітроенергетики» передбачають до 2030 р. побудувати в Україні ВЕС загальною потужністю 16000 МВт [1].

Формулювання мети статті. Метою роботи є підтвердження актуальності встановлення нових потужностей (вітрових установок) для виробництва електроенергії на території Карпатського регіону.

Виклад основного матеріалу. Для підтримання Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. нами запропоновано впровадження використання нетрадиційних джерел енергії на території Карпатського регіону. Провівши аналіз і врахувавши географічні та кліматичні характеристики досліджуваного району, ми обираємо використання вітрової енергетики. Переваги даного вибору полягають у тому, що Карпатський регіон включає ряд територій, на яких є земельні площі із середньорічними швидкостями вітру 6,0–7,5 м/сек, це і дозволяє ефективно застосовувати обраний метод – будівництво ВЕС. Враховуючи низьку щільність населення на даних територіях, нами було обрано встановлення вітрових установок у невеликих населених пунктах для забезпечення їх енергоавтономності.

Прикладом використання відновлюваних джерел енергії є спорудження вітроелектростанції на території с. Шевченкове Долинського району Івано-Франківської області. У 2015 р. було розроблено проект під будівництво та обслуговування ВЕС в урочищі Обідний в межах населеного пункту (рис.1). Дана ділянка вибрана за рахунок великого потенціалу енергії вітру і розташована на південь від районного центру. Рельєф місцевості складний, гірський, відмітки землі на різних територіях проектування коливаються в межах 504,0–590,9 м. В результаті досліджень фізико-геологічних процесів та явищ, несприятливих для будівництва, не виявлено.

Враховуючи всі кліматичні умови ділянки, вирішено, що найбільш доцільно використовувати вітрогенератори двох типів: «Nordex» потужністю 600 кВт та «Nordex» – 1300 кВт.

Вітрову електростанцію встановлюють таким чином, щоб сприяти запобіганню наслідків глобального потепління, гарантованому та безпечному енергопостачанню. Викиди парникових газів можуть бути зменшені завдяки заміщенню в українській енергосистемі вироблення електричної енергії тепловими електростанціями на генерацію енергії ВЕС. Ділянка, на якій передбачено будівництво ВЕС вважається ідеальною для генерації вітрової енергії при наявності сприятливих вітрових умов та обмеженому впливу на навколишнє середовище. Території, важливі для туристичної індустрії та житлові поселення, повинні бути розташовані на відстані, достатній для того, щоб уникнути будь-якого турбування від шуму та візуального впливу.

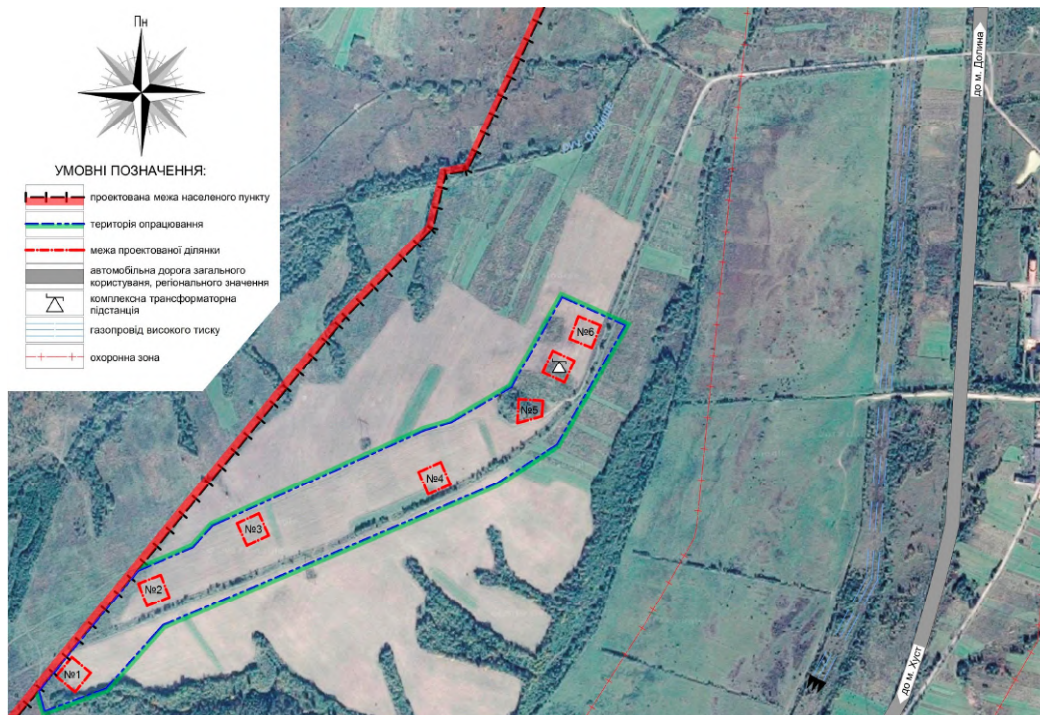


Рис. 1. Схема розташування об'єкту

З метою деталізації і уточнень у більш крупному масштабі та визначення параметрів і вимог до розташування споруд розробляється детальний план території, на якій планується розташування вітроелектростанції.

Територія, яка розглядається детальним планом населеного пункту, складається з окремих ділянок із розташуванням на них споруд, що формують комплекс вітроелектростанції, а саме:

- вітроелектроустановок (ВЕУ);
- трансформаторного пункту (КТП);
- технологічних проїздів;
- лінії електропередач.

Об'єкти, що входять до складу вітрової електричної станції відносяться до таких певних категорій та класу наслідків (табл.1).

Таблиця 1

Об'єкти вітрової електричної станції

Найменування	Категорія об'єкту	Клас наслідків (відповідальності)
Вітрова електрична установка	IV	CC2
Технологічні проїзди	II	CC1
Трансформаторний пункт	III	CC2
Лінії електропередачі	III	CC2

ВЕУ – це пристрій, що призначений для перетворення кінетичної енергії вітру в електричну. ВЕУ розраховані для розташування в місцях із середньорічною швидкістю вітру 7,5 м/с.

ВЕУ являє собою конусоподібну вежу висотою 50-60 м, на верхівці якої розташована гондола з ротором, лопаті, діаметр яких складає від 43,0 м (для ВЕУ 600 кВт) та діаметр 60 м (для ВЕУ 1300 кВт) (рис. 2).

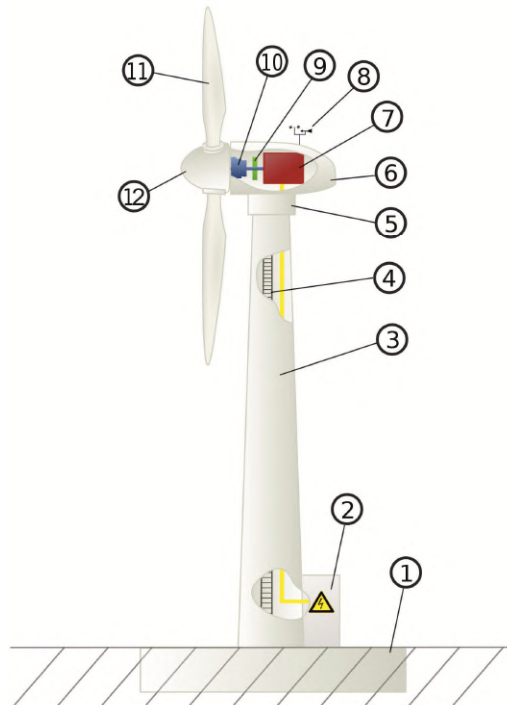


Рис. 2. Вітрова електрична установка (1 – фундамент; 2 – трансформатор; 3 – вежа; 4 – драбина для доступу до гондоли; 5 – поворотний механізм; 6 – гондола; 7 – електрогенератор; 8 – система відслідковування швидкості на напрямку вітру; 9 – гальмівна система; 10 – трансмісія; 11 – лопаті, 12 – ковпак ротору)

Вежа має трубчасту форму і складається з 24 секцій, що з'єднуються між собою високоміцними зварними швами. Діаметр вежі в основі складає 3,56 м, а на верхівці 1,56 м. В основі вежі розташований люк, через який можна потрапити в середину вежі де, знаходяться кабельні лінії, що ведуть від генератора до трансформатора та драбина для обслуговування. На верхівці вежі знаходиться гондола, до якої кріпляться лопаті.

В середині гондоли розташовані опорно-поворотний механізм, трансмісія, гальмівний механізм, генератор. Гондола складається з трьох основних частин:

- носовий відсік, до якого кріпляться лопаті, передає через опорний підшипник навантаження від ротора на центральний відсік гондоли;
- центральний відсік, передає навантаження від гондоли на вежу, в ньому розташована трансмісія та опорно-поворотний механізм;
- задній відсік, де розташовується генератор та трансформатор, на даху розміщені блискавкоприймач, система відслідковування швидкості та напрямку вітру, ліхтар світлоогорожі.

Обшивка гондоли, що захищає елементи ВЕУ від несприятливих атмосферних явищ, для полегшення маси конструкції, виконана із композитних матеріалів. Гондола спроектована таким чином, щоб забезпечити безперешкодний доступ для обслуговування генератора, та інших елементів ВЕУ [2].

Лопаті, які під дією вітру, здійснюють обертання із частотою 19–27 об./хв, створюють крутний момент, який передається через трансмісію на генератор. Лонжерони та обшивка виконані із карбону та скловолокна для полегшення конструкції та

покращення аеродинамічних властивостей. Форма лопатей забезпечує хороший баланс між продуктивністю та рівнем шуму [3].

Несучі конструкції гондоли розроблені таким чином, щоб навантаження від маси ротора передавались безпосередньо на вежу, а трансмісія повністю відділена від рами гондоли, що дозволяє передавати на трансмісію лише корисне навантаження від обертання лопатей.

Коробка передач призначена для збільшення частоти обертання валу до швидкості, необхідної для нормальної роботи генератора. Коробка передач має компактну конструкцію без головного валу з двома двоступінчатими планетарними редукторами та одним косозубим редуктором. Змащення коробки передач здійснюється примусово [3].

Для максимального використання вітрової енергії гондола має можливість обертатись навколо осі башти за допомогою опорно-поворотного механізму.

Генератор асинхронного типу подвійного живлення обмотки статора і ротора мають роздільне живлення, при цьому сума частот струму живлення кратна частоті обертання валу.

При проектуванні розподільчих пунктів забезпечується:

- створення схеми електропостачання, що забезпечує виконання вимог ПУЕ по надійності електропостачання;

- застосування електрообладнання провідних фірм-виробників Європи та України з високими експлуатаційними характеристиками (трансформатори з можливістю регулювання напруги під навантаженням, електрогазові вимикачі 110 кВ, вакуумні вимикачі 10 кВ);

- застосування релейного захисту на базі мікропроцесорних пристроїв;

- застосування телемеханізації підстанції на сучасному рівні.

Якість енергії, що передається відповідає ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Электромагнитная совместимость технических средств. Нормы качества электромагнитной энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Режим роботи електропідстанції цілодобовий, цілорічний. Кабельні лінії, що поєднують ВЕУ, розраховані на номінальну напругу 1 кВт, прокладені в залізобетонних лотках на глибині 1,9 м.

Для забезпечення взаємодії всіх елементів ВЕС використовують систему керування вітровою електростанцією (СК ВЕУ), яка забезпечує двосторонній зв'язок з всім обладнанням і системами, що входять у ВЕУ, приймає інформацію від обладнання і систем, обробляє, систематизує, запам'ятовує та оптимізує інформацію [2].

СК ВЕС вирішує такі завдання:

- контроль роботи та керування ВЕУ (кількість годин роботи кожної ВЕУ, кількість енергії виробленої кожною ВЕУ, середня потужність кожної ВЕУ);

- контроль та керування передавання енергії в мережу загального призначення;

- збір, накопичення, документування інформації про технічний стан і роботу об'єктів ВЕС і передача необхідної інформації у вищі ланки керування енергосистемою;

- облік усіх робіт, які виконують на ВЕС для її обслуговування;

- заборону використання несправних ВЕУ та систем;

- статистична обробка інформації про роботу ВЕС.

Фундамент, на який встановлюється ВЕУ проектується в залежності від:

- даних отриманих в результаті інженерно-геологічних та інженерно-геодезичних вишукувань для будівництва;

- конструктивних та технологічних особливостей ВЕУ, навантажень, що діють на фундамент та умови його експлуатації;

- техніко-економічного порівняння варіантів проектних рішень (з оцінкою зведених витрат, для прийняття варіанту що забезпечує найбільш повне використання

міцнісних та деформаційних характеристик ґрунтів та фізико-механічних властивостей матеріалів фундаменту);

– врахування місцевих умов будівництва та досвід проектування, будівництва та експлуатації в аналогічних інженерно-геологічних умовах.

Навантаження на фундамент від ВЕУ показані на рис. 3.

В більшості випадків використовують плитний фундамент. Враховуючи рельєф місцевості Карпатського регіону фундамент повинен складати 11x11 м з глибиною закладання – 2,6 м. Для виготовлення фундаменту використовують сталь арматурну класу А-III $\varnothing 20$, та бетон класу В40. Фундамент встановлюється на природну основу [2].

Палевий фундамент доцільно використовувати у випадках коли:

- в межах будівельного майданчика, верхня відмітка пласту ґрунту, що може бути використана в якості основи, різко змінюється;
- несучий пласт залягає під товщею слабких ґрунтів (мулисті, торф'яні, насипні, пухкий пісок) глибше, ніж 5 м;
- будівництво ведеться на схилах, де можливий розвиток зсувів, або необхідне їх закріплення.

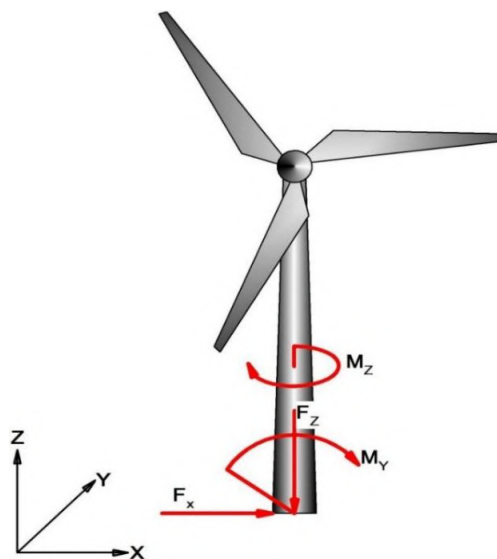


Рис. 3. Навантаження на фундамент

На час будівництва ВЕС планується розміщення ряду допоміжних споруд, що демонтуються після завершення будівництва [2]:

- склади для зберігання елементів ВЕУ;
- стоянки спецтехніки;
- склад для зберігання стабілізатора ґрунту LBS;
- склад для зберігання паливно-мастильних матеріалів;
- тимчасові господарські та житлові будівлі;
- адміністративний корпус;
- склад для зберігання інструменту;
- площадка для зберігання земляних мас.

Склад для зберігання елементів ВЕУ – огорожений відкритий майданчик, на який автотранспортом доставляють крупні складові частини ВЕУ.

Стоянки спецтехніки - огорожений відкритий майданчик, на якому розміщуються трейлери, скрепери, бульдозери та інша спецтехніка.

Склад для зберігання стабілізатора ґрунту LBS – огорожений майданчик на якому розташовуються металеві цистерни із стабілізатором ґрунту LBS, навіс під яким розміщений насос та інше допоміжне обладнання.

Склад для зберігання паливно-мастильних матеріалів – огорожений майданчик на якому розміщений навіс, де зберігаються металеві цистерни із паливно-мастильними матеріалами.

Тимчасові господарські та житлові будівлі – дерев'яні каркасно-щитові будівлі, розміщені на тимчасових фундаментах (блоки ФБС), що використовуються для проживання та забезпечення санітарно-побутових потреб робітників в період будівництва.

Адміністративний корпус – дерев'яна каркасно-щитова будівля, розміщена на тимчасовому фундаменті (блоки ФБС).

Склад для зберігання інструменту – дерев'яні каркасно-щитові будівлі, розміщені на тимчасових фундаментах (блоки ФБС), що використовуються для зберігання дрібного електро- та ручного інструменту.

Площадка для зберігання земляних мас – земляний насип для тимчасового зберігання ґрунту під час проведення робіт по прокладанню доріг та облаштування майданчиків під ВЕУ.

Основним небезпечним техногенним фактором під час аварії на ВЕС є пожежі. Для протидії утворення пожеж на ВЕС та на прилеглий території передбачається:

- використання якісного обладнання провідних фірм-виробників Європи та України;

- використання для від'єднання навантаження комутаційних апаратів з робочими контактами в елегазових ємкостях або у вакуумі;

- виконання з'єднання або розгалуження кабелів і проводів з допомогою пресування, зварювання, або спеціальних затисків для запобігання небезпечних в пожежному відношенні перехідних опорів, для запобігання перегріванню і пошкодження стиків;

- організація проїздів на території ВЕС для безперешкодного проїзду пожежних машин;

- застосування негорючих будівельних конструкцій і матеріалів для будівництва ВЕС;

- приєднання металевих конструкцій до пристроїв заземлення у відповідності вимог ПУЕ;

- для евакуації людей з будівель ВЕС передбачені двері, що відкриваються в напрямку руху до виходу назовні, згідно вимог ПУЕ та ДБН В. 1.1.7-2002 [4];

- організація блискавкозахисту ВЕС;

- застосування силових та контрольних кабелів із негорючою ізоляцією;

- виготовлення панелей релейного захисту, автоматики, управління з металевим днищем і отворами для прокладання кабелів з наступним ущільненням отворів матеріалами з вогнестійкістю не менше 45 хв;

- обладнання території та робочих місць засобами первинного пожежогасіння (порошкові та вуглекислотні вогнегасники) та протипожежним інвентарем (лопати, сокири, ящики з піском);

- забезпечення протипожежних розривів між об'єктами, що входять до складу ВЕС, та лісовими масивами.

Також експлуатація ВЕС передбачає забезпечення заходів охорони ВЕС, зокрема встановлення засобів відеоспостереження та організації фізичної охорони. Це забезпечить обмеження доступу третіх осіб на територію ВЕС та прилеглу територію, що дасть можливість запобігання диверсій, терактів, незаконним вирубкам лісу, знищення фауни, браконьєрства [2].

Згідно СНіП 2.04.02.84 зовнішнє пожежогасіння для службових будівель передбачено від пожежних резервуарів. Витрати води становлять 5 л/с.

До заходів по інженерній підготовці території належать:

- вертикальне планування території;

– поверхневе водовідведення.

В обов'язковому порядку будуть проведені рекультивація поверхневого шару ґрунту та відновлення рослинного покриття.

Технологічний процес виробництва енергії ВЕС не передбачає використання паливних, водних та інших природних ресурсів. Викиди в атмосферу в процесі роботи ВЕС- відсутні. Технологічні відходи – відсутні. Будівельне сміття по завершенню будівельно-монтажних робіт та побутові відходи в процесі експлуатації будуть зберігатися в спеціально відведених контейнерах із подальшим їх вивезенням.

Об'єкти ВЕС, в цілому, та вітрові турбіни, зокрема, обладнані системами автоматичної сигналізації та пожежогасіння з метою попередження пожежі на ВЕС та на прилеглий території, в тому числі землях сільськогосподарського призначення та лісового фонду.

Після завершення будівництва та проведення комплексного благоустрою, при експлуатації ВЕС у відповідності до державних будівельних норм, ВЕС не має негативного впливу на навколишнє середовище. Кінцевий висновок щодо впливу на навколишнє природне середовище здійснюється Державною санітарно-епідеміологічною експертизою у встановленому порядку.

Озеленення території передбачає максимальне збереження існуючих зелених насаджень. Частина ділянок біля вітрової електроустановки, яка в період будівництва бетонується, залишається з твердим покриттям, решта території підлягає відновленню трав'яного покриву.

Висновки. Враховуючи проведені дослідження, а також міжнародну практику щодо використання ВЕС у невеликих населених пунктах, можна стверджувати, що використання запропонованих двох типів вітрогенераторів: «Nordex» потужністю 600 кВт та «Nordex» – 1300 кВт можна практично застосовувати для енергоавтономності селищ Карпатського регіону.

Впровадження використання вітрової енергетики дозволить підтримати Енергетичну стратегію України на період до 2030 р., підняти рівень екологічної безпеки на досліджуваній території.

Література

- 1 Енергетична стратегія України на період до 2030 року. [Електронний курс].
- 2 Детальний план території земельних ділянок під будівництво та обслуговування вітрової електростанції в урочищі Обідний в с.Шевченкове, Шевченківської сільської ради Долинського району Івано-Франківської області. Львів – 2015 р.
- 3 <http://tehnovator.com.ua/ua/energy-ua/wind-energy-ua/construction-wind-system-ua.html>.
- 4 ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

© І. М. Мацалак

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

УДК 504.61

*Т. В. Струк¹, О. Є. Яремко¹,
М. В. Корчемлюк², Л. М. Архипова³*

*¹Українська гімназія №1 Івано-
Франківської міської ради,*

²Карпатський національний природний парк,

*³Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ТЕНДЕНЦІЇ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ НА ПРИКАРПАТТІ

В роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення актуального науково-практичного завдання – встановлення особливостей просторово-часового розподілу температури та опадів на Прикарпатті. Досліджено основні показники температури повітря і кількості опадів за даними п'яти метеостанцій української частини басейну річки Прут за двадцятисемирічний період. Доведено тенденцію стійкого приросту позитивного відхилення середньорічної температури від середньо-багаторічної норми в напрямку з північного-заходу на південний-схід та з гір на рівнину і пов'язане з цим збільшення приросту кількості опадів порівняно з середньо-багаторічною нормою в напрямку з південного-сходу на північний-захід та з рівнин в гори.

Ключові слова: температура повітря, норма опадів, зміни клімату, прогноз тенденцій

В работе приведены теоретическое обобщение и новое решение актуальной научно-практической задачи установления особенностей пространственно-временного распределения температуры и осадков на Прикарпатье. Исследованы основные показатели температуры воздуха и количества осадков по данным пяти метеостанций украинской части бассейна реки Прут за двадцатисемилетний период. Доказано тенденцию устойчивого прироста положительного отклонения среднегодовой температуры от среднееголетней нормы в направлении с северо-запада на юго-восток и с гор на равнину и связанное с этим увеличение прироста количества осадков по сравнению со среднееголетней нормой в направлении с юго-востока на северо-запад и с равнин в горы.

Ключевые слова: температура воздуха, норма осадков, изменения климата, прогноз тенденций

In this paper the theoretical generalization and new solution of current scientific and practical task setting features spatial-temporal distribution of temperature and precipitation in the Carpathian region. The basic indicators of air temperature and precipitation data was researched for the five weather stations Ukrainian part of the basin of the Prut River for twenty-seven period. Was proved positive trend of steady growth average temperature deviation from the medium-long-term standards towards the north-west to south-east and consequent increase in the rate of rainfall compared with medium-long-term norm the mountains to the plains and the towards the south-east north-west and the plains to the mountains.

Keywords: temperature, rainfall, climate change, forecast trends

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Зміни клімату, які відбуваються в останні десятиріччя, впливають на водний режим рік України, і це визначає доцільність вживання тих чи інших заходів щодо збереження та відновлення водних ресурсів для

водоспоживання та водокористування населення. Сьогодні, як ніколи, людство цікавить тема глобальних і локальних температурних змін, змін кількості опадів, особливо в контексті їх впливу на водність поверхневих водних об'єктів. Ці питання є актуальними в умовах існування дефіциту водних ресурсів.

Для дослідження обрано річку Прут – другу після Дністра за величиною на Прикарпатті, яка протікає через три країни Європи і має велике міжнародне народногосподарське значення. Важливою особливістю річки Прут є нерівномірність стоку, часті паводки, які мають реальну загрозу для всіх трьох країн, і не тільки для господарської сфери, але і для життя людей, які мешкають біля басейну річки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підписання Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату представниками 175 країн свідчить про те, що зміна клімату є значною загрозою навколишньому середовищу та економічному розвитку. Дослідженню змін клімату присвячено велику кількість робіт науковців, однак, локальні тенденції можуть відрізнятися від глобальних [1–4]. Аналіз попередніх досліджень дозволяє констатувати недостатню вивченість багаторічних змін клімату та його наслідків для Передкарпаття [4–6]. Характеристики клімату басейнової системи Прута за останні роки мало представлені у літературі, тому і стали предметом нашого дослідження.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Дослідження тенденції кліматичних змін в українській частині басейну річки Прут шляхом аналізу просторово-часового розподілу температури та опадів за статистичними даними метеостанцій досліджуваної території поглибить існуючі знання щодо глобальних кліматичних змін в межах Передкарпаття. Новизна наукової роботи визначається тим, що в роботі дістало подальшого розвитку обґрунтування закономірностей кліматичних змін за статистичними показниками метеостанцій Яремче, Пожижевська, Коломия, Чернівці та Селятин.

Постановка завдання. Метою роботи є встановлення особливостей просторово-часового розподілу температури та опадів над українською частиною басейну річки Прут. Для досягнення мети нами було визначено наступні завдання: проаналізувати джерельну базу досліджуваного питання; охарактеризувати фізико-географічне положення річки Прут та клімат басейну річки; визначити особливості просторово-часового розподілу температури та опадів в межах Передкарпаття; встановити прогностичні тенденції кліматичних змін досліджуваної території. Під час виконання роботи застосовано класичні методи аналізу та синтезу з використанням історичного, басейнового, системного, комплексного підходів. Використано сучасні методи спостережень, узагальнення отриманих результатів та методи статистичної обробки даних.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведений аналіз кліматичних даних Прикарпаття показує, що невелика, але виразна континентальність клімату території є його характерною рисою і проявляється у зростанні амплітуд сезонних температур та зменшенні кількості опадів з північного заходу на південний схід на рівнинній території та з більш високих до більш низьких абсолютних відміток у гірській частині басейну. У місцевих кліматичних характеристиках добре помітний сезонний хід метеовеличин [4]. Це можна пояснити тим, що через значну протяжність території України в широтному напрямі помітне зростання континентальності з північного заходу на південний схід [2].

На досліджуваній території річний хід опадів належить до континентального типу. Амплітуда коливання опадів залежить від місця розташування станції і змінюється від 50 мм (в передгірському районі) до 100 мм і більше (в високогірному районі) [1].

Весна тут коротка, з тривалістю приблизно 70 днів. Підвищення середніх місячних температур призводить до швидкого зниження відносної вологості повітря. Весняне тепло часто змінюється тимчасовими, раптовими похолоданнями, що створює велику мінливість погодних умов. При адвекції повітря арктичного походження можливе зниження температур: у березні до -27°C ; у квітні до -14°C ; у травні до -2°C . Приморозки можливі впродовж усієї весни. При адвекції тропічного повітря можливе підвищення температури

повітря у березні до 25–26°C, у квітні – до 28–31°C, у травні – до 29–33°C. У травні можливі засухи й суховії. Весною опади стають інтенсивнішими, ніж зимою.

Літо тепле, інколи й жарке. Перехід середніх добових температур через 15°C здебільшого відбувається у середині травня. Влітку кількість хмарних днів зменшується до 45–35%. Пересічна місячна температура повітря впродовж літа особливо не змінюється. У червні вона складає 18–19°C. Найвищі температури досягають 38–39°C. Однак при північно-західних вітрах можливі значні зниження температури повітря – до 7–4°C. Зазвичай найтеплішими бувають друга-третьа декада липня або перша декада серпня. На літні місяці припадають річні максимуми опадів. Особливо рясні опади з червня по серпень. Літні дощі випадають здебільшого у вигляді злив [5]. При цьому на території північно-східних Карпат опадів випадає більше ніж на південно-західних [1].

Осінь у регіоні, як і весна, одна з коротких пір року. На початку вона нерідко буває теплою, сонячною і сухою з характерним “бабиним літом”. У першій половині осені (протягом вересня і двох декад жовтня) зберігається тепла, суха і переважно малохмарна, безвітряна погода. Пересічні температури вересня складають 14–15°C, жовтня – близько 8°C, листопада 1–2°C. Помітне зниження температури повітря починається з другої декади вересня. До грудня щомісяця середня температура спадає на 4–5°C, а найінтенсивніше це відбувається в період від жовтня до листопада [4]. У другій половині осені встановлюється прохолодна погода, з хмарним небом, туманами і слабкими опадами протягом останньої декади жовтня і всього листопада. У листопаді зростає хмарність, встановлюється зимовий розподіл температур. З другої половини жовтня спостерігаються перші заморозки.

Зима м’яка, багатосніжна, нерідко з тривалими відлигами. Взимку середньомісячні температури складають пересічно: -2–(-5)°C у грудні; -5–(-9)°C у січні; -4–(-5)°C у лютому. Тривалість зими в гірській частині (висота від 850 м) – 4 місяці, а в передгірській частині – 2,5 місяці [4]. Найхолоднішими у році є друга-третьа декада січня. Абсолютні мінімуми сягають -37°C. Порівняно з іншими рівнинними регіонами Чернівецької та Івано-Франківської областей, тут зима суворіша, іноді зі стійкими морозами. При відлигах температура повітря зростає до 6–8°C. Відлиги бувають досить часто і можуть тривати до 15–20 днів. Взимку опадів майже втричі менше, ніж влітку, і випадають вони переважно у вигляді снігу. Опади малоінтенсивні, переважно облогового характеру. Впродовж холодного періоду (грудень-березень) на сході Прутського басейну випадає менше 125 мм опадів. В окремі роки можливе формування стійкого снігового покриву, максимальна висота якого може сягати 50–60 см. Сніговий покрив встановлюється майже одразу після переходу середніх добових температур через 0°C (в кінці грудня). Руйнування снігового покриву спостерігається пересічно на початку березня [6].

Отже, клімат Прикарпаття помірно континентальний і характеризується зростанням амплітуд сезонних температур та зменшенням кількості опадів з північного заходу на південний схід на рівнинній території та з більш високих до більш низьких абсолютних відміток у гірській частині басейну.

Різноманітність температурних показників та кількості опадів басейну річки Прут зумовлена його великою площею в межах України (9 170 км²). Для того, щоб визначити особливості просторово-часового розподілу температури та опадів над українською частиною басейну річки Прут ми зібрали та проаналізували дані з метеостанцій Чернівці (252 м), Коломия (297 м), Яремче (531 м), Селятин (824 м), Пожижевська (1450,8 м).

На метеостанції Чернівці (252 м над рівнем моря) середньо-багаторічна температура становить 7,9°C. У період 1997–2016 років температура повітря була більшою за середньо-багаторічну. За останні роки температура повітря була більшою від норми на 0,7–2°C, ця тенденція збережеться і в 2017–2021 рр. (рис. 1).

У багаторічному циклі кількість опадів становить 660 мм. За останні роки кількість опадів збільшується. Помітні посухи відбулися в 1990 р., 2000 р., 2011 р., 2013 р. та 2015 р., а найвологішими роками були 1990, 2010 і 2016 роки. В цілому прослідковується

тенденція до поступового підвищення середньорічної кількості опадів, яка збережеться і в 2017–2021 рр. (рис. 2).

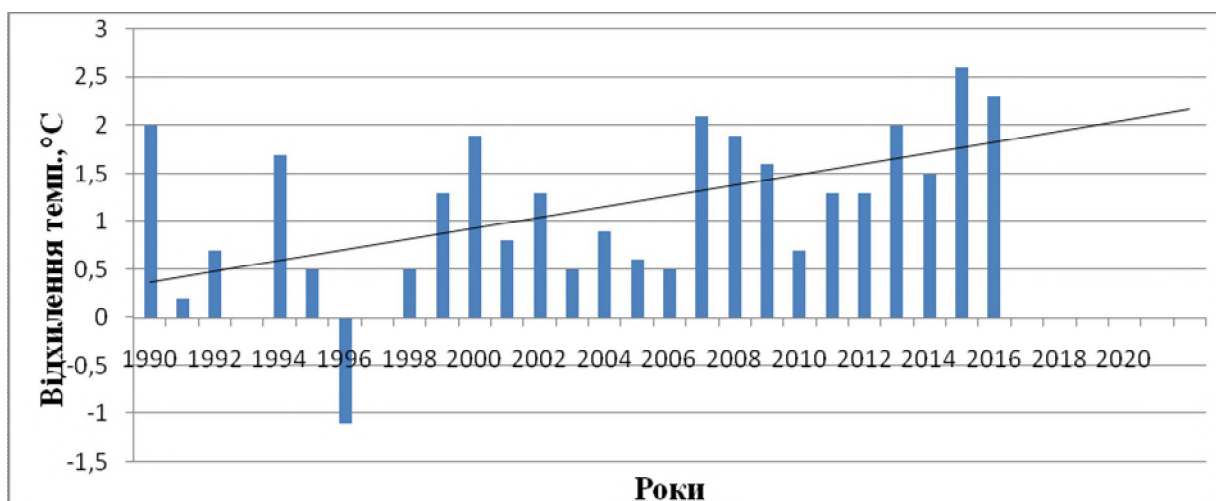


Рис. 1. Відхилення середньорічної температури від середньо-багаторічної норми та прогноз на 2017–2021 рр. (метеостанція Чернівці)

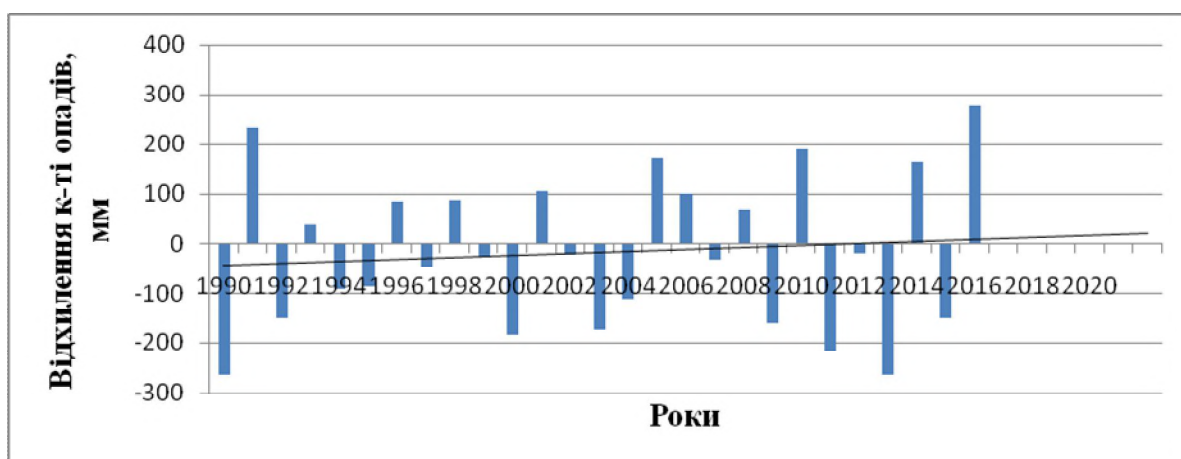


Рис. 2. Відхилення середньорічної кількості опадів від норми та прогноз на 2017–2021 рр. (метеостанція Чернівці)

На метеостанції Коломия (297 м над рівнем моря) середньо-багаторічна температура становить 7,1°C. У період з 1990 по 2016 роки температура повітря була вищою за середньо-багаторічну у всі роки (крім 1993 р. та 1996 р.). З 1997 року температура повітря залишається вищою від середньо-багаторічної. В 2015 році середньорічна температура побила свій історичний рекорд. Очікується, що в наступні роки (2017–2021 рр.) температура повітря продовжить збільшуватися (рис. 3).

Середньо-багаторічна кількість опадів тут становить 699 мм. У багаторічному циклі середньо-багаторічна кількість опадів збільшилась на 21 мм. Найбільш посушливими були (1990 р., 2003 р., 2011 р.), а найбільш вологими були (2001 р., 2008 р., 2010 р.). Прослідковується тенденція до підвищення середньорічної кількості опадів, яка збережеться і в 2017–2021 рр. (рис. 4).

У передгірській частині басейну Прута, за даними метеостанції Яремче (531 м над рівнем моря), температурні показники дещо нижчі, зокрема через те, що при піднятті на кожні 100 м температура повітря опускається на 0,6°C. Отже, чим ближче до витоку річки Прут – тим температура повітря нижча. Середньо-багаторічна температура становить 6,9°C, проте у період з 2007 року по 2016 рік температура повітря суттєво зросла в середньому на 1,1°–1,9°C.

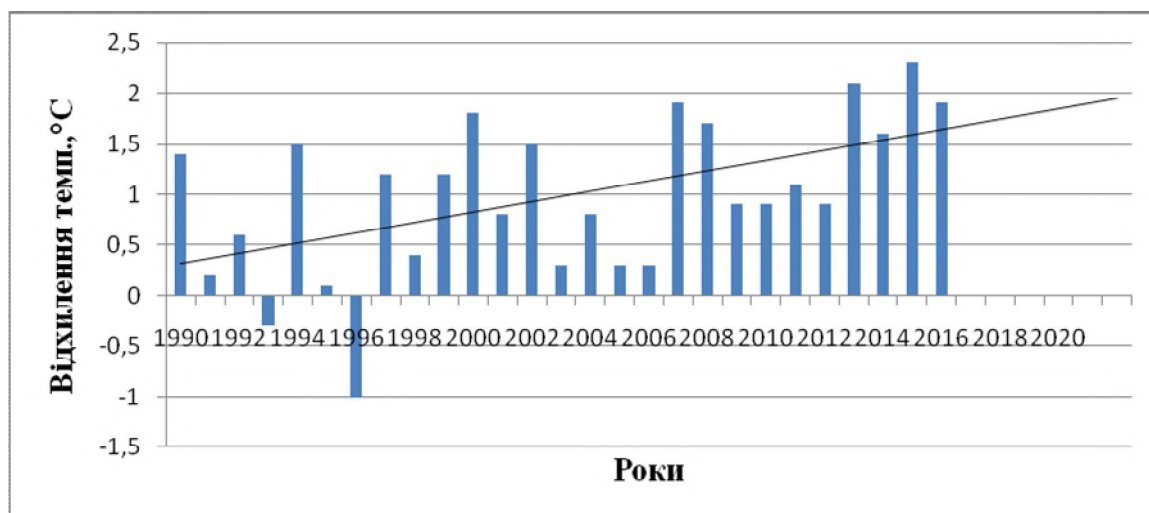


Рис. 3. Відхилення середньорічної температури від середньо-багаторічної норми та прогноз на 2017–2021 рр. (метеостанція Коломия)

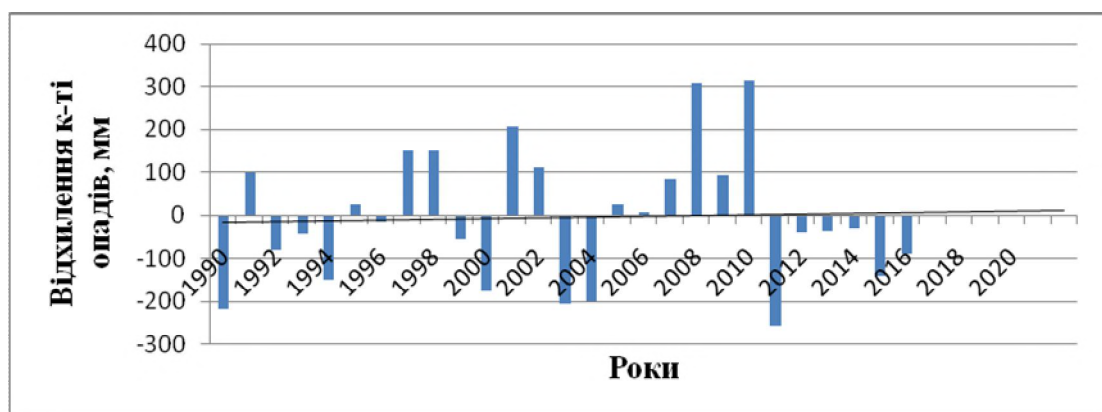


Рис. 4. Відхилення середньорічної кількості опадів від норми та прогноз на 2017–2021 рр. (метеостанція Коломия)

У період з 1990 по 2016 рік майже кожного року (крім 1991р., 1994р., 1996р., 1997р.) температура повітря була вищою від середньо-багаторічної. У період 2017–2021 рр. температура повітря продовжить збільшуватися (рис. 5).

Вчені вважають, що причиною цього явища є глобальне потепління, через яке на території всього світу та України зокрема збільшується температура повітря, що викликає руйнівні наслідки для довкілля. На більшій території України спостерігається підвищення річної температури на 1–2°C [4].

Проведені нами дослідження підтверджують тенденцію глобального потепління для басейну річки Прут в межах України. Якщо із зниженням висоти середня температура повітря збільшується, то з кількістю опадів відбувається зворотній процес. Середньо-багаторічна кількість опадів в районі метеостанції Яремче становить 931 мм. У період з 2004 по 2008 рік кількість опадів була значно більшою від середньо-багаторічної, проте уже з 2009 по 2013 роки та у 2015 році опадів було на 20–214 мм менше від середньо-багаторічної (крім 2010, 2014 та 2016 років, коли кількість опадів становила більше ніж 860 мм). Найбільша кількість опадів випала у 1998, 2001, 2005, 2008, 2010 роках (перевищення від норми коливалося у межах 280–450 мм). Кількість опадів, яка перевищує норму, припадає у більшості випадків на місяці березень, червень-серпень і листопад. У «вологі» роки є також місяці з кількістю опадів значно меншою від норми. Переважно це місяці квітень, травень і серпень. Прогноз підтверджує, що у найближчому майбутньому кількість опадів продовжить збільшуватись (рис. 6).

На метеостанції Селятин (824 м над рівнем моря) температурна норма становить 4,6°C. За останні роки (з 1998 року і по тепер), як і загалом у басейні річки Прут,

температура повітря продовжує збільшуватися і ця тенденція продовжиться і в 2017–2021 роках (рис. 7).

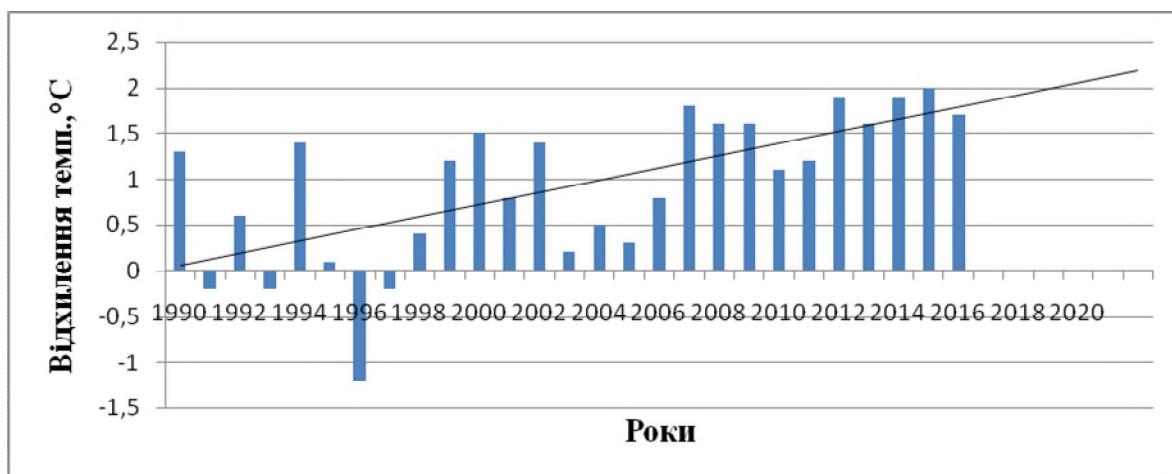


Рис. 5. Відхилення середньорічної температури від середньо-багаторічної норми та прогноз на 2017–2021 рр. (метеостанція Яремче)

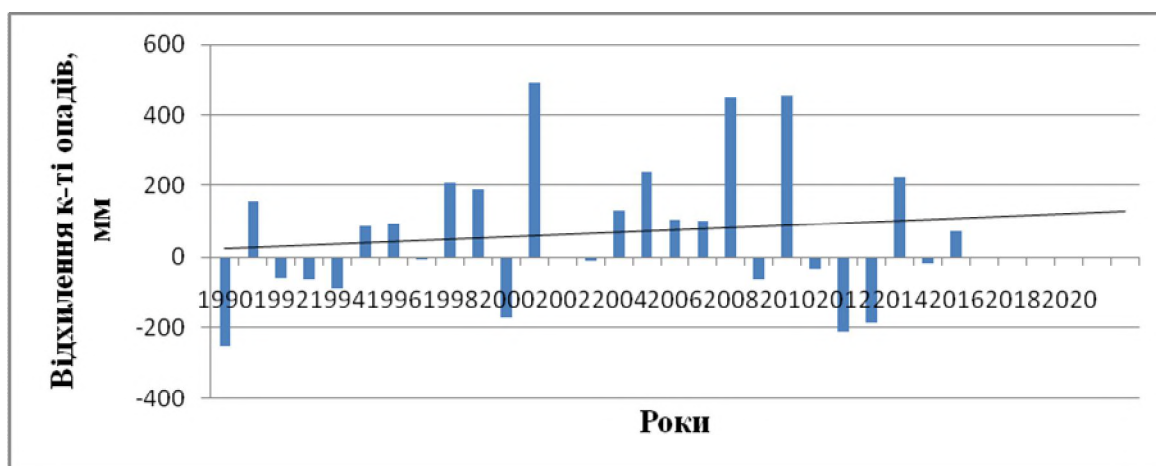


Рис. 6. Відхилення середньорічної кількості опадів від норми та прогноз на 2017–2021 рр. (метеостанція Яремче)

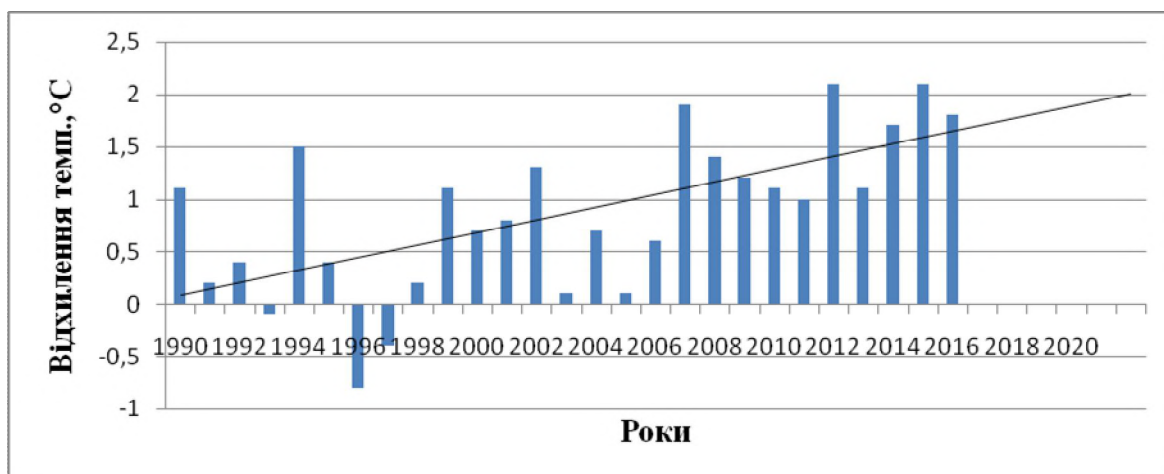


Рис. 7. Відхилення середньорічної температури від середньо-багаторічної норми та прогноз на 2017–2021 рр. (метеостанція Селятин)

У багаторічному циклі кількість опадів становить 834 мм. З 1990 року спостерігається тенденція до їх збільшення, що збережеться і в прогнозованому періоді

(рис. 8). Найбільш посушливими роками були 1990 р., 2011 р. і 2013 р., а найвологішими – 2001 р., 2008 р., 2010 р. та 2014 р.

У гірській частині басейну річки Прут (метеостанція Пожижевська) середньо-багаторічна норма температури складає $2,7^{\circ}\text{C}$. Проте, у період 2007–2016 років середні температури збільшились до позначки $+4^{\circ}\text{C}$. У період за 1990–2016 роки найтеплішими були 2000, 2007, 2008, 2012, 2015 роки, проте температурні зміни не були дуже великими. Зокрема в ці роки середньорічна температура зросла на 1° – $1,4^{\circ}\text{C}$. Абсолютний мінімум температури становив -29°C . Тенденція до підвищення середньорічної температури буде притаманна і в 2017–2021 рр. (рис. 9).

Загальна кількість опадів на метеостанції Пожижевська у середньому становить 1423 мм на рік. Найбільш вологими місяцями є літні місяці: червень (185 мм), липень (178 мм) та серпень (140 мм). Найменш вологими місяцями є січень (80 мм), лютий (88 мм), жовтень (87 мм). За останні 25 років річна кількість опадів була нижчою від норми впродовж 14 років. У найбільш «сухі» роки (1990, 1991, 1996, 2000, 2003, 2011) кількість опадів за рік була меншою від норми на 110–447 мм (рис. 10).

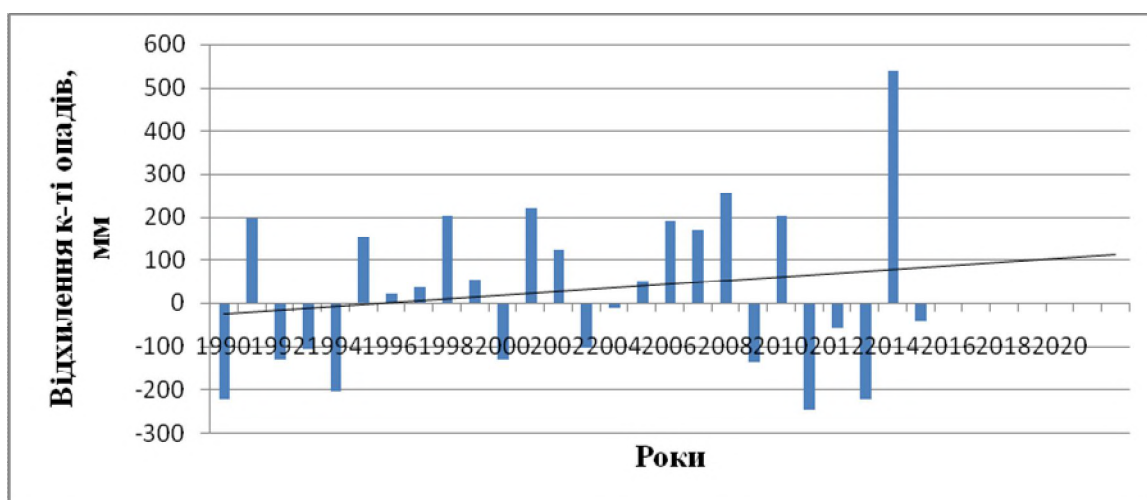


Рис. 8. Відхилення середньорічної кількості опадів від норми та прогноз на 2017–2021 рр. (метеостанція Селятин)

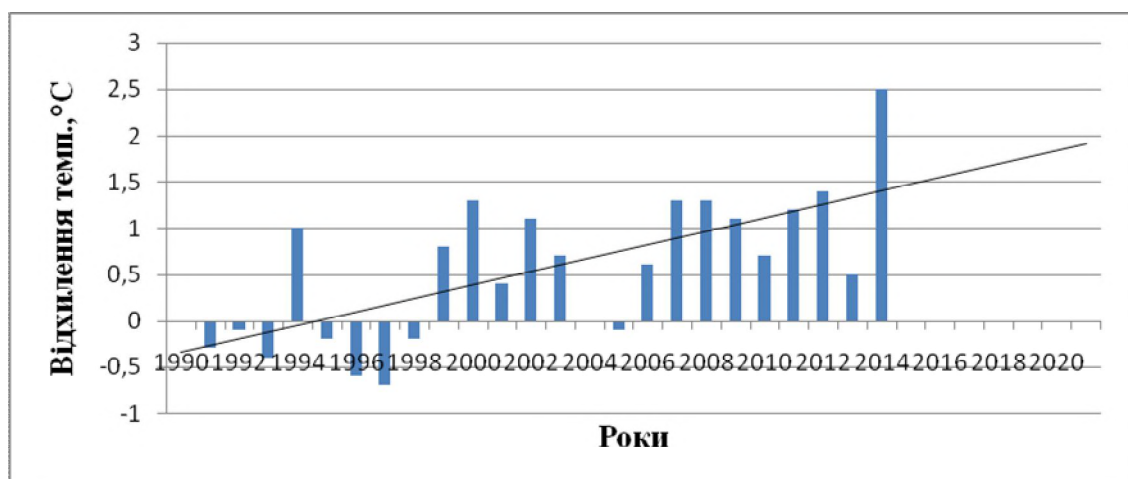


Рис. 9. Відхилення середньорічної температури від середньо-багаторічної норми та прогноз на 2017–2021 рр. (метеостанція Пожижевська)

За проведеною обробкою статистичних даних можна зробити наступні висновки: у багаторічному циклі за 1990–2016 роки середньо-багаторічна кількість атмосферних опадів у басейні річки Прут, порівняно з нормою, зросла від 21 до 95 мм, крім метеостанції Чернівці, де середньо-багаторічна кількість опадів зменшилася на 5 мм.; у

цьому ж циклі середньо-багаторічна температура досліджуваної території, порівняно з нормою, зросла від 0,5 до 1,1°C.

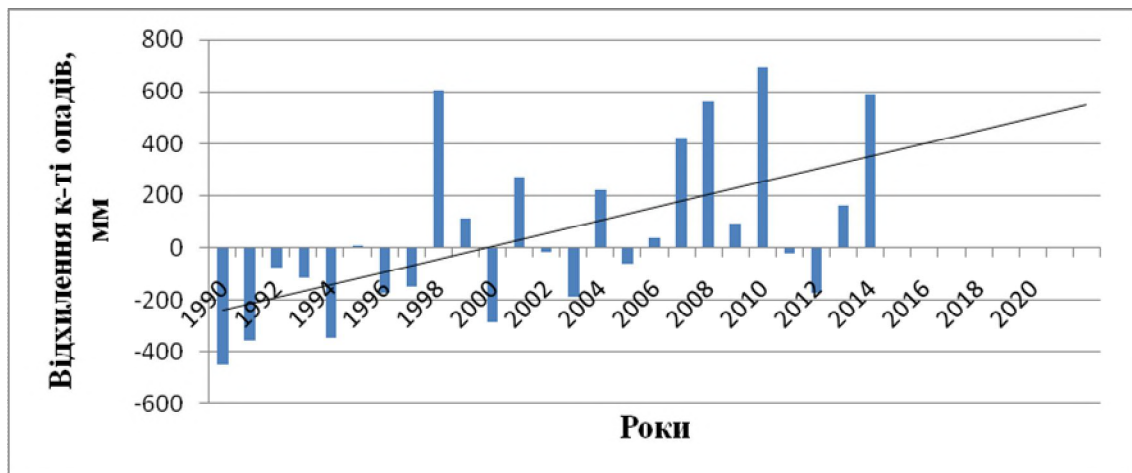


Рис. 10. Відхилення середньорічної кількості опадів від норми та прогноз на 2017–2021 рр. (метеостанція Пожижевська)

Проаналізувавши дані з метеостанцій можна зробити висновок, що особливостями просторово-часового розподілу температури і опадів над українською частиною басейну річки Прут є: зменшення середньо-багаторічної температури повітря, ближче до витoku річки; стійкий приріст за останні чверть століття позитивного відхилення середньорічної температури від середньо-багаторічної норми; збільшення середньо-багаторічної кількості опадів, ближче до витoku річки Прут; переважаюча тенденція збільшення кількості опадів за останні чверть століття в гірських районах та в рівнинних районах; збільшення тенденції приросту температури порівняно з середньо-багаторічною нормою в напрямку з північного-заходу на південний-схід та з гір на рівнину; збільшення тенденцій приросту кількості опадів порівняно з середньо-багаторічною нормою в напрямку з південного-сходу на північний-захід та з рівнин на гори.

Висновки. В роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення актуального науково-практичного завдання встановлення особливостей просторово-часового розподілу температури та опадів над українською частиною басейну річки Прут. Результати дослідження характеризуються науковою новизною, мають теоретичне і науково-практичне значення та дають підстави для наступних висновків:

1. Проаналізувавши джерельну базу досліджуваного питання зроблено висновок, що Прут – це середня за площею басейну, типова гірська річка, яка протікає по території України, Румунії і Молдови. Витік Прута знаходиться на висоті 1750 м, у сідловині між Говерлою і Брескулом. Довжина річки становить 967 км, з них 272 км на території України. Площа басейну річки Прут – 27,5 тис. км². Він порівняно невеликий за своєю площею, але не відповідає загальній довжині річки. Річка Прут в межах України – це річка із змішаним живленням, паводковим режимом, для якої характерний деревоподібний тип басейну. Найпоширенішими стихійними явищами на досліджуваній території є зливи селі.

2. Встановлено, на основі аналізу кліматичних даних, що клімат української частини басейну Прута помірно континентальний і характеризується зростанням амплітуд сезонних температур. У місцевих кліматичних характеристиках добре помітний сезонний хід метеовеличин.

3. Досліджено основні показники температури повітря і кількості опадів за даними всіх метеостанцій української частини басейну річки Прут за 1990–2016 роки і зроблено висновок, що порівняно з нормою середня річна температура повітря у басейні річки Прут за аналізований період підвищилася на 0,5–1,1°C. Найменше позитивне відхилення

середньорічної температури повітря від норми (0,5°C) стосується гірських територій – метеостанція Пожижевська, а найбільше (1,1°C) до рівнинних територій – метеостанція Чернівці. Середньо-багаторічна кількість опадів за аналізований період порівняно з нормою, зросла від 21 до 95 мм на всіх метеостанціях, крім метеостанції Чернівці, де середньо-багаторічна кількість опадів зменшилася на 5 мм.

4. Встановлено особливості просторово-часового розподілу температури і опадів над українською частиною басейну річки Прут: зменшення середньо-багаторічної температури повітря, ближче до витоку річки; стійкий приріст позитивного відхилення середньорічної температури від середньо-багаторічної норми; збільшення середньо-багаторічної кількості опадів, ближче до витоку річки Прут; переважаюча тенденція збільшення кількості опадів в гірських районах та в рівнинних районах; збільшення тенденції приросту температури порівняно з середньо-багаторічною нормою в напрямку з північного-заходу на південний-схід та з гір на рівнину; збільшення тенденцій приросту кількості опадів порівняно з середньо-багаторічною нормою в напрямку з південного-сходу на північний-захід та з рівнин в гори.

Проведено обробку статистичних даних показників всіх метеостанцій української частини басейну річки Прут і спрогнозовано, що в найближчі роки (2017–2021 рр.) буде спостерігатися переважаюча тенденція збільшення кількості опадів та температури в українській частині басейну річки.

Література

- 1 Корчемлюк М. В. Екологічні наслідки глобальних кліматичних змін [Текст]/ М. В. Корчемлюк, М. М. Приходько, Л. М. Архипова // Науковий вісник ІФНТУНГ: науково-технічний журнал. – 2016. – № 1 (13). – С. 120-129.
- 2 Киналь О. Клімат східної частини Прут – Дністровського межиріччя (в межах Чернівецької області) [Текст] / О. Киналь // Науковий вісник Чернівецького університету. – 2006. – № 305. – С.197-205.
- 3 Корчемлюк М. В. Вплив змін клімату на водний режим гірської частини басейну р. Прут [Текст]/ М. В. Корчемлюк, М. М. Приходько, Л. М. Архипова // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – Вип. 1(6). – С.118-128
- 4 Мартазінова В. Зміни в кліматі України [Текст] / В. Мартазінова // Географія та основи економіки в школі. – 2002. – № 1 (25). – С.31-33.
- 5 Arkhypova L. M., Pernerovska S.V. Forecasting water bodies hydrological parameters using singular spectrum analysis// Scientific bulletin of National Mining University. Scientific and technical journal number. – 2015. – № 2 (146). – P.45-50.
- 6 Korchemlyuk M, Arkhypova L. Environmental audit of Ukrainian basin ecosystem of the Prut river [Текст]/ М. Korchemlyuk, L. Arkhypova// Scientific bulletin of National Mining University, Scientific and technical journal number. – 2016. – № 5 (155). – P. 98-106.

© Т. В. Струк,
О. Є. Яремко,
М. В. Корчемлюк,
Л. М. Архипова

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 556.34: 518. 5

*Микола Кризський¹, Олексій Кошляков²,
Мирослав Мальований³, Марина Бондар⁴,
Володимир Ващенко⁴*

*¹Київський національний університет
будівництва і архітектури,*

*²Київський національний університет
імені Тараса Шевченка,*

*³Національний університет
Львівська політехніка,*

*⁴Державна екологічна академія
післядипломної освіти та управління*

ВИКОРИСТАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ГЕОФІЛЬТРАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ БАРАЖНОГО ЕФЕКТУ ПРОТИЗСУВНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

У статті проводиться теоретичне обґрунтування та приклад практичного застосування загальної геофільтраційної моделі для прогнозу зміни гідрогеологічних умов досліджуваної ділянки у зв'язку із реалізацією протизсувних заходів (розташуванням суцільних стінок під фундаментами за контуром будівель або сітки пальглибокого занурення). Проведений аналіз ефективності інженерного захисту від небезпечних екзогенних геологічних процесів територій. Приведений алгоритм створення геофільтраційної моделі. Проведений аналіз величини баражного ефекту в залежності від типу протизсувних заходів. Побудовані ізолінії зміни рівнів ґрунтових вод після реалізації цих протизсувних заходів.

Ключові слова: зсув, баражний ефект, геофільтраційна модель, гідрогеологічні умови, палі, протизсувні заходи

В статье приводится теоретическое обоснование и пример практического применения общей геофильтрационной модели для прогноза изменений гидрогеологических условий исследуемого участка в связи с реализацией противооползневых мероприятий (размещение сплошных стенок под фундаментами по контуру строений или сети свай глубокого погружения). Проведен анализ эффективности инженерной защиты от опасных экзогенных геологических процессов территорий. Приведен алгоритм создания геофильтрационной модели. Проведен анализ значения баражного эффекта в зависимости от типа противооползневых мероприятий. Построены изолинии изменения уровня почвенных вод после реализации противооползневых мероприятий.

Ключевые слова: оползень, баражный эффект, геофильтрационная модель, гидрогеологические условия, сваи, противооползневые мероприятия.

The article provides theoretical interpretation and example of practical application of general geofiltrational model for forecasting of changes of hydrogeological conditions of studied area in connection with implementation of anti-displacement measures (location of solid walls under basement behind the buildings' outline or deep sinking net pile). Also in the article an analysis of effectiveness of engineering protection against hazardous exogenous geological processes of areas has been conducted, an algorithm of construction of geofiltrational model has been made, an analysis

of level of damming effect depending on the type of anti-displacement measures has been carried out. Additionally, in the article isolines of changes in levels of soil waters after implementation of these anti-displacement measures have been constructed.

Key words: landslide, damming effect, geofiltrational model, hydrogeological conditions, piles, anti-displacement measures.

Постановка проблеми. У зв'язку із освоєнням зсувонебезпечних територій виникає необхідність збереження їх у стабільному (стійкому) стані впродовж тривалого часу. Часто у інженерній практиці використовується поліпшення властивостей ґрунтів з метою штучного збільшення їх міцності. Серед цих методів частіше за інші застосовується ін'єкційна цементация ґрунтів, але вона ефективна лише для тріщинуватих скельних порід, щебенів та крупних пісків. Слабопроникні глинисті ґрунти, які в центральній Україні найбільш розповсюджені та беруть участь у зсувних процесах, таким методом не закріплюються. Поширеними методами стабілізації та запобігання зсувам, застосування яких ефективно практично для всіх типів ґрунтів, є спорудження утримуючих споруд різних типів, таких, як підпірні стінки, пальові ряди, контрбанкети тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективність інженерного захисту від небезпечних екзогенних геологічних процесів територій, транспортних комунікацій, будівель і споруд як в процесі їх проектування, так і в подальшому після їх здійснення, є основним та вирішальним завданням під час обґрунтування вибору різних варіантів і видів захисту (або відмови від них). Відносно ґрунтово це розглянуто на прикладі зсувних процесів у роботі [1], в якій визначено поняття ефективності технічного, протизсувного та економічного захисту. Термін "протизсувна ефективність" був замінений більш широким поняттям (у цілому і для інших небезпечних екзогенних геологічних процесів), що передбачає одноразове підвищення коефіцієнта стійкості з урахуванням ролі всіх значущих зсувоутворюючих чинників. Деякі дослідники [2] розглядаючи ефективність заходів наводять загальні фрази про необхідність техніко-економічних розрахунків, "комплексного" проектування. Ці ж недоліки властиві і деяким нормативним документам [3-4]. Будь-яких пояснень щодо зазначених вимог немає, а поняття "ефективність" підмінене поняттям "комплексність". У ряді робіт і монографій як зарубіжних (Узбекистан, Росія, Казахстан, Китай, Франція, Японія, Нова Зеландія), так і вітчизняних авторів наводяться відомості про захисні споруди від небезпечних екзогенних геологічних процесів з описом їх ефективної роботи без зазначення терміну служби інженерного захисту та кількісних показників, що визначають підвищення коефіцієнта стійкості.

Приклади неефективного інженерного захисту зустрічаються рідко, за винятком даних, викладених у роботі [5]. У цілому ж в даний час істотним недоліком проєктованих і експлуатованих споруд з інженерного захисту різних об'єктів господарювання залишається низька ефективність окремих видів споруд і комплексів. Зазвичай передбачаються види ефективності споруд інженерного захисту від небезпечних екзогенних геологічних процесів, наведені на рис. 1.

Аналіз інженерно-геологічної ефективності протизсувних заходів можна проводити в два етапи. На першому етапі оцінюється приуроченість різних видів інженерного захисту до двох типів зсувних процесів: зсувних систем та простих зсувів. Після цього інженерно-геологічна ефективність захисних споруд визначається на основі режимних щорічних візуальних і напівінструментальних спостережень за станом зсувних схилів і захисних споруд з урахуванням їх довготермінової стійкості протягом останніх епох підвищеної та масової активності зсувів.

У результаті виділяються групи:

- дуже ефективний інженерний захист – стійкий протягом тривалого періоду, тобто трьох епох підвищеної активності;

- ефективний інженерний захист – стійкий протягом середньострокового періоду, тобто двох останніх епох активізації зсувів;
- умовно ефективний інженерний захист – стійкий протягом короткострокового періоду, тобто однієї (останньої) епохи активізації зсувів;
- ефективний інженерний захист – зазнав деформацій.

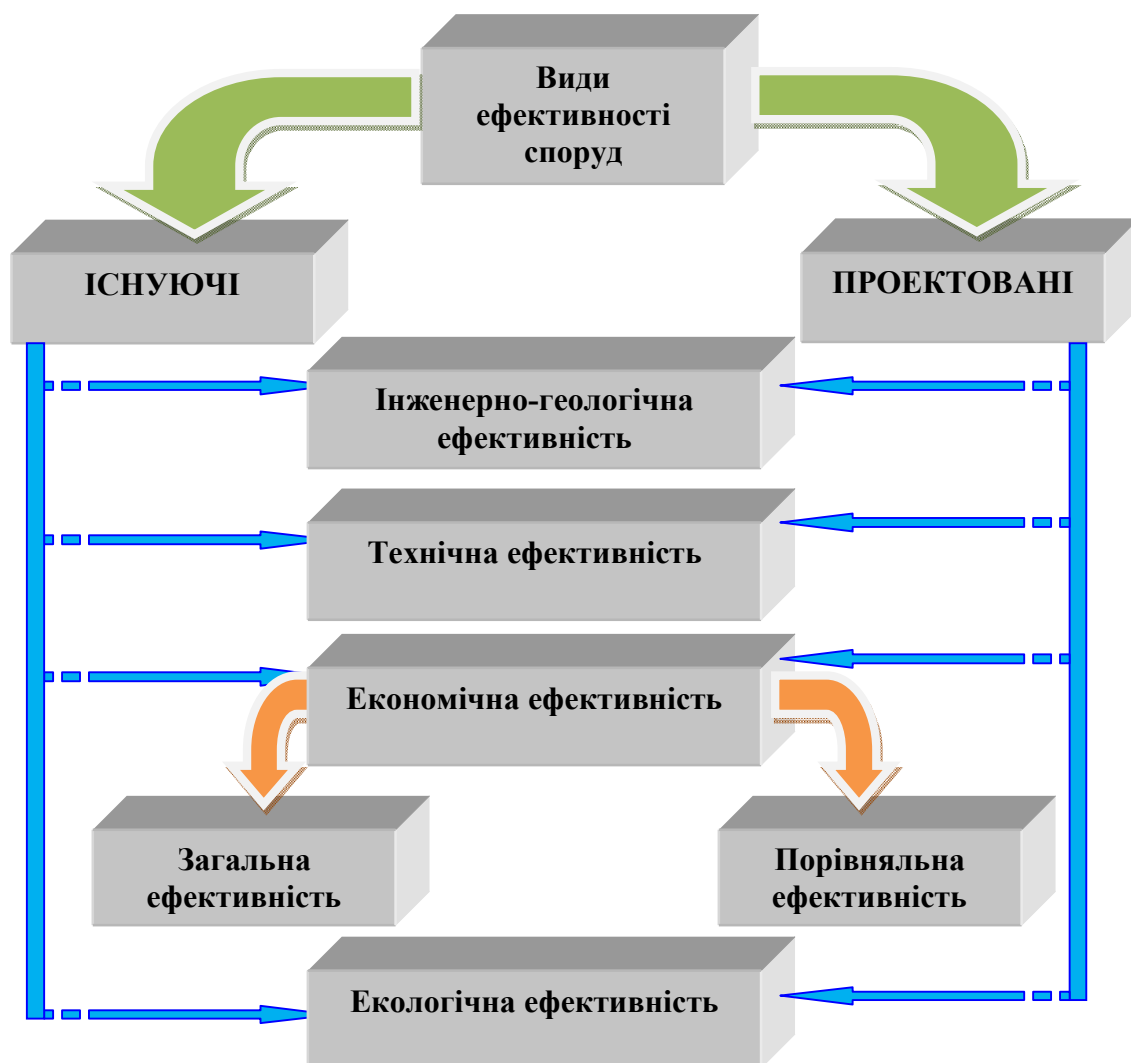


Рис. 1. Види ефективності споруд інженерного захисту від небезпечних екзогенних геологічних процесів

На другому етапі аналітичними методами оцінюються інженерно-геологічна ефективність захисних споруд для конкретних зсувних ділянок з урахуванням виділених на першому етапі груп. До уваги беруться стадійність і механізм розвитку, розташування площини ковзання (у зоні аерації або в зоні постійного водонасичення), види розвантаження ("підшвенні", "висячі") та інші фактори.

Результатом реалізації інженерних заходів захисту від небезпечних екзогенних геологічних процесів є досягнення стабілізації ґрунтів, що дозволяє використовувати їх в подальшому для будівництва, ландшафтного планування та для інших цілей. Але результатом реалізації цих заходів є окрім зміни геологічної обстановки зміна і гідрогеологічних параметрів внаслідок виникнення баражного ефекту (підйому рівня ґрунтових вод), який може призвести до підтоплення та інших небажаних явищ, що можуть обмежити область використання захищених від зсувів територій. Тому важливим

є прогнозування можливих змін гідрогеологічної ситуації в результаті реалізації протизсувних інженерних заходів.

Мета статті. Теоретичне обґрунтування та практичне застосування загальної геофільтраційної моделі для прогнозу зміни гідрогеологічних умов досліджуваної ділянки у зв'язку із реалізацією протизсувних заходів (розташуванням суцільних стінок під фундаментами за контуром будівель або сітки палыглибокого занурення).

Виклад основного матеріалу. Досліджувана ділянка розташована в північно-західній частині м. Києва, в Подільському районі, на розі вулиць Вишгородської, Западинської та Осиповського (рис.2).



Рис.2. Досліджувана ділянка (оконтурена червоною лінією)

У зв'язку із проектованим будівництвом постає необхідність проведення інженерних протизсувних заходів, які забезпечували б стійкість та надійність зведених конструкцій. У будівельній практиці це досягається створенням поля палы, на які повинні опиратись будівельні конструкції. Для прогнозування надійності палевих протизсувних полів необхідний прогноз можливого баражного ефекту.

Вибір методу прогнозування гідрогеологічних умов залежить від складності геолого-гідрогеологічної будови території, ступеня вивченості, цільового призначення розрахунків. Перевага надається детермінованому гідрогеодинамічному підходу, який базується на розв'язанні диференційних рівнянь фільтрації підземних вод і тому має найбільші прогностичну здатність та достовірність. Стосовно до простих гідрогеологічних умов цей підхід реалізується шляхом аналітичних розрахунків, у складних умовах використовують метод математичного моделювання [6]. Оскільки гідрогеологічні умови ділянки та прилеглої території досить складні, для прогнозних розрахунків доцільніше використати саме метод математичного моделювання геофільтрації. Застосування методу математичного моделювання дозволяє уникнути зайвої грубої схематизації природних гідрогеологічних умов, врахувати складність та розмаїття граничних умов ґрунтового потоку і тим самим дати більш реальну оцінку впливу інженерних протизсувних споруд на гідрогеологічні умови території.

Для гідрогеологічного моделювання використовувався програмний комплекс PMWIN-5.1 Processing «MODFLOW-2000» for Windows, який дозволяє створити багатопластову модель геофільтрації типу IBM PC [6]. Моделювання процесів геофільтрації на ділянці проводилося в такій послідовності.

1. Побудова просторово-часової природної гідрогеологічної моделі території, яка оцінювалася на основі інформації, отриманої в процесі пошуково-розвідувальних робіт:

- геологічної будови території;

- умов залягання та розповсюдження водоносних шарів;
- основних гідрогеологічних параметрів водоносних шарів та закономірностей їх зміни в розрізі та плані;
- умов живлення та розвантаження підземних вод.

2. Створення *геофільтраційної моделі* на основі складеної природної. На ній реальна гідрогеологічна ситуація формалізована із виділенням та кількісною характеристикою основних факторів формування підземних вод (водоносних шарів та їх меж, джерел живлення, розподілу параметрів, граничних умов на межах).

3. Створення *розрахункової математичної моделі* на основі геофільтраційної. Вона враховує режим фільтрації, необхідність поділу водоносного пласта на декілька розрахункових шарів у відповідності до конструкції пальового фундаменту, планову розбивку області фільтрації на розрахункові блоки, інфільтрацію атмосферних опадів та техногенних вод.

Розв'язання геофільтраційних завдань на математичних моделях проводилося із відомими початковими умовами розподілу рівнів підземних вод, їх живлення та розвантаження. Вивчення умов формування підземних вод методом математичного моделювання складалось із двох етапів:

1) уточнення вихідної геофільтраційної моделі шляхом розв'язання обернених задач;

2) розв'язання прогнозних задач.

У процесі розв'язання обернених задач проводилося уточнення як параметрів геофільтраційної моделі, так і джерел формування ресурсів підземних вод. Прогнозне розв'язання задач здійснювалося на геофільтраційній моделі, уточненій за результатами розв'язання оберненої задачі. Отримані варіанти прогнозної поверхні гідродинамічних напорів із урахуванням впливу інженерних споруд порівнювалися між собою та з природною (існуючою) поверхнею. У результаті була оцінена значущість впливу кожного із варіантів на існуючі гідрогеодинамічні умови території.

Виходячи із характеристики геолого-гідрогеологічних умов території досліджень, та конструкцій фундаменту, у результаті спорудження пальових фундаментів будівель є ймовірність виникнення баражного ефекту у безнапірному водоносному горизонті у водно-льодовикових відкладах середньо – верхньочетвертинного віку.

Природна гідрогеологічна модель будувалася на основі даних інженерно-геологічних досліджень ВАТ Інститут «ГПРИЦИВІЛЬПРОМБУД» [7, 8], попередніх наукових досліджень та гідрогеологічної інформації щодо рівнів ґрунтових вод, яка міститься в базі даних гідрогеолого-геофізичної інформації м. Києва.

У межах досліджуваної ділянки на умови будівництва та експлуатації запроектованих будівель безнапірний водоносний горизонт у водно-льодовикових відкладах середньо – верхньочетвертинного віку представлений обводненими пісками, супісками, супісками запіскованими, суглинками з прошарками піску. Водотривкими породами умовно можуть служити еоценові мергелі, частково суглинки. Внаслідок розмиву талими водами середньочетвертинного дніпровського покривного зледеніння сформована складна поверхня водотриву ґрунтових вод, яка за формою повторює поверхню рельєфу.

Обґрунтування геофільтраційних параметрів об'єкту моделювання проведене на основі даних інженерно-геологічних досліджень ВАТ Інституту «ГПРОЦИВІЛЬПРОМБУД» [7, 9], які отримані внаслідок лабораторних випробувань фільтрації на зразках порід.

Оскільки коефіцієнти фільтрації різняться менше ніж у 10 разів, для кожної із свердловин розраховані середньозважені за висотою значення коефіцієнтів фільтрації [9]. Результати розрахунку наведені в табл.1.

Дані, наведені в таблиці, дозволяють встановити орієнтовний діапазон можливих змін коефіцієнтів фільтрації на ділянці, який складає 0,9...2,5 м/добу. Отже, в середньому, водоносний горизонт в четвертинних відкладах на території ділянки є достатньо однорідним у фільтраційному відношенні.

Таблиця 1

Результати розрахунку коефіцієнтів фільтрації

№ свердловини	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коефіцієнт фільтрації, м/добу	2,0	1,7	2,0	2,2	0,9	1,8	1,6	2,4	2,0	0,9	1,8	0,9	2,5	2,3	2,3

Живлення ґрунтових вод основного водоносного комплексу відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та вод техногенного походження [8]. Для визначення орієнтовної величини інтенсивності природного інфільтраційного живлення потоку підземних вод були використані дані про середню величину атмосферних опадів у м. Києві, яка складає 620 мм/рік (19,7л/с.км²) або 0,0017 м³/доб.м². Орієнтовна величина інтенсивності природного інфільтраційного живлення потоку підземних вод на ділянках відносно невеликої щільності забудови, за аналогією із вивченими ділянками м. Києва, визначена як 10...30% від середньої величини атмосферних опадів, тобто 0,00017...0,00051м³/добу. Техногенне живлення підземних вод на території Києва за даними багаторічного досвіду може коливатися від 0,0002 до 0,00085 м/добу. Більш докладно для даної території значення інфільтраційного живлення, як і величини фільтраційних параметрів, уточнювалися шляхом розв'язання обернених задач методом моделювання. Всі математичні розв'язання проводилися для умов усталеного режиму фільтрації, що дає можливість виконати розрахунок для найгіршого варіанта впливу інженерних споруд, тобто з певним інженерним запасом.

Геологічний розріз території, що вивчається, є складним перешаровуванням пісків, супісків та суглинків різної потужності, до яких приурочений безнапірний водоносний горизонт. Ця товща підстиляється шаром мергелів київського віку та суглинків четвертинного віку потужністю 3,0...10,0 м, які служать нижнім водотривам водоносного горизонту. Палі фундаменту проходять безнапірний горизонт повністю і заглиблюються у водотриви. Таким чином, вплив інженерних споруд буде відбуватися лише в четвертинному водоносному горизонті. Для прогнозних розрахунків раціонально буде використання одношарової геофільтраційної моделі, поверхня водотриву якої має складну форму. Для реалізації математичної геофільтраційної моделі, що відповідає прийнятним умовам, використовувався математичний опис процесу [6, 10-12]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(kh \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(kh \frac{\partial H}{\partial y} \right) + W = 0, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт фільтрації ґрунтової товщі, м/доб; h – потужність потоку підземних вод, м; W – інтенсивність інфільтраційного живлення потоку підземних вод, м/доб; H – гідродинамічний напір (абсолютна відмітка рівня підземних вод), м.

Загальна модель охоплює площу, на якій весь потік підземних вод, що сформувався за рахунок інфільтраційного живлення на її межах, розвантажується. Тобто, в даному випадку, площа області фільтрації, приймається від гідрогеологічного вододілу на заході до струмків та озерець у найнижчій частині рельєфу на сході. Вихідна розрахункова математична геофільтраційна модель приймається як одношарова. Потік підземних вод слід вважати безнапірним, обмеженим, усталеним (стаціонарним).

На верхній межі області фільтрації приймається гранична умова II-го роду ($q=const$), яка відповідає інфільтраційному живленню підземних вод природного та техногенного походження. Нижньою межею є водотрив складної конфігурації – гранична умова II-го роду ($q=const=0$). На заході та сході задані граничні умови I-го роду ($H=const$) відповідно до абсолютних відміток рівня підземних вод на цих межах. На півночі та на півдні межі проведені за лініями току. Тут задані граничні умови II-го роду ($q=const=0$).

Для розв'язання рівняння (1) застосовується метод кінцевих різниць, тому область геофільтрації розділяється на розрахункові блоки. У зв'язку з досить великою площею ділянки, що моделюється (майже 5 га – 5115 м), для відображення гідрогеологічних умов із найменшим ступенем схематизації розміри блоків приймалися 10×10 м. Розмір розрахункових блоків дозволяє детально відобразити конструкції інженерних споруд, що проектується. Кількість розрахункових блоків дорівнює 5115 (930×550). Розрахункова схема області фільтрації в плані наведена на рис. 3.

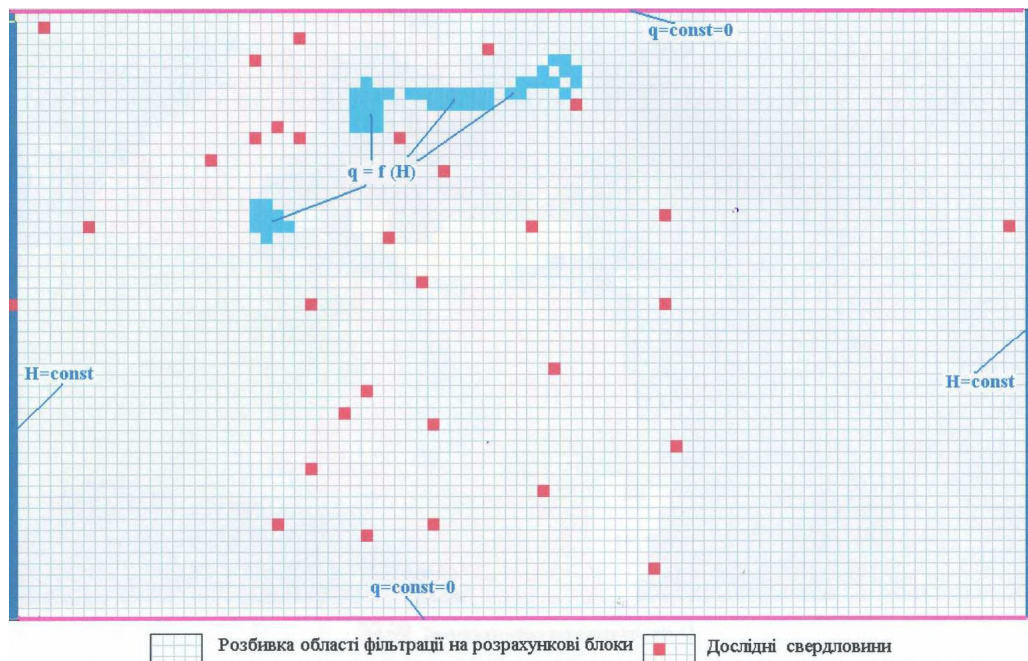


Рис. 3. Розрахункова схема області фільтрації в плані

Модель такого масштабу дозволяє охарактеризувати умови формування ґрунтових вод усього досліджуваного району і виконати попередні прогнози зі зміни їх режиму під впливом інженерних споруд із урахуванням взаємозв'язку всіх природних та штучних джерел та граничних умов. Для отримання достовірних прогнозів необхідно обґрунтувати вихідну гідродинамічну схему та роль головних гідродинамічних факторів формування підземних вод. Таке обґрунтування отримують шляхом відтворення на моделі вихідної гідродинамічної ситуації та порівнянням її з реально існуючою, тобто відомою. Відтворення вихідної гідродинамічної ситуації на моделі має назву епігнозного моделювання.

Значення геофільтраційних параметрів водоносного горизонту первісно були прийняті відповідно до результатів інженерно-геологічних досліджень і на моделі задавалися у вигляді кусково-неоднорідного середовища. Уточнення необхідних параметрів відбувалося в умовах усталеного потоку методом багатоваріантного підбору: 1) значень інфільтраційного живлення підземних вод; 2) значень геофільтраційних параметрів водоносного горизонту (виходячи із можливих орієнтовних значень).

Розв'язання серії обернених задач за умови коригування вихідних параметрів дало можливість отримати значення та розподіл коефіцієнтів фільтрації, які в подальшому використовувались для гідрогеологічного моделювання. Прогнозне моделювання проводилося для двох варіантів опор під фундаментами, що проходять весь водоносний горизонт до нижнього водотриву: 1) суцільні стінки під фундаментами за контуром будівель; 2) поле палей діаметром 0,6 м сіткою 1,6×1,6 м (між осями палей).

1. За першим варіантом на моделі, контуром будівель в фільтраційному масиві задавалась непроникна гранична умова ($q=const=0$).

Результати моделювання дії на потік підземних вод суцільних підпірних стінок контуром будівель наведені на рис. 4.

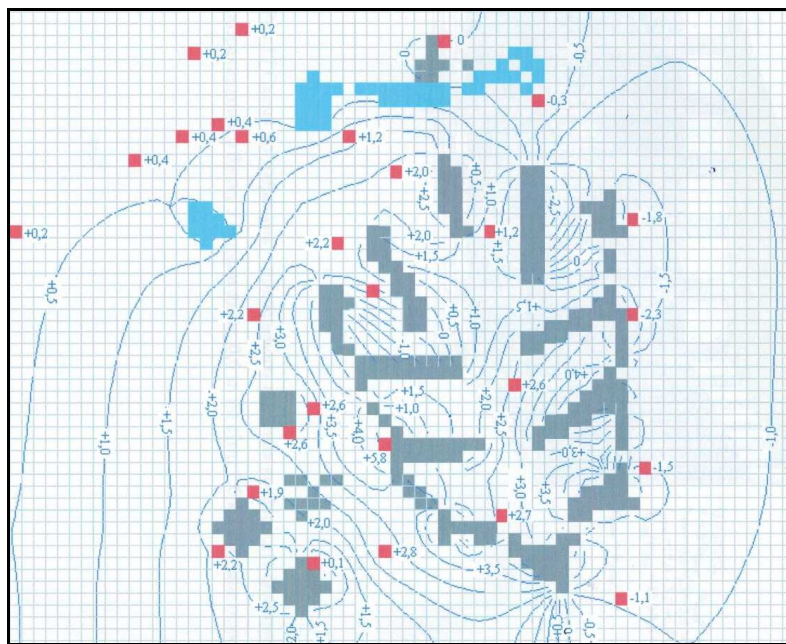


Рис. 4. Різниця поверхонь ґрунтових вод у природних умовах та в умовах впливу суцільних стінок контуром будівель

Як видно (рис. 4), у випадку встановлення замість паль під фундаментами за контуром запроєктованих будівель суцільних стінок, відбувається значна зміна гідрогеологічної ситуації навкруги будівель. З південного заходу, звідки надходить потік підземних вод, спостерігається підйом рівня ґрунтових вод, а з протилежної сторони – зниження його. На рис. 4 показані ізолінії зміни цих рівнів (різниця між рівнями в природних умовах і в порушених). Максимальний підйом рівнів становить +5,8 м, а максимальне зниження – -2,5 м. Проте площа розповсюдження цих змін відносно незначна. На відстані 300 м від будівель їх вплив практично не відчувається.

2. Далі, на загальній (грубій) геофільтраційній моделі був проведений прогноз змін гідрогеологічної ситуації за умови, що в межах площі кожної із будівель закладаються палі діаметром 0,6 м сіткою 1,6×1,6 м (між вісями паль).

Оскільки розбивка області фільтрації на блоки (10×10 м) не дозволяє безпосередньо на моделі (в масштабі моделі) відобразити розміри паль та відстань між ними, в масиві «коефіцієнтів фільтрації» в межах будівель були зменшені величини коефіцієнтів фільтрації водоносного горизонту до величини, яка б (умовно) відповідала водопроникності товщі з палями, розташованими згідно вказаної схеми. В останньому випадку визначався так званий «приведений коефіцієнт» фільтрації під фундаментами будівель. Тобто дія ділянок з «приведеними» значеннями коефіцієнта фільтрації була аналогічною дії системи реальних паль. Схема розрахунку приведенного коефіцієнту фільтрації наведена на рис. 5.

Результати моделювання впливу на потік підземних вод полів паль по сітці 1,6×1,6 м під будівель наведені на рис. 6. Із рис. 6 видно, що у випадку встановлення полів паль за вказаною схемою під будівлями також відбувається зміна гідрогеологічної ситуації навкруги будівель. З південного заходу, звідки надходить потік підземних вод, спостерігається підйом рівня ґрунтових вод, а з протилежної сторони – зниження його. На рис. 6 показані ізолінії зміни цих рівнів (різниця між рівнями в природних умовах і в порушених). Максимальний підйом рівнів при цьому становить лише 0,8 м, а максимальне зниження – 0,4 м. Площа розповсюдження цих змін є незначною. На відстані 100 м від будівель їх вплив практично не відчувається.

Висновки. На загальній геофільтраційній моделі був проведений прогноз змін гідрогеологічної ситуації за умови використання двох типів протизсувних інженерних конструкцій: суцільних стінок під фундаментами за контуром будівель та сітки паль глибокого занурення. У випадку встановлення під фундаментами за контуром запроектованих будівель суцільних стінок, відбувається значна зміна гідрогеологічної ситуації навкруги будівель. З південного заходу, звідки надходить потік підземних вод, спостерігається підйом рівня ґрунтових вод, а з протилежної сторони – зниження його. Максимальний підйом рівнів становить +5,8 м, а максимальне зниження – -2,5м. Проте площа розповсюдження цих змін відносно незначна. На відстані 300 м від будівель їх вплив практично не відчувається. У випадку закладання в межах площі кожної із будівель паль діаметром 0,6 м сіткою 1,6×1,6 м (між осями паль), поле паль перегороджує потік підземних вод і під будівлями відбувається зміна гідрогеологічної ситуації. Із південного заходу, звідки надходить потік підземних вод, спостерігається підйом рівня ґрунтових вод, а з протилежної сторони – зниження його. Максимальний підйом рівнів становить 0,8

м, а максимальне зниження – 0,4 м. Площа розповсюдження цих змін є незначною. На відстані 100 м від будівель їх вплив практично не відчувається.

Література

- 1 Емельянова Е. П. Сравнительный метод оценки устойчивости и прогноз оползней/ Е. П. Емельянова // ВСЕГИНГЕО. – М.: Недра, 1971. – 104 с.
- 2 Гольдштейн М. Н. Теория развития и затухания оползневого процесса/М. Н. Гольдштейн, А. Я. Туровская// Проблемы геомеханики, Труды отдела геомеханики АН Армянской ССР. – Ереван. 1973. – С. 140–147.
- 3 СНиП 2.01.15-90 Инженерная защита территорий зданий и сооружений от опасных геологических процессов Основные положения проектирования. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП, 1991. – 42с.
- 4 ДБН В.1.1-25:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. Держбуд України. – Київ, 2009. – 89с
- 5 Герасимчук В. О. Гірські автомобільні дороги України / В. О. Герасимчук. – Коломия: Вік, 1998. – 352 с.
- 6 Жернов И. Е. Динамика подземных вод: учебное пособие/И. Е. Жернов – К.: Вища школа, 1982. – 324 с.
- 7 Звіт про інженерно-геологічні вишукування на майданчику будівництва житлового комплексу з об'єктами соціально-громадського призначення, паркінгами по вул.Вишгородській 45 у Подільському районі м.Києва (Розрахунок стійкості схилу). 9671-П.РД. – Київ, ЗАТ «ГІПРОЦИВІЛЬПРОМБУД», 2007 – 87с.
- 8 Звіт про інженерно-геологічні вишукування на майданчику будівництва житлового комплексу з об'єктами соціально-громадського призначення, паркінгами по вул.Вишгородській 45 у Подільському районі м.Києва (Підпирні стінки). 9671-П.РД. – Київ, ЗАТ «ГІПРОЦИВІЛЬПРОМБУД», 2007 – 94
- 9 Проект геодинамічної мережі м.Києва з метою спостереження і запобігання виникненню надзвичайних зсувонебезпечних ситуацій та деформаційних процесів на інженерних спорудах та висотних житлових будинках міста. – К.: ДНВП інженерної геодезії «Укрінжгеодезія», 2000. – 117 с.
- 10 Гавич И. К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии/ И. К.Гавич. – М.: Недра, 1980. – 358 с.
- 11 Коносавский П. К. Математическое моделирование геофильтрационных процессов: Учебное пособие/ П. К. Коносавский, К. А. Соловейчик. – СПб.: Изд-во СПб ГТУ, 2001. – 96с.
- 12 Кошляков О. Є. Гідрогеологічне моделювання: Підручник/ О. Є. Кошляков. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. – 79с.

© Микола Кризський,
Олексій Кошляков,
Мирослав Мальований,
Марина Бондар,
Володимир Ващенко

УРБООЕКОЛОГІЯ

УДК 551.524:504.3

М. А. Федонюк, В. В. Федонюк
Луцький національний
технічний університет

ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ: ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОНІТОРИНГ

У статті розглянуто основні джерела та наслідки теплового забруднення міських територій. здійснено огляд основних зарубіжних та вітчизняних джерел з питань формування міського острова тепла та його моніторингу. Наведено приклади оцінки теплового забруднення деяких західноукраїнських міст за інфрачервоними супутниковими знімками. Окреслено та класифіковано основні методи зменшення теплового забруднення у містах.

Ключові слова: теплове забруднення, міські острови тепла, моніторинг, альbedo, дані дистанційного зондування

В статье рассмотрены основные источники и последствия теплового загрязнения городских территорий. Осуществлен обзор основных зарубежных и отечественных источников по вопросам формирования городского острова тепла и его мониторинга. Приведены примеры оценки теплового загрязнения некоторых западно-украинских городов по инфракрасным спутниковым снимкам. Определены и классифицированы основные методы уменьшения теплового загрязнения в городах.

Ключевые слова: тепловое загрязнение, городской остров тепла, мониторинг, альbedo, данные дистанционного зондирования

The article analyzes the sources and effects of thermal pollution in urban areas. The review of the main foreign and national sources for the formation of urban heat island and its monitoring is carried out. Examples of an assessment of thermal pollution of some west Ukrainian cities on infrared satellite pictures are given. The main methods of decrease of urban thermal pollution are outlined and classified.

Key words: thermal pollution, urban heat island, monitoring, albedo, remote sensing data

Постановка проблеми. Глобальне потепління, на сьогодні, вважається однією із найважливіших проблем людства, на дослідження якої спрямовані зусилля сотень наукових груп по всьому світу. Разом із цим, його причини, наслідки та конкретні прогнози часто лишаються дискусійними.

Втім, проблеми, спровоковані потеплінням, щороку стають все більш очевидними у більшості регіонів планети. У великих містах такі проблеми зазвичай відчуються швидше. Ефекти глобального потепління в урбоєкосистемах накладаються на ефекти локального теплового забруднення, характерного для селітебних територій. В результаті теплове поле міст стає різким відмінним від природних чи навіть сільськогосподарських ландшафтів. Це, своєю чергою, негативно відображається на здоров'ї населення, функціонуванні міської інфраструктури, ресурсо- та енергоспоживанні міст тощо. Відповідно все більш актуальними стають дослідження джерел та наслідків теплового забруднення та методів його зменшення в районах міської забудови.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Перші дослідження теплового режиму міст датуються ще XIX ст. Вже тоді в науку було введено поняття «міського острова тепла» (Urban Heat Island, UHI) як температурної аномалії над центральною

частиною міста, що характеризується підвищеною порівняно з периферією температурою повітря (L. Howard, 1818). Втім, активні наукові дослідження таких явищ почали розвиватись у 2-й половині XX ст., разом із стрімким зростанням урбанізації, що супроводжувалась негативними екологічними наслідками. У 1950-1970 роках багато наукових груп в США, СРСР [7] та європейських країнах вивчали тепловий баланс міст, джерела, види і наслідки теплового забруднення, динаміку теплофізичних властивостей міської забудови тощо.

Так, дослідження 1970-х років деяких американських та європейських міст показало, що потік виключно антропогенного тепла може становити $20\text{--}40 \text{ Вт/м}^2$ влітку і $70\text{--}210 \text{ Вт/м}^2$ взимку [14]. Згодом у великих містах-мільйонниках оцінки цих показників зросли. Наприклад, дослідження у центральній частині Токіо показали, що потік тепла антропогенного походження може складати від 400 Вт на м^2 у літній період до 1590 Вт/м^2 взимку. Зауважимо, що остання величина є майже на 17 % більшою від сонячної сталої – показника, що характеризує потік сонячної енергії на межі земної атмосфери [15].

У 1970-1980 роках вийшов ряд узагальнюючих праць, які пізніше стали класичними. Це, зокрема, праці Е. Ландсберга [16], Т. Оке [18], Х. Тахи [21] та ін. У них розглядався весь комплекс природних і антропогенних особливостей, що сприяють утворенню островів тепла у містах. Найбільше уваги приділялось альбедо міських поверхонь, особливостям конвекції та турбулентності, впливу озеленення на тепловий режим, відмінностям у використанні різних матеріалів чи планувальних рішень.

Для українських міст такі особливості досліджувались науковими групами Л. Сакалі, Л. Смекалова, В. Бабиченко та ін., під редакцією яких вийшли монографії-довідники «Клімат Києва» (1980), «Клімат Одесси» (1986), «Клімат Харькова» (1983).

У США, Канаді та деяких країнах Європи були створені спеціальні лабораторії чи дослідницькі групи, що займаються виключно питаннями теплового забруднення та ефекту UHI. Це, наприклад, Heat Island Group Lawrence Berkeley Laboratory (Берклі, Каліфорнія), пілотний проект UHI країн Центральної Європи (www.eu-uhi.eu) та ряд інших.

Потужний поштовх дослідженню теплового поля селітебних територій надала поява дистанційних даних супутникових знімків в інфрачервоному діапазоні. Однак аналіз інфрачервоних зображень не є таким очевидним, як для зображень у видимому діапазоні спектру. При дослідженні теплових знімків міст потрібно враховувати мінливість метеорологічних полів, складний просторовий розподіл полів вітру та вологості, багаторазові відбиття, затіненості тощо. Питанням обробки таких знімків, їх інтеркалібруванню та правильній інтерпретації присвячено цілий ряд статей зарубіжних та вітчизняних дослідників [5, 6, 10, 18, 22].

В Україні цими питаннями займаються, зокрема, науковці ДУ "Науковий Центр Аерокосмічних Досліджень Землі ІГН НАНУ". Так, В. Філіпович, С. Станкевич та ін. останніми роками провели ряд досліджень теплового поля м. Києва за допомогою аналізу інфрачервоних знімків, запропонували методика їх якісної обробки та інтерпретації. Виявлено, що температура поверхні в окремих районах Києва збільшилась на $7\text{--}10^\circ\text{C}$ (Stankevich, Filipovich, 2013) [5, 6].

Мета та завдання дослідження. Незважаючи на достатньо високий рівень розробки загальних питань теплового забруднення міст, дослідження кожної нової селітебної території потребує окремих підходів. Крім того, раніше отримані дані часто стають неактуальними або потребують певної корекції через значну мінливість погодних та кліматичних умов, нові ефекти глобального потепління, подальше розростання селітебних зон. Важливим фактором є також зміна та переорієнтування регіональних енергетичних стратегій, що може суттєво вплинути в тому числі і на розподіл міських теплових потоків. Зважаючи на це, метою даного дослідження є окреслення головних проблем, завдань і методів, що стосуються проблем теплового забруднення українських

міст в сучасних умовах реформування економіки та розробки нових екологічних та енергетичних стратегій.

Основний матеріал. Теплове забруднення є одним з наймасштабніших та найпоширеніших видів фізичних забруднень, створених людиною. За даними ІЕА, щорічне світове виробництво енергії від спалювання викопного палива становить біля 14 тис. Мтоє, або $5,86 \times 10^{11}$ ГДж [23]. Не менше чверті цієї кількості повертається у довкілля тепловими потоками. І хоч у планетарному масштабі це поки становить менше 0,1% від сумарного надходження енергії від Сонця, локально теплове забруднення набуває критичних значень.

Крім безпосереднього впливу на фізичні характеристики повітря, теплове забруднення сприяє також збільшенню хімічного забруднення. Після підвищення температури повітря до $+22,5^{\circ}\text{C}$, ймовірність виникнення смогу зростає майже на 2% на кожен додатковий градус. Крім того, більша температура повітря в містах потребує генерації додаткової електроенергії, що, своєю чергою, також провокує більше забруднення атмосфери [8].

Як вже згадувалось, в окремих мегаполісах антропогенний тепловий потік може навіть перевищувати показник сумарної сонячної радіації. При цьому тепловий вплив може поширюватись на десятки кілометрів. Наприклад, зона впливу київських ТЕЦ може сягати від 131 тис. до 11 млн.га, а висота теплового впливу – 230-250 м [4]; тепловий шлейф від м. Сент-Луїс із енергопотужностями 4,6 ГВт складав 80-120 км і поширювався на висоту до 1 км [11]. Але й міста без власних енергогенеруючих потужностей також формують свої «острови тепла». Зупинимось детальніше саме на тепловому забрудненні урбанізованих селітебних територій.

Зміни температурних показників у містах, проявляються у вигляді хвиль тепла (у часовому масштабі) та островів тепла (у просторовому масштабі). Згідно з визначенням Всесвітньої метеорологічної організації ВМО, хвиля тепла (ХТ) – це період, протягом якого максимальна добова температура повітря понад 5 послідовних днів перевищує середню максимальну температуру повітря цього дня за середній багаторічний період на 5°C .

Пряме теплове забруднення міських територій пов'язане із безпосереднім надходженням теплової енергії внаслідок викидів автотранспорту, промислових підприємств, котелень, підігрітими скидами стічних вод, витоками на теплотрасах тощо. Для приміських зон приватної забудови також характерні розосереджені викиди від індивідуальних опалювальних установок.

Непряме теплове забруднення пов'язане з антропогенними трансформаціями радіаційного, теплового режиму та процесів випаровування води в межах міської території. Місто – це, насамперед, зона активного перетворення людиною діяльної поверхні, яка, як відомо, є одним з кліматоутворюючих факторів, разом з сонячною радіацією та атмосферною циркуляцією. У містах значні площі займають заасфальтовані дороги та майданчики, забетоновані ділянки, будівлі, в тому числі висотні, поверхня стін та дахів яких багаторазово збільшує навіть саму площу діяльного шару. Більшість штучних поверхонь (бетон, камінь, асфальт, пластик тощо) вдень активно поглинають та накопичують тепло, від них нагрівається і приземний шар повітря.

У місті діяльна (підстилаюча) поверхня, яка є вагомим чинником кліматоутворення, дуже неоднорідна. Її прийнято ділити на ряд шарів-підповерхонь [1, 3]:

- 1) рівень вулиць, площ, доріг, газонів та водойм
- 2) рівень верхньої частини крон дерев та дахів невисокої, 1-3 поверхової забудови (зелені зони міста, окраїнні квартали приватної забудови, дачні масиви),
- 3) рівень дахів багатоповерхової забудови.

Окремо слід враховувати роль у формуванні теплового профілю міста окремих великих промислових комплексів, транспортних магістралей, які є джерелами не тільки диму, газу, пилу, але і додаткових викидів тепла. Місто – це і численні вертикальні поверхні: стіни, схили різної експозиції та крутизни, спуски, тунелі, естакади тощо, вплив

яких на температурний режим ускладнюється різноманітністю матеріалів та технологій їх виготовлення, архітектурними особливостями тощо. Міська забудова переформовує повітряні потоки, суттєво змінюючи природний вітровий режим території. Потужні терміки (вертикальні конвективні повітряні потоки, що утворюються над нагрітими поверхнями, наприклад, заасфальтованими ділянками) самі стають додатковим джерелом динамічних перешкод на шляху природного руху повітряних мас і формування вітрів у різні сезони року. Тому про місто говорять не тільки як про «острів тепла», але як і про динамічну перешкоду на шляху перенесення атмосферних повітряних мас. Така динамічна перешкода – джерело додаткових сум опадів над містом, процес випаровування яких, в свою чергу, теж впливає на формування локального температурного режиму.

Ряд дослідників виділяє і біологічну складову у формуванні міського острова тепла (скупчення великої кількості людей на невеликій території, процеси їх життєдіяльності, що супроводжуються позитивним тепловим балансом) тощо [12].

Суттєво спотворює природний хід температурного режиму в селітебних зонах також і зміна режиму випаровування з підстилаючої поверхні. Як правило, випаровування у місті менше, ніж на прилеглих заміських територіях. Тому сонячне тепло, що в сільській місцевості витрачається на випаровування і транспірацію, у місті додатково нагріває діяльні поверхні.

На температурний режим селітебних зон також чинять опосередкований вплив забруднення атмосферного повітря парниковими газами. Концентрація вказаних газоподібних сполук у місті в рази перевищує їх природний середньозважений вміст в атмосферному повітрі нашої планети. Як відомо, ці гази сприяють затримці теплового випромінювання діяльних поверхонь і, як наслідок – додатковому нагріванню приземного шару атмосфери. Вміст парникових газів у атмосфері міст також має свої добові, тижневі та сезонні цикли. Так, згідно досліджень проведених [9, 19], концентрація основних парникових газів у повітрі міст у вихідні дні на 30% менша, ніж в робочі дні тижня. Найвищі концентрації вказаних газів спостерігаються у понеділки та п'ятниці, а найнижчі – у неділю.

Територія більшості міст має досить складну ландшафтно-просторову структуру. Тому острови тепла в містах – це, як правило, неоднорідні структури, вони розбиті на сектори та сегменти, які розділені водними об'єктами (річки, водосховища, ставки в межах міської зони), зеленими парковими зонами тощо. Насправді такі бар'єри пом'якшують загальний негативний вплив теплового забруднення.

Міський острів тепла найчастіше фіксують над центральними районами міста, спальними районами та промисловою зоною урбанізованих територій, проте він не є стаціонарним утворенням. Відмічають певні закономірності в добовому ході температур над містом, тижневому ході (робочі дні – вихідні дні), а також річному ході температурного режиму.

Добовий хід температури в міському острові тепла суттєво відрізняється влітку та взимку [16]. Взимку максимум розвитку острова тепла припадає на 21 год, а потім його інтенсивність поступово зменшується до 13 год наступного дня. Влітку удень до 17 год значення температури повітря в місті та на заміській території мало відрізняються, а потім внаслідок швидшого охолодження повітря в сільській місцевості різниця температур поступово зростає, і досягає свого максимуму о 2-3 год ночі. Дослідження міст на прикладі Гетеборга виявило 2 хвили охолодження – перша кількогодина вечірня із різними градієнтами (залежно від експозиції будівель та їх теплопровідності), та друга рівномірна в умовах передранкової інверсії, яка визначається радіаційними властивостями над будинкового шару повітря. [13].

Температурні відмінності мають кореляцію з площею міської забудови, кількістю жителів міста, специфікою транспортної та промислової інфраструктури і особливостями забудови житлових зон в містах та на урбанізованих територіях.

Багато таких відмінностей можна побачити і проаналізувати за космічними знімками у тепловому інфрачервоному діапазоні (рис. 1).

Як бачимо з наведеного рисунка, просторовий розподіл міських островів тепла може істотно відрізнитись за рахунок рельєфу місцевості, наявності водойм, площі та конфігурації зелених зон, співвідношення промислових та «спальних» районів, транспортних розв'язок тощо.

Аналіз таких даних ДЗЗ дає хороші можливості для моніторингу теплового забруднення, виявлення його просторових та сезонних відмінностей тощо. При наявності достатньої бази подібних знімків із хорошим просторовим розрізненням можна виявляти теплові хвилі у містах, місця розривів теплових островів, локалізацію найбільш проблемних ділянок тощо.

Часто на зимових знімках міський острів тепла проглядається чітко, а на літніх чи весняно-осінніх – фрагментарно (рис. 2).

Аналіз наведених знімків показує, що в холодну морозну погоду температурний контраст між містом та околицями є значним та очевидним. Чітко виділяються основні житлові райони (найяскравіші), і навіть основні дороги. Зони приватної забудови мають меншу насиченість кольору, але теж суттєво відрізняються від околиць. На знімках, розміщених зліва (серпень-вересень) для Луцька острів тепла набагато менший, і проглядається тільки у трьох житлових кварталах, але різниця між максимальними і мінімальними (заплава р. Стир) температурами значна. На знімку м. Рівного взагалі не бачимо локалізації тепла у місті в цей період, а деякі навколишні сільськогосподарські угіддя навіть мають вищу температуру.

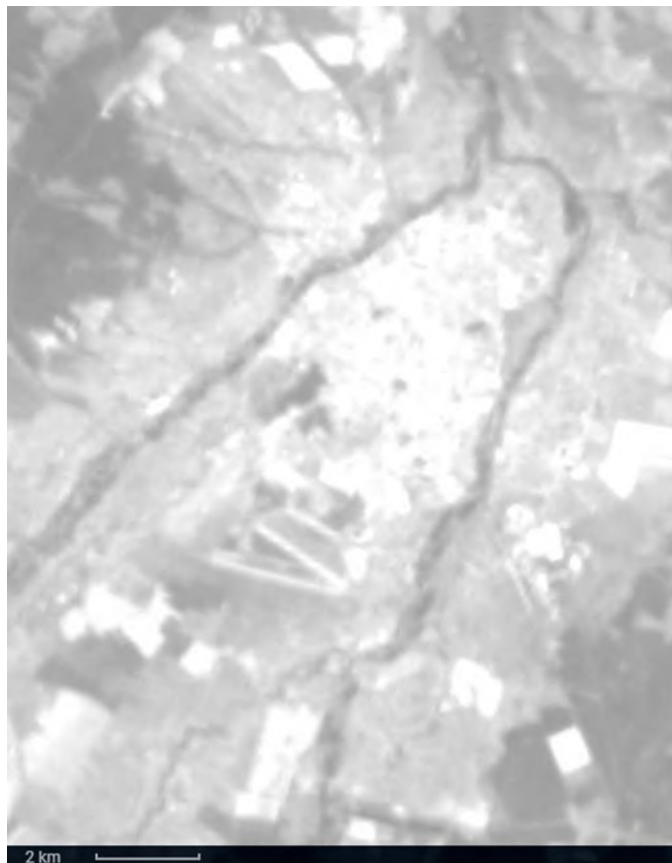


Рис. 1. «Острів тепла» над Івано-Франківськом. Знімок (тепловий інфрачервоний канал) супутника Landsat-8, 19 серпня 2016 р.

Звичайно, для більш повноцінного та деталізованого аналізу потрібно робити якісну інтеркалібрацію знімків, враховувати час зйомки, порівнювати із конкретними метеоумовами тощо.

Окрім аналізу матеріалів ДЗЗ, для моніторингу теплового забруднення дуже важливим є тепловізійне знімання міських кварталів. При цьому таке знімання повинно охоплювати не тільки житлові будівлі, а й транспортні артерії та розв'язки, райони прокладання теплотрас, санітарно-захисні зони підприємств, зелені зони та ін.

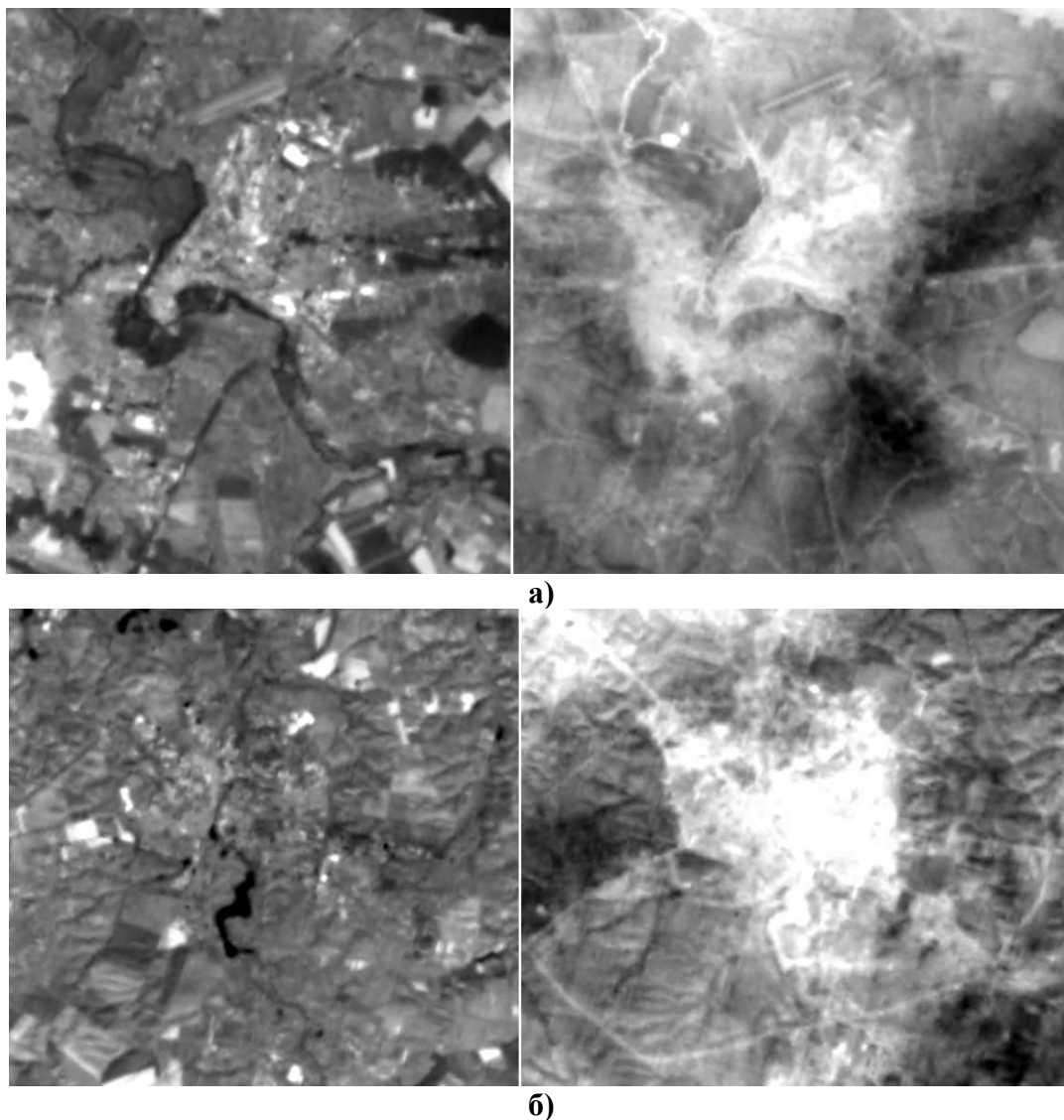


Рис.2. Порівняння теплових знімків Луцька (а) та Рівного (б) у різні кліматичні періоди (знімки LandSat-8, зліва – кінець серпня-вересень 2016, справа – січень 2017)

Час проведення тепловізійних обстежень для моніторингу потрібно підбирати для максимального виявлення внутрішньодобових та сезонних відмінностей. Мають бути охоплені як періоди максимумів енергетичних та транспортних навантажень, так і періоди відносного «спокою». Важливо також оцінити розподіл тепла на територіях з різною щільністю забудови, різним рівнем озеленення, використанням матеріалів з різним альбедо поверхні тощо. Виявлення таких відмінностей дозволить підбирати ефективні планувальні та інженерно-технічні рішення для мінімізації теплового забруднення та його наслідків.

Боротьба із тепловим забрудненням часто є фактично синонімом енергозбереження, адже більшість енергозберігаючих заходів впливають на зменшення надходження у довкілля антропогенних потоків тепла. Разом з тим, є цілий ряд спеціальних методів, що сприяють зменшенню непрямого теплового забруднення (рис. 3).

«Енергетичний» блок цієї схеми цілком зрозумілий і достатньо описаний в багатьох джерелах. Зауважимо тільки, що зростання частки відновлювальних джерел

енергії в ЖКГ та на транспорті може мати дуже значний ефект для зменшення теплового забруднення. Ряд досліджень вказують, що навіть досить великі міста, такі як Гельсінкі чи Шанхай, за різних варіантів розвитку, можуть виробляти від 5 до 32% міських потреб з альтернативних джерел, переважно вітрових та комбінованих установок [17]. Крім того, встановлення сонячних панелей на дахах чи стінах будівель, забезпечує не тільки виробництво електроенергії, а й поглинання теплового сонячного потоку, який вимірюється сотнями Вт/м².



Рис.3. Блок-схема основних шляхів зменшення теплового забруднення міст

Одним з найдієвіших методів опосередкованого, але комплексного і ефективного зменшення теплового забруднення, є різні види озеленення. Моніторинг теплового поля міста Києва за 1984–2014 рр. показав, що мінімальна поверхнева температура притаманна парковим/лісопарковим зонам завдяки природному випаровуванню та відсутності штучних покриттів, тоді як аномально висока приповерхнева температура спостерігається над великими транспортними розв'язками, основними проспектами і трасами (Філіпович, Крилова, 2014) [6]. Низький рівень озеленення та ущільнення міської забудови викликають локальне порушення мікрокліматичних умов та підсилюють зміну клімату на регіональному рівні [5, 6].

Багато західних дослідників відзначають, що рослинність може полегшити УНІ через безпосередньо затінення теплопоглинальної поверхні та через евапотранспіраційне охолодження [21]. Випаровування і транспірація з системи ґрунт-рослинність є ефективним регулятором мікроклімату. У середніх широтах у теплий період ці ефекти можуть давати «оази» прохолоднішого повітря, температура якого на 2–8° менша від околиць. Прихована теплота випаровування у лісах та парках може сягати 200–400 Вт/м², що часто може значною мірою нівелювати антропогенні потоки тепла у місті. Дослідження в Лондоні, Токію, Монреалі показали зниження температури у зелених зонах на 1,6–2,4°C у порівнянні із сусідніми забудованими районами [21].

Вертикальне озеленення також може знизити амплітуду коливань температури із сонячної сторони на 50%, а максимальні значення – на 1,6–4,7°C. В іншому дослідженні показано, що ефект вертикальних систем зелених насаджень зменшує енергію, що використовується для охолодження приблизно на 23%, що призводить до зниження річного споживання енергії на 8% [20].

Крім озеленення, збільшення альбедо поверхні можливе і завдяки використанню відповідних матеріалів. У багатьох містах середні показники альбедо поверхонь дуже низькі та становлять від 0,08 до 0,2. Збільшення альбедо дахів, доріг та тротуарів на 0,13–

0,15 може дати до 2 градусів зменшення температури, а у поєднанні із продуманим озелененням – до 4 градусів локально. За розрахунками, це дозволяє економити до 10% електроенергії у помірному кліматі та до 20% - у жаркому [1, 2].

Аераційні особливості міської забудови також здатні впливати на тепловий баланс, тому хороше провітрювання в межах селітебних зон, наявність спеціальних аераційних тунелів чи коридорів – це також чинник терморегуляції. Особливе значення має рівень турбулентного обміну, який характеризується коефіцієнтом турбулентності. Складові теплового балансу і коефіцієнт турбулентності істотно залежать від умов погоди і можуть помітно відхилятися від своїх середніх значень.

Загалом вирішення проблем теплового забруднення у міських селітебних територіях потребує застосування цілого комплексу означених методів, але з продуманим обґрунтуванням і врахуванням місцевих особливостей.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, проаналізувавши ретроспективні дослідження особливостей розподілу температурних полів у селітебних зонах міст і сучасний потенціал дослідження даної проблеми з використанням новітніх інформаційних технологій, можна зробити наступні висновки:

- так звані «острови тепла» над населеними пунктами мають чітко виражену добову, сезонну та річну динаміку, яка визначається комплексом чинників антропогенного і природного характеру. Річний максимум їх прояву припадає на холодний період року, в добовій динаміці мінімуми та максимуми чітко пов'язані з ритмом життя великого міста, інтенсивністю транспортних потоків і виробничою діяльністю містян;

- утворення «островів тепла» над містами має як негативні, так і позитивні соціально-економічні та екологічні наслідки. Проте з точки зору формування екологічно безпечного та антропокомфортного середовища доцільним є пошук засобів зменшення температурних контрастів між селітебними зонами і територіями з природними ландшафтами;

- до основних перспективних методів зменшення температурних контрастів у системі міських «островів тепла» слід віднести: горизонтальне і вертикальне озеленення житлових мікрорайонів та промислових зон; перерозподіл транспортних потоків у населених пунктах та створення мінізон, вільних від автотранспорту; зміна властивостей діяльної поверхні для збільшення її альбедо; теплоізоляція приміщень та споруд.

Література

- 1 Артамонов Б. Б. Аналіз впливу мікрокліматичних зон на процеси кліматоутворення у містах в умовах глобальної зміни клімату. Науковий вісник НЛТУ України, 23, 2013. С. 133–137. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlut_2013_23.
- 2 Иванов С. В., Драничер О. Р. "Роль альбедо в формировании городского острова тепла." Вісник Одеського державного екологічного університету 15 (2013): 79-88.
- 3 Кондратьев К. Я. Основные факторы формирования острова тепла в большом городе / К. Я. Кондратьев, Л. Т. Матвеев // Доклады РАН. – 1999. – Т. 367, № 2. – С. 253-256.
- 4 Попов О. О. Математичне моделювання розповсюдження техногенного забруднення від підприємств паливної енергетики / О. О. Попов. // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.Пухова НАН України. – К.: ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України, 2009. – Вип. 51. – С. 73-84.)
- 5 Станкевич С. А., Филиппович В. Е., Лубский Н. С., Крылова А. Б., Крицук С. Г., Бровкина О. В., Горный В. И., Тронин А. А.. Интеркалибрация методов восстановления термодинамической температуры поверхности урбанизированной территории по материалам тепловой космической съёмки. Український журнал дистанційного зондування Землі, № 7, 215. С.12–21.
- 6 Філіпович В. Є., Крилова Г. Б. Дослідження теплового поля м. Києва за даними космічного зондування в ІЧ-діапазоні як складової аналізу екологічного стану урбанізованої території. Збірник наукових праць 13 Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях», Київ, 2014. С.16–28. http://itgip.org/wp-content/uploads/2013/11/Book_small.pdf

- 7 Энергетические аспекты защиты окружающей среды от теплового и химического загрязнения / С. С. Кутателадзе, В. Н. Москвичёва, Б. И. Псахис и др. – Новосибирск: Ин-т теплофизики СО АН СССР, 1978. – 40 с.
- 8 Art. H. Rosenfeld, H.Akbari, S.Bretz, D. Sailor, H. Taha. Mitigation of Urban Heat Islands: Materials, Utility Programs, Updates / Journal of Energy Efficiency, Vol. 1, No. 1, 1993. P. 1-20.
- 9 Böhm R. Urban bias in temperature time series: a case study for the city of Vienna, Austria / R. Böhm // Climatic Change. – 1998. – Vol. 38. – P. 113–128.
- 10 Chen X.-L. et al. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes/ Remote Sensing of Environment 104 (2006). P 133 – 146.
- 11 Formation and transport of secondary air pollutants: ozone and aerosols in the St. Louis urban plume / WH White, JA Anderson, DL Blumenthal, RB Husar, NV Gillani, JD Husar, WE Wilson Jr // Science 08 Oct 1976: Vol. 194, Issue 4261, pp. 187-189. DOI: 10.1126/science.959846
- 12 Georgi, N., Tzesouri, A. Monitoring Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces for Bioclimatic Conditions Environment. 1st WSEAS International Conference on landscape architecture, Algarve, Portugal, (2008). 98–103. <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2008/algarve/LA/13-588-398.pdf>
- 13 Holmer B., S. Thorsson, I. Eliasson. Cooling rates, sky view factors and the development of intra-urban air temperature difference / Geografiska Annaler. Series A. Physical Geography. December 2007. P. 237-248
- 14 Hosler C.L. and H.E. Landsberg, The effect of localized man-made heat and moisture sources in mesoscale weather modification, Energy and Climate, National Academy of Sciences, Washington, DC, 1977
- 15 Ichinose T., K. Shimodozono, K. Hanaki. Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo / Atmospheric Environment 33 (1999). P. 3897-3909.]
- 16 Landsberg, H.E. The Urban Climate / Academic Press, 28.08.1981. – P 275.
- 17 Niemi R., J. Mikkola, P.D. Lund. Urban energy systems with smart multi-carrier energy networks and renewable energy generation / Renewable Energy 48 (2012) 524e536.
- 18 Oke T.R. The energetic basis of the urban heat island / Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 108 (455), 1-24
- 19 OSIRIS: a physically based simulation tool to improve training in thermal infrared remote sensing over urban areas at high spatial resolution / T. Poglio, S. Mathieu-Marni, T. Ranchin, E. Savaria, L. Wald. // Remote Sensing of Environment, Elsevier, 2006, 104, pp.238-246
- 20 Perini, K. , Ottelé, M. , Haas, E. and Raiteri, R. (2011) Greening the building envelope, facade greening and living wall systems. Open Journal of Ecology, 1, 1-8. doi: 10.4236/oje.2011.11001.
- 21 Taha H. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat / Energy and Buildings 25 (1997) 99-103
- 22 Voogt J, T.R. Oke. Thermal remote sensing of urban climates / Remote Sensing of Environment 86 (2003) 370–384
- 23 World total energy consumption / Global Energy Statistical Yearbook 2016. – Online: <https://yearbook.enerdata.net>.

© М. А. Федонюк,
В. В. Федонюк

УДК 504.6:534.322.3

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

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

В статті викладені основні напрямки забезпечення сталого розвитку Івано-Франківська на основі визначення акустично комфортного середовища проживання мешканців міста. Наведені результати досліджень території міста Івано-Франківська за факторами шумового забруднення. Проаналізований шумовий режим у зелених зонах міста. За результатами вимірювань встановлені основні джерела шумового забруднення урбосистеми Івано-

- 7 Энергетические аспекты защиты окружающей среды от теплового и химического загрязнения / С. С. Кутателадзе, В. Н. Москвичёва, Б. И. Псахис и др. – Новосибирск: Ин-т теплофизики СО АН СССР, 1978. – 40 с.
- 8 Art. H. Rosenfeld, H.Akbari, S.Bretz, D. Sailor, H. Taha. Mitigation of Urban Heat Islands: Materials, Utility Programs, Updates / Journal of Energy Efficiency, Vol. 1, No. 1, 1993. P. 1-20.
- 9 Böhm R. Urban bias in temperature time series: a case study for the city of Vienna, Austria / R. Böhm // Climatic Change. – 1998. – Vol. 38. – P. 113–128.
- 10 Chen X.-L. et al. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes/ Remote Sensing of Environment 104 (2006). P 133 – 146.
- 11 Formation and transport of secondary air pollutants: ozone and aerosols in the St. Louis urban plume / WH White, JA Anderson, DL Blumenthal, RB Husar, NV Gillani, JD Husar, WE Wilson Jr // Science 08 Oct 1976: Vol. 194, Issue 4261, pp. 187-189. DOI: 10.1126/science.959846
- 12 Georgi, N., Tzesouri, A. Monitoring Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces for Bioclimatic Conditions Environment. 1st WSEAS International Conference on landscape architecture, Algarve, Portugal, (2008). 98–103. <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2008/algarve/LA/13-588-398.pdf>
- 13 Holmer B., S. Thorsson, I. Eliasson. Cooling rates, sky view factors and the development of intra-urban air temperature difference / Geografiska Annaler. Series A. Physical Geography. December 2007. P. 237-248
- 14 Hosler C.L. and H.E. Landsberg, The effect of localized man-made heat and moisture sources in mesoscale weather modification, Energy and Climate, National Academy of Sciences, Washington, DC, 1977
- 15 Ichinose T., K. Shimodozono, K. Hanaki. Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo / Atmospheric Environment 33 (1999). P. 3897-3909.]
- 16 Landsberg, H.E. The Urban Climate / Academic Press, 28.08.1981. – P 275.
- 17 Niemi R., J. Mikkola, P.D. Lund. Urban energy systems with smart multi-carrier energy networks and renewable energy generation / Renewable Energy 48 (2012) 524e536.
- 18 Oke T.R. The energetic basis of the urban heat island / Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 108 (455), 1-24
- 19 OSIRIS: a physically based simulation tool to improve training in thermal infrared remote sensing over urban areas at high spatial resolution / T. Poglio, S. Mathieu-Marni, T. Ranchin, E. Savaria, L. Wald. // Remote Sensing of Environment, Elsevier, 2006, 104, pp.238-246
- 20 Perini, K. , Ottel  , M. , Haas, E. and Raiteri, R. (2011) Greening the building envelope, facade greening and living wall systems. Open Journal of Ecology, 1, 1-8. doi: 10.4236/oje.2011.11001.
- 21 Taha H. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat / Energy and Buildings 25 (1997) 99-103
- 22 Voogt J, T.R. Oke. Thermal remote sensing of urban climates / Remote Sensing of Environment 86 (2003) 370–384
- 23 World total energy consumption / Global Energy Statistical Yearbook 2016. – Online: <https://yearbook.enerdata.net>.

© М. А. Федонюк,
В. В. Федонюк

УДК 504.6:534.322.3

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

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

В статті викладені основні напрямки забезпечення сталого розвитку Івано-Франківська на основі визначення акустично комфортного середовища проживання мешканців міста. Наведені результати досліджень території міста Івано-Франківська за факторами шумового забруднення. Проаналізований шумовий режим у зелених зонах міста. За результатами вимірювань встановлені основні джерела шумового забруднення урбосистеми Івано-

Франківська. Запропоновані захисні заходи та технічні рішення для зменшення акустичного забруднення, визначені перспективи досліджень в якості побудови карти шуму міста.

Ключові слова: шумове навантаження, акустичне забруднення, джерела шуму, екологічна безпека, сталий розвиток, зелені насадження, транспортні потоки, карта шуму.

В статье изложены основные направления обеспечения устойчивого развития Ивано-Франковска на основе определения акустически комфортной среды проживания для населения города. Приведены результаты исследований территории города Ивано-Франковска за факторами шумового загрязнения. Проанализирован шумовой режим в зеленых зонах города. За результатами исследований установлены основные источники шумового загрязнения урбосистемы Ивано-Франковска. Предложены защитные мероприятия и технические решения для уменьшения акустического загрязнения, определены перспективы исследований в качестве построения карты шума города.

Ключевые слова: шумовая нагрузка, акустическое загрязнение, источники шума, экологическая безопасность, устойчивое развитие, зеленые насаждения, транспортные потоки, карта шума.

The article outlines the main directions for ensuring the sustainable development of Ivano-Frankivsk based on the definition of an acoustically comfortable living environment for the city's population. The results of investigations of the territory of the city of Ivano-Frankivsk for the factors of noise pollution are presented. The noise regime in the green zones of the city is analyzed. The main sources of noise pollution of the Ivano-Frankivsk urban system are established behind the research results. Proposed protective measures and technical solutions to reduce acoustic pollution, identified research prospects as a map of noise by city.

Key words: noise load, acoustic pollution, noise sources, ecological safety, sustainable development, green plantations, traffic flows, noise map.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Контроль у сфері охорони довкілля, забезпечення принципів екологічної безпеки, а також класифікація та зонування міст (територій) за факторами екологічного ризику із створенням картографічного матеріалу, а також баз даних із повною екологічною інформацією є основою регіональної екологічної політики, основні положення якої прописані в [1] до 2020 року. Окрім того, екологічна політика регіону чи міста у своїй основі передбачає сталий розвиток, що підтверджено у Концепції сталого розвитку населених пунктів до 2020 року [2], де основними напрямками державної політики у цій сфері зазначено узгодженість екологічних аспектів розвитку населених пунктів, формування повноцінного життєвого середовища, створення безпечних для життя та здоров'я мешканців умов проживання, проведення наукових досліджень щодо вирішення екологічних проблем. Для врахування зазначених аспектів необхідно проаналізувати чинники, які формують стан екологічної безпеки міста. Одним з таких чинників, що мають потужний фізичний вплив на населення є акустичне забруднення.

Одним з напрямків забезпечення сталого розвитку Івано-Франківська є розв'язання інженерно-практичного завдання, щодо визначення акустично комфортного середовища проживання мешканців міста та зменшення шумового забруднення на його території.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження шумового забруднення викладено у працях іноземних фахівців J. Bond, M. Walker, J. Fletcher, В. Г. Артамонова, С. Н. Романова, О. І. Павлової, В. П. Подольського; вітчизняні дослідники А. Н. Марзєєв, В. С. Дідковський, В. Е. Абракітов, Л. М. Перович, П. Н. Саньков, Л. В. Кучеренко, О. А. Сакун, В. В. Нікіфоров, Н. О. Ткач.

Дослідження шумового впливу в умовах міста були присвячені роботи доктора Фабіана Руккі, який склав план боротьби з шумом в м.Нью-Йорку. Вітторіо Веронезе висловлював думку про те, що вуличний шум, криклива реклама мають травматичний вплив на психіку підлітків.

За даними [3], в колишньому ДБІ зараз Придніпровська академія будівництва та архітектури, ще за радянського часу були напрацювання щодо створення карт шуму великих міст СРСР, до переліку внесений також Івано-Франківськ. За період Незалежної України дослідження акустичного навантаження, які проводились на території міста Івано-Франківська у 90-х роках, викладені у монографії під ред. проф. О. М. Адаменка «Екологія міста Івано-Франківська» [4]. Проте, на даний час, дані є застарілими, а інфраструктура міста змінена.

Мета дослідження. Вимірювання шумового забруднення та його режиму в межах Івано-Франківська, було метою наукового дослідження. Особлива увага приділялась встановленню основних джерел впливу, інтенсивності шумового навантаження вздовж автомобільних шляхів та біля житлових будинків, які знаходяться вздовж доріг, зупинкам громадського транспорту.

Одним із завдань дослідження були натурні спостереження для встановлення кількості зелених зон міста, а також визначення шумового навантаження в таких зонах. Зокрема, увага приділялась зонам розташованим поблизу магістральних доріг Івано-Франківська.

Необхідно було також виділити окремі зони (вулиці) в межах міста, що мають найбільший акустичний дискомфорт. Таким чином, за аналізом проведених досліджень, можна встановити сприятливі зони для комфортного та безпечного проживання в урбосистемі Івано-Франківська за факторами шуму.

Виклад основного матеріалу. За останні 30 років спостерігається збільшення шумового навантаження на 12-15 дБА у всіх великих мегаполісах світу, суб'єктивна гучність виросла в 3-4 рази. У сучасних містах, зі значним рухом транспорту, рівень шуму наближений до небезпечної межі 80 дБА [5].

Особливо вражає вплив шумового забруднення на жителів міст. Експерти вважають, що у великих містах шум скорочує тривалість життя людини на 8-12 років [6]. Якщо на 100 тис. сільських мешканців припадає 20-30 тих, хто погано чує, то в містах ця цифра збільшується у 5 разів. Якщо рівень шуму постійно перевищує 85 дБА, то у людини знижується слух з 30 років, в той час як природнім вважають такий процес у віці після 70 років [6].

Шумове навантаження – це величезний стресогенний фактор, який спричинює патології пов'язані із ураженням слуху, центральної нервової та серцево-судинної систем. Таке навантаження знижує продуктивність праці на 15-20%, суттєво підвищує ріст захворюваності, сприяє надходженню в кров великої кількості гормонів, зокрема, адреналіну, внаслідок чого виникає відчуття небезпеки, страху. Встановлено, що майже у всіх системах і органах виникають зміни у відповідь на акустичний подразник. Ступінь вираженості впливу залежить від рівня звуку, розподілу його по частотах, часу дії та індивідуальних особливостей організму. Під впливом шуму погіршується сон та сприйнятливості до навчання [7]. Інтенсивний шум знижує увагу людини, збільшує кількість помилок при виконанні робіт, пов'язаних із використанням інформації, управління механічними системами чи засобами. У біологічному аспекті велике шумове навантаження може спричинити деструктивні процеси в органах і тканинах людини: викликає зміни пульсу, дихання, спричинює порушення обміну речовин, гіпертонічні кризи, серцево-судинні захворювання [7]. Особливо важко переносяться раптові різкі високочастотні звуки.

На сьогоднішній день, розвиток великих та середніх міст України, йде в напрямку значного порушення містобудівної діяльності, невизначеності загальнодержавних стратегій щодо населених пунктів, складних соціально-економічних умов проживання в містах. Водночас, спостерігається тенденція до збільшення територіальної площі міст, нераціонального використання земель, що відведені під об'єкти транспортної інфраструктури. Через погіршення стану компонентів довкілля під загрозою є екологічна безпека міських агломерацій. Тенденція розвитку Івано-Франківська відображається тим,

що надмірно збільшується концентрація та щільність проживання населення у місті, а відповідно і збільшення кількості автомобільного транспорту. За даними Головного управління статистики в Івано-Франківській області [8], чисельність населення в м. Івано-Франківську станом на 1 січня 2017 року становила 251760 осіб, щільність населення - 3004,9 на 1 км², тобто за цими показниками місто належить до середніх.

Загальносвітова тенденція до збільшення урбанізації веде за собою і збільшення акустичного навантаження. Згідно даних [3] парк автомобільного транспорту в Україні виріс у кілька разів, збільшуються обсяги перевезення. Загальновідомо, що автотранспорт є одним з найпотужніших джерел шумового впливу на магістральних вулицях міста. В умовах урбосистеми Івано-Франківська забезпечення акустичного комфорту є одним із чинників, що формують екологічну безпеку території, впродовж 24-годинного добового циклу, адже мова йде не лише про шумове навантаження в умовах праці чи навчання, а також під час відпочинку та сну. По суті, визначення рівня акустичного навантаження та пропозиції щодо прогнозу та контролю шумового впливу зможе гарантувати мешканцям міста екологічно комфортні умови проживання.

До джерел шуму техногенного (штучного) походження у населених пунктах належать: транспорт, промислові підприємства, комунальні об'єкти (котельні, трансформаторні, компресорні станції тощо). До джерел біогенного (антропогенного) походження належить шум створюваний на стадіонах, базарах, майданах для мітингів, танцмайданчиках, ринках тощо. У міському середовищі основними джерелами шумового забруднення є не лише шум вуличного руху, але й побутовий шум. Понад 25% жителів міст підпадають під вплив наднормативного шумового забруднення в приміщеннях, внаслідок використання в будівництві недосконалих матеріалів і конструкцій (панелі).

За результатами проведених вимірювань еквівалентного рівня звуку $L_{екв}$ на території міста Івано-Франківська, встановлені такі основні джерел акустичного навантаження: автотранспорт, особливо збільшені його потоки на основних магістралях міста, електричний транспорт, який використовується в мережі громадських перевезень, залізничний та авіатранспорт, зонально, в межах територій та об'єктів прибуття-вибуття, масові скупчення людей в межах ринків, супермаркетів, під час проведення масових заходів культурного чи спортивного спрямування. У промислових зонах міста перевищень акустичного навантаження по еквівалентному рівню звуку не виявлено, тому промислові об'єкти не можемо віднести до основних джерел шумового забруднення в межах урбосистеми Івано-Франківська.

Нетиповим джерелом шуму для міської території визначені зупинки громадського транспорту, де розташовані аудіо-бокси «Вуличного радіо». На території України є лише 4 обласні центри, в яких працюють ці об'єкти – це Хмельницький, Тернопіль, Чернівці та Івано-Франківськ. Автором було опрацьовано 12 точок, заміри здійснювались в період доби, коли руху транспорту практично не було (11:00-12:00), щоб визначити, яке навантаження здійснюють безпосередньо аудіо-бокси, і у «годину пік» (8:00-10:00), коли транспортне навантаження збільшується, скупчується значна кількість маршрутних автобусів. Основні результати досліджень наведені в [9].

Вимірювання еквівалентного та максимального рівня звуку проводились за допомогою мультифункціонального приладу FLUSET–965, що фіксує шумові впливи в частотному діапазоні 31.5 Гц до 8 КГц, похибка вимірювання $\pm 1,5$ дБА. Прилад містить акустичний фільтр А, що дозволяє зразу знімати з табло показники еквівалентного рівня звуку, які вловлюються в діапазоні від 30 до 130 дБА. Вимірювання проводились за стандартною методикою, прилад використовується в наукових дослідженнях кафедрою безпеки життєдіяльності та кафедрою екології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

На першому етапі досліджень було визначено 63 точки, які розташовані на території міста Івано-Франківська та відповідали точкам, які описані в дослідженнях [4],

для того щоб перевірити зміни в динаміці акустичного навантаження. Згодом до цієї основи додали вимірювання в точках розташованих по профілях основних автомагістралей. Увага приділялась основним вулицям міста – Незалежності, Галицька, І. Мазепи, В. Чорновола, Є. Коновальця, а також міським вулицям, що надмірно перевантажені транспортними потоками, зокрема: сестер Василянок, Вовчинецька, Привокзальна, Новгородська, П. Тичини, Довга (рис.1).

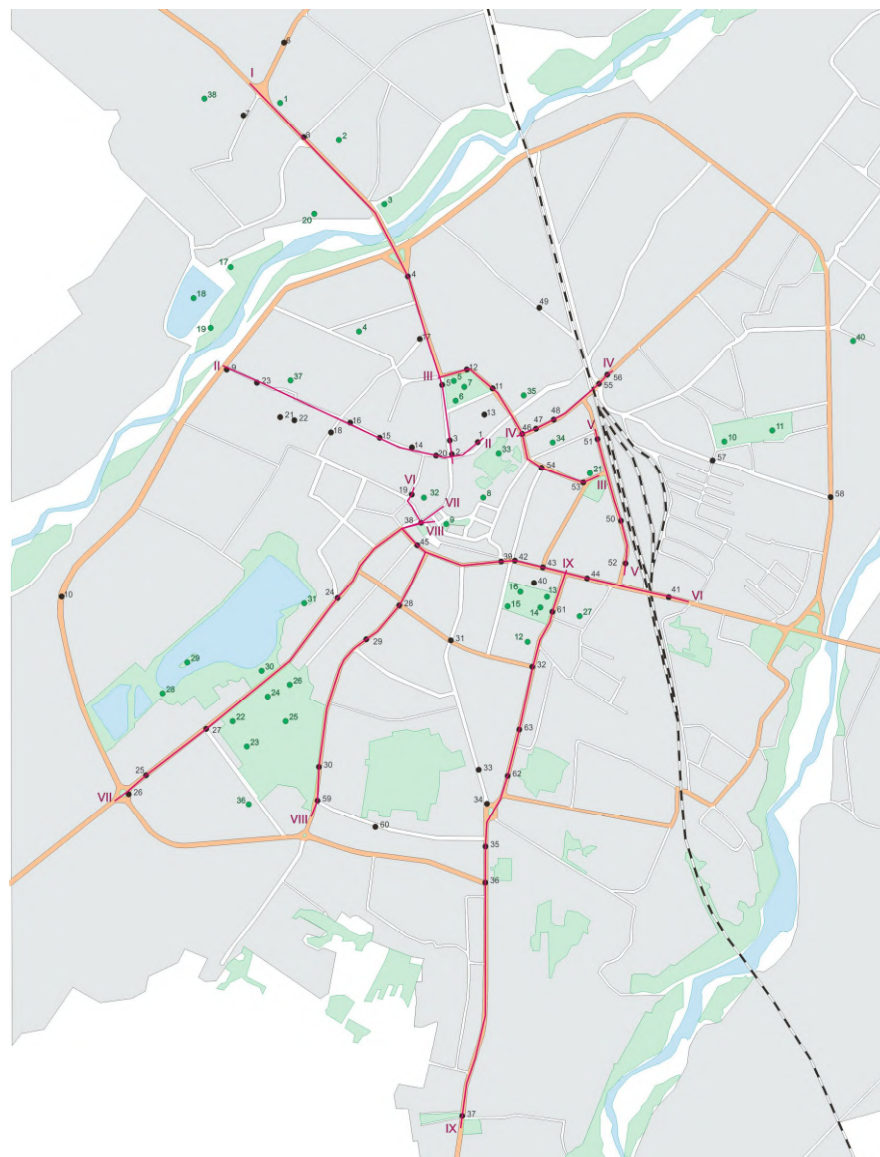


Рис.1. Схема розташування точок замірів шумового навантаження вздовж магістральних вулиць міста та у зелених зонах м.Івано-Франківська (І-ий та ІІ-ий етап дослідження)

На другому етапі досліджень, для встановлення фактору зменшення еквівалентного рівня звуку $L_{екв}$ від зелених насаджень додатково були проведені вимірювання у зелених зонах міста. Перед цим, в результаті натурних спостережень встановлено 14 основних зелених зон міста Івано-Франківська, в яких переважають такі насадження, як дуб, клен, каштан, липа, а також хвойні (сосна, ялина). До переліку зелених зон належать: парк ім. Воїнів Інтернаціоналістів (вул. Сестер Василянок та Галицька), Сквер ім. Квітки Цісик (вул. Галицька), зелена зона вздовж р. Бистриці Солотвинської (вул. Набережна ім. В. Стефаника), сквер ім. А. Міцкевича, парк «Між Липами» (вул. Паркова), Меморіальний сквер (вул. С. Бандери), озеленена частина міста «Німецьке озеро» (вул. Пасічна), сквер «Пасічанський первоцвіт» (вул. Луначарського),

сквер на Привокзальній площі, Парк культури та відпочинку ім. Т. Шевченка (вул. В. Чорновола, Т. Шевченка, Гетьмана І. Мазепи), міське озеро (вул. Гетьмана І. Мазепи), сквер «Вали» (вул. Валова та 2000-річчя Різдва Христового), сквер поблизу корпусів ІФНТУНГ (вул. Карпатська), зелена зона навколо Української гімназії №1 (вул. Калуське шосе та Горбачевського)

На схемі (див. рис. 1) червоними профілями відмічені вулиці, що піддаються найбільшому акустичному навантаженню, чорним кольором відображені точки замірів, зеленим - вимірювання шумового забруднення в зелених зонах міста.

Для об'єктивності визначення змін шумового рівня поблизу житлової забудови, вимірювання виконувались в кожній точці біля дороги та паралельно біля найближчого житлового будинку. Щоб простежити динаміку сезонності шумового навантаження, на визначених точках, заміри проводились в літній та осінньо-зимовий періоди. Основні результати досліджень наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати замірів еквівалентного рівня звуку $L_{екв}$, дБА, в осінньо-зимовий та літній періоди на основних магістралях міста Івано-Франківська

№	Вулиця	Літній період		Осінній період	
		в точці $L_{екв}$, дБА	біля найближ чого будинку $L_{екв}$, дБА	в точці $L_{екв}$, дБА	біля найближчог о будинку $L_{екв}$, дБА
1	2	3	4	5	6
1	Дністровська, 5, Центральний Ринок	68	60	73	68
2	Дністровська, 3, ТЦ «Прикарпаття»	70	68	71	68
3	Галицька, 22	62	60	69	62
4	Галицька, 64	73	69	80	71
5	Галицька, 65	73	64	78	66
6	Галицька, 142	78	71	82	77
7	Горбачевського, 14, Автостанція №2	81	68	84	69
8	Галицька/Тролейбусна*	81	71	81	74
9	Набережна ім.В.Стефаника, 32	78	66	71	68
10	Набережна ім.В.Стефаника, 111	75	64	90	69
11	Василянок, 42	67	59	70	65
12	Василянок, 64, Духовна семінарія ім. Св. Св'ящ. Йосафата	76	67	80	72
13	Воїнів-інтернаціоналістів, 49	74	73	64	57
14	Тичини, 10, Міська дитяча поліклініка	69	64	72	69
15	Тичини, «П'яний базар»	62	62	66	63
16	Тичини, 67	72	65	76	65
17	Довга, 5	73	67	86	72
18	Довга, 90	62	60	76	72
19	Новгородська, 4	63	61	69	61
20	Новгородська, 30	64	61	71	67
21	Млинарська, 21, Психіатрична Клінічна Лікарня №1	65	62	73	54
22	Млинарська, 22, Друкарня повного цикл	62	60	67	49
23	Млинарська, 28а	64	62	72	64
24	Гетьмана Мазепи, 74, ТЦ «Флагман»	76	70	76	69

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6
25	Гетьмана Мазепи, 168, ТЦ "Сільпо"	75	68	74	65
26	Гетьмана Мазепи, 181, УМВС	68	64	71	67
27	Дорошенка, 3	71	70	69	67
28	Чорновола, 51, Пологовий будинок	68	70	73	64
29	Чорновола, 72, ПНУ ім. В. Стефаника	67	67	77	73
30	Чорновола, Стадіон «Рух»	84	67	75	67
31	Коновальця/Сахарова*	89	89	76	69
32	Сахарова, 34а	70	74	74	64
33	Коновальця, 132, Дитяча Обласна лікарня	73	72	75	69
34	Європейська площа	89	87	91	88
35	Коновальця, 221, ТЦ "Велмарт"	84	83	74	71
36	Коновальця, 225, АЗС	85	86	79	70
37	Коновальця, Аеропорт	108 (під час посадки літака)		59 (повна відсутність авіаційного руху)	
38	Незалежності, Вічевий майдан	65	63	77	66
39	Незалежності, 34а	85	76	73	72
40	Незалежності, 40, гот. "Надія"	71	72	77	67
41	Незалежності, 181, Церква Царя Христа	70	69	82	76
42	Незалежності, 53	75	71	73	70
43	Незалежності, 81, "Вопак"	87	85	80	75
44	Незалежності, 97, Кінотеатр "Космос"	71	67	85	70
45	Січових Стрільців, 12, гот. "Дністер"	82	72	85	81
46	Вовчинецька, 1	71	64	80	69
47	Вовчинецька, 9	73	69	109	81
48	Вовчинецька, 18	70	67	74	65
49	Промислова, 29	60	70	70	69
50	Привокзальна, 1	73	72	82	76
51	Привокзальна, 9, маг. "Вопак"	73	71	72	64
52	Привокзальна, 30, АС №1	80	76	77	72
53	Гаркуші/Лепкого*	74	71	87	72
54	Гаркуші, 7	73	69	80	70
55	Сагайдачного/Вовчинецька*	78	74	79	73
56	Сагайдачного, 78	79	77	82	67
57	Хоткевича, 22, АвтоСервісний центр	70	67	73	69
58	Хоткевича, 54	68	65	75	71
59	Сорохтея, 3	87	87	82	79
60	Гвардійська, 2	70	70	66	63
61	Бандери, Меморіальний парк	82	78	80	72
62	Бандери, 79	85	83	86	79
63	Розумовського, 19	81	80	84	78

* - перехрестя вулиць

За результатами досліджень встановлено, що на території міста максимальні показники рівня звуку (дБА) спостерігались на вулицях: С. Бандери, Сагайдачного, Привокзальна площа, Розумовського, Сорохтея, Гаркуші, Незалежності, Січових Стрільців, Вовчинецька, Є.Коновальця, Європейська. площа, В. Чорновола, Галицька,

Горбачевського. На зазначених вулицях показник еквівалентного рівня звуку перевищував 80 дБА, при максимально-допустимому рівні 70 дБА, еквівалентний рівень звуку не повинен перевищувати 55 дБА [10]. Більш безпечними вулицями міста з точки зору акустичного комфорту вважаємо вулиці: Тичини, Новгородська, Довга, Млинарська, Лермонтова, Тарнавського, Хоткевича, Гвардійська, Грушевського, Південний бульвар ім. О. Пушкіна, де показники еквівалентного рівня звуку були зафіксовані в межах 45-60 дБА.

На третьому етапі досліджень також були побудовані профілі розповсюдження акустичного навантаження вздовж магістральних вулиць міста Івано-Франківська, із зображенням кривої, яка відповідає еквівалентному рівню звуку зафіксованому у зелених зонах розташованих поруч доріг. Профілі будувались за таким напрямками:

- Профіль 1 «Пасічна–Центр–вул. Галицька»;
- Профіль 2 «ІФНТУНГ–Центр, вул. Флотська–Зв'язкова–Тичини–Новгородська–Галицька–Дністровська»;
- Профіль 3 «вул. Василянок–Гаркуші»;
- Профіль 4 «вул. Вовчинецька–Сагайдачного»;
- Профіль 5 «вул. Привокзальна»;
- Профіль 6 «вул. Вічевий майдан–Січових Стрільців–Незалежності»;
- Профіль 7 «вул. Вічевий майдан–Гетьмана Мазепи»;
- Профіль 8 «вул. Вічевий майдан–Чорновола»;
- Профіль 9 «вул. Незалежності–С.Бандери–Є.Коновальця–Аеропорт».

Найбільш показові профілі 1, 3, 7 зображені на рис.2, рис.3, та рис.4 відповідно.

На кривих чітко видно зменшення акустичного навантаження в зелених зонах міста, які розташовані поблизу автомобільних доріг з великою пропускнуою здатністю. Так як показники еквівалентного рівня звуку були зафіксовані в діапазоні вище 60 дБА майже на всіх точках вимірювань, то орієнтир граничнодопустимого рівня був обраний як максимально допустимий в межах селітебних територій 70 дБА, згідно ДБН 360-92**Містобудування [10].

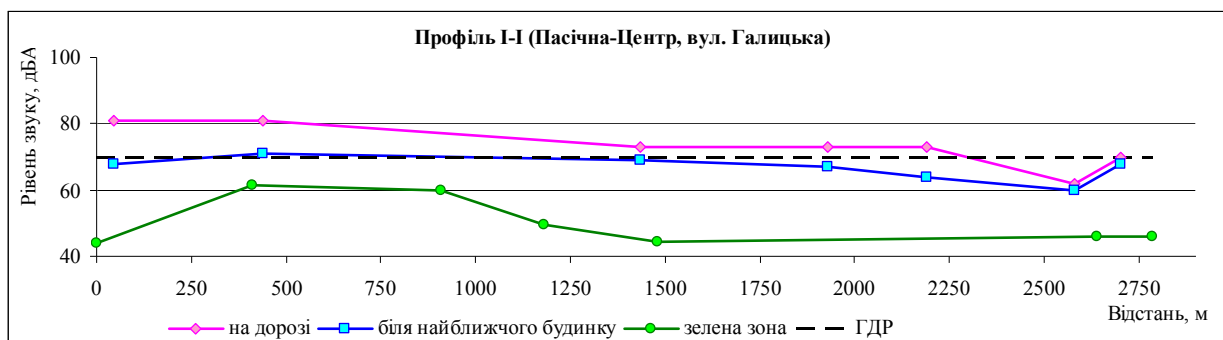


Рис. 2. Динаміка еквівалентного рівня звуку вздовж профілю Профіль 3 «вул. Василянок-Гаркуші» (поруч зелена зона Парк ім.Воїнів Інтернаціоналістів)

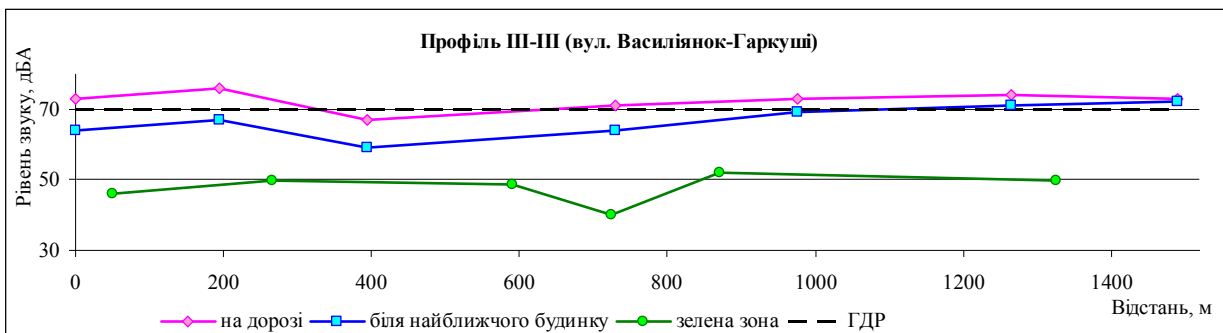


Рис. 3. Динаміка еквівалентного рівня звуку вздовж профілю 1 «Пасічна–Центр–вул. Галицька» (поруч зелена зона Парк ім.Воїнів Інтернаціоналістів та сквер на площі Привокзальній)

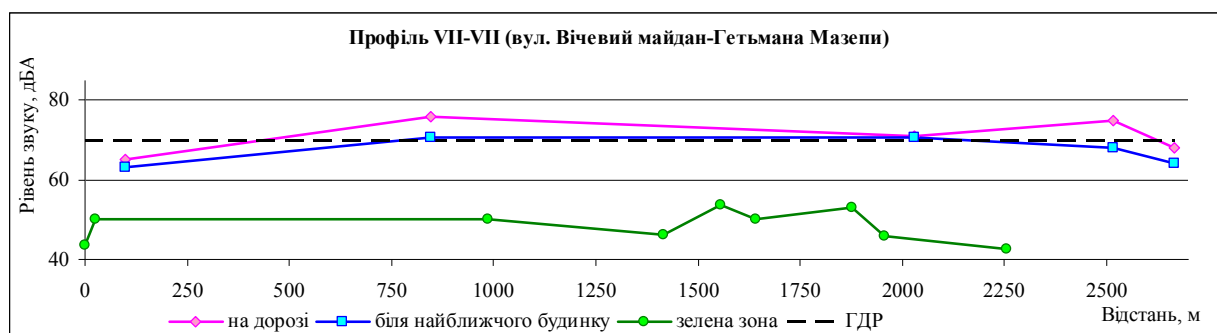


Рис. 4. Динаміка еквівалентного рівня звуку вздовж профілю 7 «вул. Вічевий майдан-Гетьмана Мазепи» (поруч зелена зона Парк культури та відпочинку ім. Т. Шевченка)

Здатність крон деревних рослин поглинати та розсіювати енергію звуку – дієвий засіб зменшення шуму. Встановлено, що листяні породи дерев поглинають 26% звукової енергії, відбивають і розсіюють – 74%. Шум на вулиці, забудованій високими будинками, без насаджень у 5 разів більший, ніж на вулиці, обсаджений деревами уздовж тротуарів. Обов'язковою умовою застосування зелених зон, в якості шумозахисних насаджень в міста є період вегетації, адже у осінньо-зимовий період, за відсутності листяного покриву, здатність зменшувати рівень звуку різко падає.

Спираючись на вищезазначені дослідження акустичного забруднення біля магістральних вулиць міста, було встановлено що у зелених зонах, які розташовані поблизу таких автошляхів еквівалентні рівні звуку мають також підвищені показники: сквер ім. Квітки Цісик - 65,5 дБА, сквер поблизу території ІФНТУНГ – 62,0 дБА, Парк культури і відпочинку ім. Т. Шевченка – 57,1 дБА, Меморіальний сквері – 56,0 дБА. Мінімальні значення були зафіксовані на території площі Міцкевича – 46,2 дБА, поруч Української гімназії №1 – 47,1 дБА, біля річки Бистриця-Солотвинська – 48,0 дБА. В інших точках вимірювання, рівень шуму варіюється від 52,5 дБА до 56,0 дБА. Всі значення не перевищують максимально допустимого рівня шуму на територіях сільбищних зон, які становлять 70 дБА (з 7 до 23 год) [3]. Також необхідно взяти до уваги, що вимірювання проводились в несприятливих погодних умовах, при відсутності великої кількості людей.

Четвертим етапом було вимірювання еквівалентного рівня звуку по всій територіальній забудові міської агломерації Івано-Франківська. Загалом заміряно 165 точок, які нанесені на рис. 5. Основою вимірювань на цьому етапі буде побудова карти шуму міста Івано-Франківська, із встановленням зон екологічного ризику для міського населення за фактором акустичного навантаження.

Результати проведених досліджень акустичного режиму урбосистеми Івано-Франківська дозволяють не лише проаналізувати існуючу ситуацію в місті, але й запропонувати ряд шумозахисних рішень та спрогнозувати зашумленість міської території.

Одним з проектних документів, що відображає шумовий режим території міста є карта шуму. Згідно Директиви 2002/49/ЄС [11] карта шуму є обов'язком документом, який повинен бути розроблений для урбанізованої території, як великих так і середніх міст. Карта шуму розроблена на існуючий період дозволить чітко визначити шумовий режим урбанізованої території чи житлової забудови, запропонувати технічні рішення із шумозахисту, визначити найбільші акустично комфортні зони проживання, оцінити ступінь екологічного ризику, якому піддаються мешканці у зонах шумового дискомфорту.

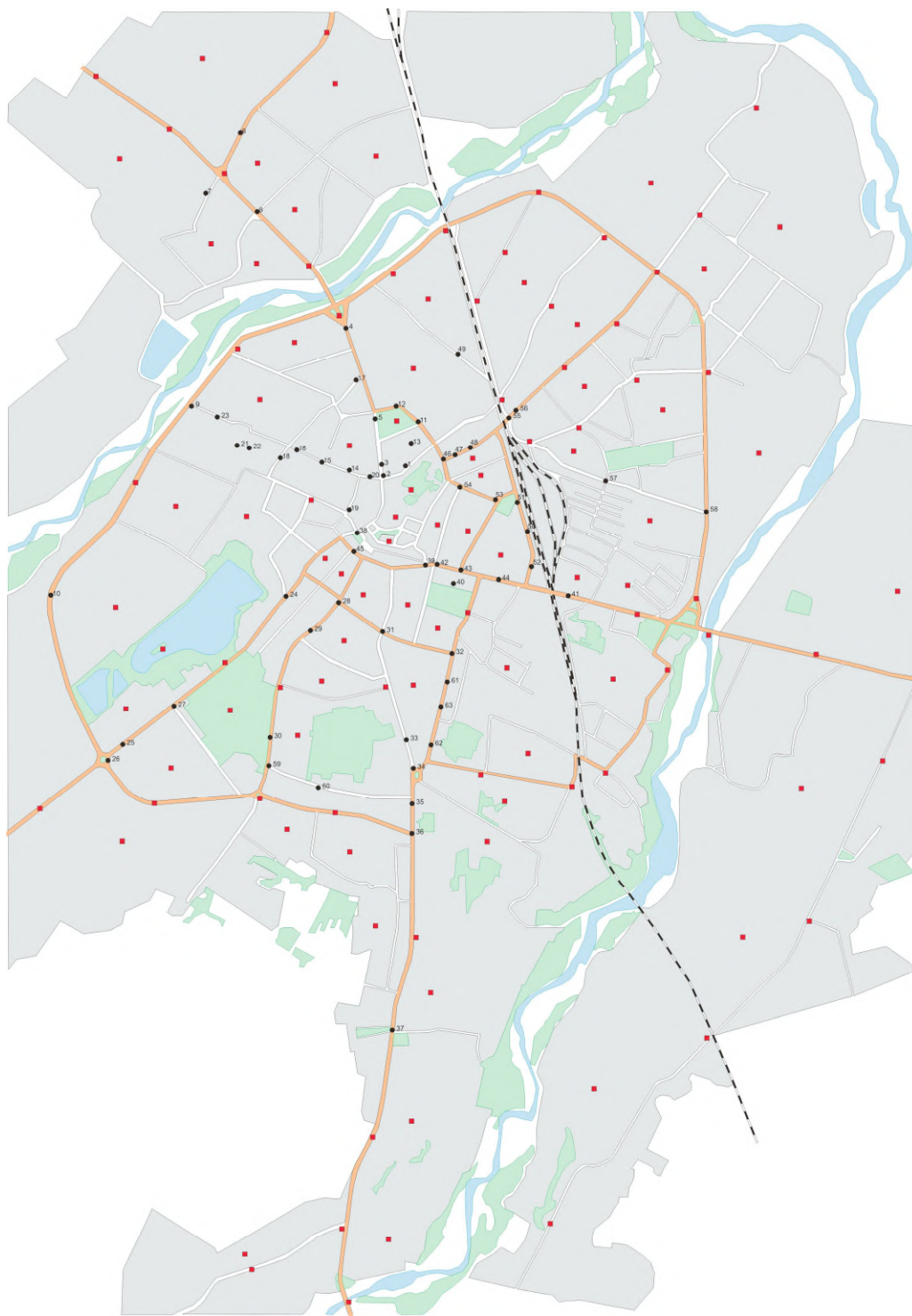


Рис.5 – Схема розташування точок вимірювання акустичного забруднення в межах територіальної забудови міської агломерації Івано-Франківська

Висновки. Дослідження акустичного навантаження на території урбосистеми Івано-Франківська проводилось за п'ятьма етапами. В результаті проведених досліджень:

1. Встановлено основні джерела акустичного навантаження в місті – це автотранспорт, особливо збільшені його потоки на основних магістралях міста, електричний транспорт, який використовується в мережі громадських перевезень, залізничний та авіатранспорт, зонально, в межах територій та об'єктів прибуття-вибуття, масові скупчення людей в межах ринків, супермаркетів, під час проведення масових заходів культурного чи спортивного спрямування. У промислових зонах міста перевищень акустичного навантаження по еквівалентному рівню звуку не виявлено, тому промислові

об'єкти не можемо віднести до основних джерел шумового забруднення в межах урбосистеми Івано-Франківська. Нетиповим джерелом шуму для міської території визначені зупинки громадського транспорту, де розташовані аудіо-бокси «Вуличного радіо». Відмову від використання на зупинках громадського транспорту міста «Вуличного радіо», що звуковим режимом порушує положення ДБН 360-92**[4] або обмеження тривалості трансляцій до 4 годин (з 11-13 год., 15-17 год) при умові дотримання вимог діючих нормативних документів вважаємо дієвим шумозахисним заходом.

2. Досліджено динаміку зміни шумового забруднення в порівнянні з попередніми вимірюваннями наведеним в [4] Основна увага приділена автомагістралям вул. Незалежності, Галицька, І. Мазепи, В. Чорновола, Є. Коновальця, а також міським вулицям, що надмірно перевантажені транспортними потоками, зокрема: сестер Василянок, Вовчинецька, Привокзальна, Новгородська, П. Тичини, Довга.

3. Встановлено, в результаті натурних спостережень, 14 основних зелених зон міста Івано-Франківська, в яких суттєво зменшується еквівалентний рівень звуку порівно із замірами вздовж доріг, які розташовані поруч. Таким чином вважаємо, що для зменшення екологічного ризику за фактором шуму для мешканців міста необхідне створення зелених шумозахисних зон для короткочасного відпочинку та забезпечення режиму «акустичного комфорту», враховуючи період вегетації рослинності згідно біоландшафтного районування.

4. Побудовані 9 профілів розповсюдження акустичного навантаження вздовж магістральних вулиць міста Івано-Франківська, із зображенням кривої, яка відповідає еквівалентному рівню звуку зафіксованому у зелених зонах розташованих поруч доріг. Показники еквівалентного рівня звуку на цих ділянках були зафіксовані в діапазоні вище 60 дБА майже на всіх точках вимірювань. Тому одним дієвими були б заходи спрямовані на облаштувати місця паркування автомобільного транспорту, якими перенасичена центральна частина міста, із використанням підземного простору чи багатоповерхових гаражів Використовувати підземний простір для облаштування пішохідних переходів, з метою оптимального налагодження руху транспортних потоків для зменшення акустичного навантаження.

5. Встановлено що у зелених зонах, які розташовані поблизу автошляхів відображених у профілях еквівалентні рівні звуку суттєво зменшуються, тому необхідна розробка місцевої програми щодо впровадження інженерних рішень для планування зелених шумозахисних зон. Застосування шумозахисних екранів в умовах міської забудови вважаємо сумнівним, через недостатню обґрунтованість, внаслідок зміни архітектурно-просторових рішень, кардинальної зміни естетичної якості довкілля. Можливе їх застосування лише в спальних мікрорайонах міста – «Пасічна», «Каскад», «БАМ», через які проходять магістралі на виїзд із міста та які піддаються впливу більшої кількості транспортних потоків.

6. Виміряно еквівалентний рівень звуку по всій територіальній забудові міської агломерації Івано-Франківська. Загалом це 165 точок, які стануть основою для побудова карти шуму міста Івано-Франківська, згідно Директиви 2002/49/ЄС [11], де чітко будуть визначені зони екологічного ризику за факторами акустичного навантаження на населення.

Література

1 Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 26, ст. 218.

2 Про Концепцію сталого розвитку населених пунктів: Постанова Верховної Ради України від 24.12.1999 року № 1359-XIV/ Верховна Рада України – офіційне видання – К.: Офіційний вісник України № 1 від 21.01.2011 р. - С. 26.

3 Захаров Ю.І. Акустична безпека – складова частина якості міського будівництва / Ю.І.Захаров, П.М.Саньков, В.Ю.Захаров, Н.О.Ткач// Проблеми розвитку міського середовища: Наук.-техн.збірник – К.: НАУ, 2010.- Вип.4.- 176 с. – С.28-35.

4 Екологія міста Івано-Франківська. Наукова монографія за редакцією проф. О.М.Адаменка, Івано-Франківськ. видавництво «СІВЕРСІЯ». 2002. – 120 с.

5 Зербино Д.Д. Экологическая патология: проблема превентивной медицины. Концепция первичной профилактики (шумове забруднення) //Мистецтво лікування. Журнал сучасного лікаря. — 2013. — №6. — С. 35-40.

6 Комунальна гігієна/ [Є.Г.Гончарук, В.Г.Бардов, С.І.Гаркавий, О.П.Яворовський та ін.]; за ред.. Є.Г.Гончарука.- К. Здоров'я, 2006. – 792 с.

7 Зарубін, Г. П. Окружающая среда и здоровье [Текст] / Г. П. Зарубин, Д. П. Никитин, Ю. В. Новиков. – М.: Знание, 1977. – С. 210.

8 Головне управління статистики Івано-Франківської області. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ifstat.gov.ua/>

9 Кундельська Т.В. Визначення акустичного навантаження в центральній частині м. Івано-Франківська на зупинках громадського транспорту /Т.В.Кундельська, В.М.Николин// Збірник матеріалів науково-практичної конференції «Екогеофорум-2017», - Івано-Франківськ, ІФНТУГ, 2017. – с.46-49.

10 Захист від шуму, вібрації, електричних та магнітних полів, випромінювань і опромінювань// ДБН 360-92**Містобудування. Планування і за будова міських і сільських поселень». «Допустимі рівні шуму на різних об'єктах, територіях різного господарського призначення»/Держкоммістобудування. – Зміна №4:ДБН 360-92.-[Чинний від 2011-10-01] – К., 2011. – Режим доступу: http://dbn.at.ua/load/normativy/dbn/dbn_360_92_ua/1-1-0-116.

11 Про оцінку впливу шуму на навколишнє середовище: Директива Європейського Парламенту та Ради № 2002/49/ЄС від 25 червня 2002 року // Official Journal - L. 189 – 18.07.2002. – р. 0001-0004.

© Т. В. Кундельська

ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ВИХОВАННЯ

УДК 528.94

*Р. Г. Пилип'юк, Т. Ю. Грицюк, Р. Р. Пилип'юк,
Л. І. Дорош, М. М. Іваночко, С. А. Телюк, І. Ю. Рабко
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОФОРІЄНТАЦІЙНОЇ РОБОТИ ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНОГО ІНСТИТУТУ

Кожного року ВНЗ стикаються з великою проблемою набору абітурієнтів на перший рік навчання, яка у свою чергу залежить від проведеної вузом профорієнтаційної роботи. У даній статті було досліджено ефективність і якість виконаної профорієнтаційної роботи Інженерно-екологічного інституту Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Після статистичного опрацювання даних абітурієнтів, найбільша кількість заяв надходила з Івано-Франківської області і прилеглих до неї областей, що є ознакою якісної профорієнтаційної роботи.

Ключові слова: профорієнтаційна робота, картосхеми, діаграми, абітурієнти

Ежегодно ВУЗ сталкиваются с проблемой набора абитуриентов на первый год обучения, что в свою очередь зависит от проводимой вузом профориентационной работы. В данной статье были исследованы эффективность и качество выполненной профориентационной работы Инженерно-экологического института Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа. После статистической обработки данных абитуриентов, наибольшее количество заявлений поступало из Ивано-Франковской области и прилегающих к ней областей, что является признаком качественной профориентационной работы.

Ключевые слова: профориентационная работа, картосхеми, диаграммы, абитуриенты.

Every year, universities face a big challenge of recruitment of applicants for the first year of study, which in turn depends on the ongoing university career guidance. This article has been studied the effectiveness and quality of career guidance and Environmental Engineering Institute of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. After statistical data processing of students lists, the largest number of applications came from applicants from Ivano-Frankivsk region and adjacent regions, which is a sign of qualitative career guidance.

Keywords: career guidance, map charts, charts, applicants

Постановка проблеми. У широкому розумінні освіта – це реалізована людиною здатність до вищої, творчої діяльності. Труднощі продуктивного використання аж ніяк не можуть відтіснити як малозначущі самі знання, процес їх створення. Офіційна статистика сьогодні немає адекватного критерію рівня освіти індивіда, а може характеризувати лише формальний її аспект – кількість тих, хто навчався протягом певного періоду часу (закінчив той чи інший навчальний заклад) [4].

Освітній комплекс (ОК) України розвивається під впливом технологічних, економічних і соціальних перетворень, які відбуваються в світовому освітньому просторі [2].

Складниками державних освітніх стандартів у переважній більшості країн є: державні стандарти початкової, базової, повної середньої та вищої освіти. Оскільки інтегральною характеристикою системи освіти є якість освіти, то передусім має зростати

роль якісних систем її вимірювання та моніторингу. Під системою моніторингу якості освіти розуміємо набір засобів збирання, обробки, аналізу, зберігання і поширення інформації про ОК та окремі його елементи. Ця система має бути орієнтована на інформаційне забезпечення управління структурою і якістю освіти, давати змогу аналізувати стан ОК в будь-який момент часу і забезпечувати можливість прогнозування освітнього комплексу. Для реалізації системи моніторингу освіти використовують карти території України, які дозволяють аналізувати компоненти ОК для Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ). Картографічні розробки територіальних проблем ОК України містять систему карт, яка охоплюватиме кілька напрямків, таких як: аналіз розміщення та розвитку навчальних закладів, характеристика зростання рівня освіти, ступеня сформованості освітнього комплексу залежно від потреб населення [1, 3].

Процес картографічного аналізу чинників територіальної організації ОК України є досить складним і громіздким процесом, який утворюється з кількох послідовних етапів: створення способом картограм серії аналітичних карт у розрізі адміністративних районів і областей як одиниць картографування; проведення геоінформаційного аналізу; одержання результатів у вигляді похідних карт взаємозв'язків, картограм взаємозв'язків, карт ізокорелят. Відомо, що ВНЗ кожного року мають проблеми з набором абітурієнтів на перший курс навчання.

Екологічна безпека навколишнього середовища і раціональне використання екоресурсів неможливе без висококваліфікованих фахівців, які можуть ефективно впроваджувати в практику новітні технології. Однією із спеціальностей Інженерно-екологічного інституту (ІЕІ) ІФНТУНГ є фах еколога, а також геодезиста та землевпорядника. Очевидно, що без якісного набору підготувати якісних фахівців надзвичайно складно, тому питання профорієнтаційної роботи серед випускників шкіл та географія вступу є важливою темою дослідження.

Кількість поданих заяв для вступу у ВНЗ і майбутня кількість студентів першого року навчання залежить від профорієнтаційної роботи, що проводиться вузом, від її ефективності та інтенсивності.

Завданням цього дослідження – встановлення зв'язку між географією абітурієнтів ІЕІ та проведеною профорієнтаційною роботою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення проблеми. Теоретико-методичні основи суспільно-географічного дослідження ОК, що ґрунтуються на принципах теорії суспільної географії, виявлень сучасних рис територіальної організації ОК України та обґрунтувань напрямків її удосконалення висвітлені у роботах Т. Ю. Мельниченко, М. І. Білецького, І. О. Горленка, Т. І. Козарченка та інших. Тому тематичне картографування можна успішно використовувати для потреб освіти і науки. У [1, 2] автори описали напрями картографування в освітньому комплексі України.

Постановка завдання. Важливим аспектом обраної нами теми є потреба аналізу профорієнтаційної роботи і її вплив на географію вступників ІЕІ Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Завдання роботи наступні:

1. Створення системи тематичних картосхем географії вступників Інженерно-екологічного інституту на основі електронної бази даних списків з 2013 по 2016 рр., а саме абітурієнтів, які вступали на перший курс навчання, а також заяви від студентів, що завершили навчання в коледжах.

2. Аналіз та порівняння результатів щодо географії абітурієнтів Інженерно-екологічного інституту з 2013 по 2016 рр. та їх кореляція з профорієнтаційною роботою.

Виклад основного матеріалу. Картографічний метод дослідження – це один із сучасних наукових методів, пов'язаних з використанням карт як найповніших джерел інформації про місцевість, аналіз та пізнання картографованих явищ для здобуття нових знань і характеристик, вивчення їх просторових взаємозв'язків та прогнозу їх розвитку.

Переваги картографічного методу для вивчення означеної проблеми полягають у можливості виявлення нових деталей за допомогою інформаційної бази, її конкретизації, просторової прив'язки інформації різного роду і її доцільного та науково обґрунтованого синтезу. Виділимо також і інші специфічні властивості картографічних моделей.

Методика дослідження полягала у тому, щоб статистично опрацювати дані набору вступників на ІЕІ, виконати порівняльний аналіз одержаних результатів з проведеною профорієнтаційною роботою, а також виокремити області, в яких необхідно підсилити профорієнтаційну роботу.

Вихідними даними для картографування географії абітурієнтів ІЕІ є:

- списки абітурієнтів, створені у форматі *xlsx*;
- адміністративна карта України та Івано-Франківської області.

Для створення серії тематичних картосхем було обрано програмні комплекси *Piktochar* [5] та *Easy Trace*. Опрацьовані дані після статистичної обробки наведені у табл. 1-2 і побудовані картосхеми на рис. 1 та 2, які надають характеристику охопленості території України поданих заяв абітурієнтів на ІЕІ.

Таблиця 1

Географія абітурієнтів на ІЕІ протягом 2013-2016 років

Частина України	Область	Кількість абітурієнтів	Відсоток від загальної кількості, %	
			по областях	по регіону
Західна Україна	Івано-Франківська	492	80,39	97,06
	Тернопільська	42	6,86	
	Зарпатська	24	3,92	
	Львівська	24	3,92	
	Рівненська	4	0,65	
	Хмельницька	4	0,65	
	Волинська	3	0,49	
	Чернівецька	1	0,16	
Північна Україна	Київська	3	0,49	1,31
	Житомирська	3	0,49	
	Чернігівська	2	0,33	
	Сумська	0	0,00	
Центральна Україна	Полтавська	2	0,33	0,82
	Вінницька	1	0,16	
	Дніпропетровськ (зараз Дніпро)	1	0,16	
	Черкаська	1	0,16	
	Кіровоградська (зараз Кропивницький)	0	0,00	
Південна Україна	Автономна республіка Крим	1	0,16	0,49
	Одеська	1	0,16	
	Миколаївська	1	0,16	
	Запорізька	0	0,00	
	Херсонська	0	0,00	
Східна Україна	Харківська	1	0,16	0,33
	Луганська	1	0,16	
	Донецька	0	0,00	
Загальна кількість		612		100,00

Рис. 1 та 2 надає характеристику кількості вступників на перший і третій курси навчання на ІЕІ ІФНТУНГ з охопленістю території України.

Оскільки найбільша кількість заяв від абітурієнтів надходить з Івано-Франківської області був виконаний аналіз по районах, де визначали співвідношення кількості загальноосвітніх шкіл I-III ступеня до кількості абітурієнтів із цих шкіл, яке характеризує ефективність профорієнтаційної роботи.

Подана діаграма на рис.3 характеризує ефективність профорієнтаційної роботи, шляхом порівняння кількості шкіл у районах Івано-Франківської області до кількості абітурієнтів із цих шкіл. І показує що в деяких районах нашої області (наприклад Надвірнянському, Тисменицькому та ін..) профорієнтаційна робота серед школярів проведена недостатньо, хоча ці райони знаходяться в безпосередній близькості до університету.



Рис. 1. Географія вступників на ІЕІ



Рис. 2. Географія абітурієнтів, котрі поступили на ІЕІ після закінчення коледжів

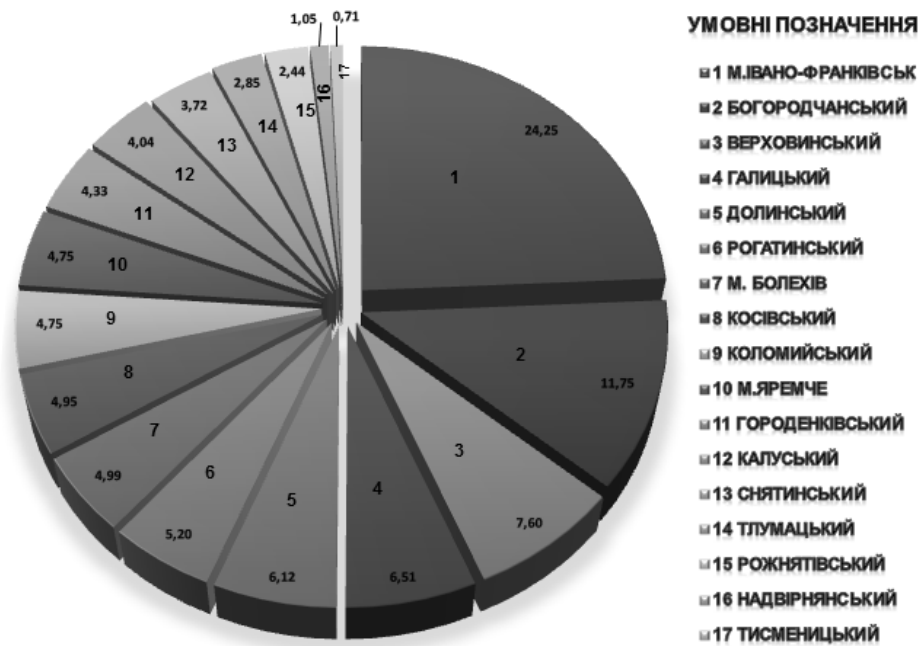


Рис. 3. Співвідношення кількості абітурієнтів до кількості шкіл у районах

Таблиця 2

Географія абітурієнтів, які вступили на 3-й курс навчання на ІЕІ, після закінчення вищого навчального закладу

№	Назва коледжу	Кількість абітурієнтів	Відсоток від загальної кількості, %
1	Комунальний вищий навчальний заклад "Прикарпатський лісогосподарський коледж"	20	29,85
2	Івано-Франківський коледж Львівського національного аграрного університету	22	32,84
3	Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України "Заліщицький аграрний коледж ім. Є. Храпливого"	8	11,94
4	Буцацький коледж Подільського державного аграрно-технічного університету	7	10,45
5	Володимир-Волинський агротехнічний коледж	1	1,49
6	Ходорівська філія Львівського технічного коледжу	1	1,49
7	Державний вищий навчальний заклад «Дрогобицький коледж нафти і газу»	1	1,49
8	Державний вищий навчальний заклад "Кам'янець-Подільський індустріальний коледж"	1	1,49
9	Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського	1	1,49
10	Промислово-економічний коледж НАУ	1	1,49
11	Інститут управління природними ресурсами	1	1,49
12	Державний вищий навчальний заклад "Новороздільський політехнічний коледж"	1	1,49
13	Коледж інформаційних технологій та землевпорядкування Національного авіаційного університету	1	1,49
14	Івано-Франківський коледж Державного вищого навчального закладу "Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника"	1	1,49
	Загальна кількість	67	100%

Висновки. Аналізуючи серію тематичних картосхем географії вступників ІЕІ з Івано-Франківської області, і загалом з України, можна підвести такі підсумки:

- ІФНТУНТ є вузом всеукраїнського масштабу, оскільки заяви на вступ надходять з більшості областей України;

- найбільша кількість вступників навчаються з таких областей як Івано-Франківська – 492 чол., Тернопільська – 42 чол., Закарпатська – 24 чол. та Львівська – 24 чол.;

- найбільша кількість абітурієнтів, які вступили на 3 курс навчання на ІЕІ після закінчення коледжів та технікумів, а саме з "Прикарпатського лісогосподарського коледжу" і Івано-Франківського коледжу Львівського національного аграрного університету;

- через вступників ІЕІ та за допомогою електронних засобів необхідно інтенсифікувати профорієнтаційну роботу у центральних та східних областях України;

- профорієнтаційну роботу слід починати на початку навчального року і проводити її у школах, не тільки для випускників, а й для учнів старших класів, з використанням презентацій та наочно представляти прилади, з якими ми працюємо.

Профорієнтаційну роботу необхідно підсилити у школах прилеглих районів Івано-Франківська і суміжних областей, а також інтенсивно інформувати про вступ до ВНЗ коледжі і технікуми.

Література

1 Дудун Т.В. Освітній комплекс України та напрямки його картографування/ Т.В. Дудук //Вісник геодезії та картографії. – 2015. – №1. – С.30-37.

2 Козаченко Т.І. Концептуальні основи картографічного моделювання розвитку освітнього комплексу України / Т.І. Козаченко, Т.В. Дудук //Вісник геодезії та картографії. – 2013. – №3. – С.25-32.

3 Коренець, О.В. Науково-методичні засади гео- інформаційного картографування на основі інфраструктур просторових даних / О.В. Коренець: дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.12. – К., 2013. – 180 с

4 Мельниченко, Т.Ю. Освітній комплекс України: сучасний стан і напрями удосконалення територіальної організації / Т.Ю. Мельниченко: автореф. дис. ...канд. геогр. наук. – К., 2005. – 20 с.

5 Інструмент безкоштовного створення інфографіки та схем – Piktochart [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://magic.piktochart.com/dashboard>

© Р. Г. Пилип'юк,
Т. Ю. Грицюк,
Р. Р. Пилип'юк,
Л. І. Дорош,
М. М. Іваночко,
С. А. Телюк,
І. Ю. Рабко

КОНФЕРЕНЦІЇ

М. П. Мазур

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «ЕКОГЕОФОРУМ-2017. АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТА ІННОВАЦІЇ»

22-25 березня 2017 р. в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу відбулась Міжнародна науково-практична конференція «ЕКОГЕОФОРУМ-2017. Актуальні проблеми та інновації», присвячена 50-річчю університету.

Організаторами конференції виступили Міністерство освіти і науки України, Національна академія наук України, Міністерство екології та природних ресурсів України, Івано-Франківська обласна рада, Івано-Франківська обласна державна адміністрація, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, зокрема, інженерно-екологічний інститут.

Захід проходив за підтримки Д.ТЕК Бурштинська ТЕС, Архітектурно-планувального бюро управління архітектури і містобудування Івано-Франківського міськвиконкому, UA-EUPOS/ZAKPOS мережа активних GNSS станцій, ДП Закарпатгеодезцентр, System Solutions, Екологічної Компанії «ВІЗА-ВТОРМА».



**Рис. 1. Вітальне слово ректора ІФНТУНГ акад.
Крижанівського Є. І.**

Міжнародна науково-практична конференція, яка відбулася вперше, проходила на території Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Під час конференції працювала виставка експонатів продукції профільних організацій та стендових доповідей в холі науково-технічної бібліотеки університету.

Усього у роботі конференції взяли участь 530 учасників, з них іногородніх – 367, із зарубіжних країн – 12 (Environmental Protection Agency of Maramures, Romania, Lanzhou University of Technology China, Maramures County Office for Pedology and Agrochemistry Studies, Romania, North University Centre of Baia Mare, Romania, Technical University of Cluj-Napoca, Moldova, University of Science and Technology AGH, Poland).

У конференції брали участь державні і приватні підприємства України, наукові заклади, науково-виробничі фірми та організації, всього 94, які представляли різні регіони України.

Науковими напрямками роботи конференції були:

— Екологія та збалансоване ресурсокористування;

- Технології захисту навколишнього середовища;
- Проблеми техногенної безпеки в нафтогазовому комплексі;
- Раціональне використання, відновлення та охорона земельних ресурсів;
- Матеріали для відновлювальних джерел енергії;
- Геоінформаційні технології та моніторинг довкілля;
- Геодезія, GNSS – технології та геодезичний контроль;
- Освіта в контексті концепції сталого розвитку;
- Екологічні проблеми сталого розвитку туризму.



Рис. 2. Під час пленарного засідання

екологічного інституту ІФНТУНГ Мирослав Мазур представив гостей конференції. Про її значимість свідчить високе представництво присутніх делегацій зарубіжних навчальних закладів та установ, серед яких Краківська Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща), Технічний університет (Молдова), Технічний університет (Румунія), Технологічний університет (Китай).

Велика честь передати лист з похвальними характеристиками та привітанням університету з 50-річчям від Голови Верховної ради України Андрія Парубія випала Голові Івано-Франківської державної адміністрації Олегу Гончаруку. Вручаючи лист ректору ІФНТУНГ Є. І. Крижанівському, він відзначив високу роботу університету у підготовці спеціалістів, розробці проектів у нафтогазовій сфері, створенні найпотужнішої у світі газотранспортної системи, проектуванні і спорудженні великих магістральних нафтогонів, освоєнні нафтових і газових родовищ та високих досягнень випускників університету.

Опісля, у своїй промові, Єпископ Сокальсько-Жовківський, керівник Департаменту Патріаршої курії УГКЦ у справах душпастирства силових структур України, Голова Синодального комітету з питань екології Української Греко-Католицької церкви Владика Михайл Колтун закликав навчитися використовувати землю не тільки як будівельний матеріал, але й як духовне надбання України.

Також в залі були присутні представники влади, заступник голови обласної ради Сергій Басараб, заступник

З вітальним словом до учасників та гостей конференції звернувся Голова оргкомітету, ректор університету, академік НАН України Євстахій Крижанівський, який окреслив головні проблеми екології та навколишнього середовища. Він вважає, що сьогодні, як ніколи, важливо забезпечити гармонійний розвиток господарства, людини і природи, щоб технічне втручання в біосферу Землі не зашкодило якості середовища, в якому живуть люди.

Заступник голови оргкомітету, директор інженерно-



Рис. 3. Учасники конференції

міського голови міста Івано-Франківська Олександр Левицький, представники екологічних організацій. На адресу університету надійшло привітання від Президента Української астрономічної асоціації, академіка НАН України Ярослава Яцківа. Також щирі слова привітання виголосила представник Румунського Технічного університету м. Клуж-Напока Анна-Марія Гавра.



Рис. 4. Секційні засідання

Враховуючи заслухані доповіді, зауваження і пропозиції, висловленні під час дискусій, Міжнародна науково-практична конференція „Екогеофорум – 2017. Актуальні проблеми та інновації”, прийняла ухвалу, основними пунктами якої є: висловлені на пленарних засіданнях, на секціях і в ході проведення круглого столу прогнози, пропозиції і науково-технічні рішення систематизувати і направити у відповідні органи виконавчої влади (міністерства, відомства), зацікавлені організації та установи; зосередити зусилля науковців та представників виробництва на активізацію роботи

На конференції кращим студентам ІФНТУНГ інженерно-екологічного інститут, спеціальності «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» які здобували подвійні дипломи у Краківській Гірничо-металургійної академії ім. Станіслава Сташиця вручили дипломи магістрів Європейського зразка.

Конференцію продовжило Пленарне засідання, яке розпочав ректор університету, академік НАН України Євстахій Крижанівський доповіддю «Роль Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу у вирішенні екологічних проблем нафтогазової галузі і Прикарпаття».

Всього на пленарному засіданні заслухано 11 доповідей, в яких розглянуто: ефективність та надійність роботи енергетичних об'єктів та систем нафтогазової промисловості, реалізації природоохоронних проєктів, що сприяють зменшенню негативного впливу енергетичних об'єктів та систем нафтогазової промисловості на довкілля, результати теоретичних досліджень, лабораторних експериментів, конструкторських розробок, дослідно-промислових випробувань і впроваджень у виробництво, пріоритетні напрямки розвитку технологій захисту навколишнього середовища.

Слухачами конференції були представники різних організацій та підприємств, які працюють у сфері охорони навколишнього середовища, аспіранти, молоді науковці, магістри та студенти старших курсів університету, які вболівають за чисте довкілля.

освітніх програм з питань розроблення та реалізації енергоощадних технологій, зокрема таких, що забезпечують охорону навколишнього середовища.

Також у рамках заходу відбулося відкриття сучасної навчально-наукової лабораторії «Фізико-хімічні методи дослідження стану навколишнього середовища».

Для учасників конференції відбулись захопливі ознайомчі екскурсії: університетом, зокрема, відвідали геологічний музей, наукове містечко «Нова енергія» та інші цікаві об'єкти. Жвавий інтерес та захоплення викликала також екскурсія нашим містом та знайомство з його історією та пам'ятками. На завершення конференції для учасників була організована поїздка в місто Яремче та гірськолижний курорт Буковель із смачним обідом приготованим на вогні в чудовому карпатському лісі.

З нетерпінням очікуємо наступної зустрічі в гостинному Прикарпатті.

© М. П. Мазур



**Рис. 5. Урочисте відкриття лабораторії
«Фізико-хімічні методи дослідження стану
навколишнього середовища»**