

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 553.98/504.43:504.4.054

Д. В. Дядін

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

М. Ю. Журавель, П. В. Ключко

ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД»

ОЦІНКА СТАНУ ДОВКІЛЛЯ НА ДІЛЯНКАХ АВАРІЙНИХ СВЕРДЛОВИН

Вивчено стан довкілля на ділянках нафтогазових свердловин, де унаслідок аварійних нафтогазоводопроявів сформувалися від'ємні форми рельєфу у формі кратерів, в яких утворилися критичні водні екосистеми. Розглянуто морфологічну будову кратерів, гідрохімічні та гідробіологічні характеристики водойм, склад і об'єми залишкових забрудників, накопичених за час існування кратерів. Показано, що, не дивлячись на давній строк аварій, такі об'єкти досі залишаються екологічно небезпечними та є джерелом вторинного забруднення довкілля на прилеглий території. Запропоновано склад досліджень для встановлення сучасного негативного впливу кратерів аварійних свердловин при складанні звітів з оцінки впливу на довкілля на родовищах.

Ключові слова: аварійні свердловини, нафтогазоводопрояви, екологічно небезпечні об'єкти, забруднення, оцінка впливу на довкілля

The paper investigates the environmental conditions at the sites of oil-gas drilling wells failures, where hydrocarbon and produced water fluids blew out resulting in formation of land depressions as craters with subsequent transformation into critical water ecosystems. Morphological structure, hydrochemical and hydrobiological conditions of water bodies in the craters, composition and volumes of pollutants accumulated for decades are investigated. We argue that despite the failures happened long ago the craters are still environmentally hazardous and provide the pollution of the adjacent areas. The set of further investigations is recommended in order to determine contemporary harmful effects of the craters under environmental impact assessment within oil-gas fields.

Ключові слова: failure boreholes, formation fluids blowouts, environmentally hazardous objects, pollution, environmental impact assessment

Постановка проблеми. Видобування та перероблення будь-яких корисних копалин належать до видів діяльності, що становлять підвищену екологічну небезпеку [1]. Особливо це стосується нафти і газу, видобування яких несе високі ризики забруднення органічними та неорганічними речовинами, перетворення геологічного середовища, пожежну небезпеку та інші загрози як довкіллю, так і здоров'ю людини.

Під час проведення екологічного моніторингу на території нафтогазового родовища, обов'язковість виконання якого регулюється чинним законодавством [2, 3, 4], важливо розрізняти нафтогазові об'єкти за ступенем екологічної небезпеки. Від цього залежить розподіл об'ємів досліджень та кількості точок спостереження, об'єктивність результатів моніторингу.

Фахівці визнають, що найбільш екологічно небезпечними та руйнівними для довкілля є забруднення, пов'язані з аварійними розливами нафтопродуктів та супутніх пластових вод, особливо під час некерованих нафтогазоводопроявів і відкритих фонтанів

під час буріння свердловин і розкриття покладів із аномально високим пластовим тиском. Залишковий вплив таких аварій, особливо на підземні води і геологічне середовище, може зберігатися протягом десятиріч, тому особливої важливості набуває завдання оцінки впливу аварійних свердловин на довкілля та прогнозування негативних змін [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В історії розвитку нафтогазовидобувної галузі добре відомі сумні приклади крупних аварій, які призводили не тільки до тяжких екологічних наслідків, але й до значних втрат ресурсів і, на жаль, людського життя. Публікації, присвячені значним аваріям минулих років на території Казахстану та Росії, свідчать, що під час аварії на свердловинах відбувається безконтрольне витікання пластових флюїдів із свердловини через відсутність противикидного обладнання на усті, його руйнування та грифоутворення [6, 7]. Природний газ, що надходить разом із фонтаном, зазвичай спалахує та утворює потужний факел. Аварійна свердловина перетворюється на потужне джерело забруднення атмосфери газами та продуктами згоряння (CO_x , сажа, NO_x , C_nH_m , H_2S , SO_2 , C_6H_6 , C_7H_9 , поліароматичні вуглеводні), ґрунтів і гідросфери на прилеглої території компонентами пластових вод та рідких вуглеводнів. Оскільки заглушити свердловину в таких умовах технічно дуже складно, фонтанування може тривати місяці й навіть роки. За цей час на поверхню землі потрапляє величезна кількість мінералізованих пластових вод і вуглеводневої продукції, яка створює довгострокове забруднення прилеглої території.

Багаторічна історія видобутку нафти і газу в Дніпровсько-Донецькій западині, особливо на перших етапах, також знавала значні аварії на бурових свердловинах, унаслідок яких відбувалося відкрите фонтанування нафтогазоконденсатною сумішшю з пластовою водою, що супроводжувалося займанням газового факелу. Найвідомішими прикладами таких аварій є Качанівське родовище (1961 р.), Кегичівське родовище (1963 р.), Крестищенське родовище (1971 р.), Рибальське родовище (1966 р., 1967 р.). Причинами масштабних аварій на свердловинах були порушення вимог промислової безпеки, недбалість персоналу та недосконалість технологій буріння. Під час кожного аварійного фонтанування, яке продовжувалося до декількох місяців, на поверхню землі потрапляли тисячі тон рідких нафтопродуктів та солоних пластових вод, а у факелах згоріли десятки мільйонів кубометрів природного газу [8].

Не дивлячись на давність вказаних подій, на усті аварійних свердловин досі залишаються водойми, в яких утворилися відносно стабільні критичні екосистеми. Підземні води першого та другого від поверхні водоносних горизонтів на цих ділянках все ще несуть успадковане забруднення, а темпи самоочищення підземних вод дуже повільні. Хоча, варто відзначити, що є приклади і позитивного характеру аварійних водойм, як поблизу с. Антонівка на Кегичівському родовищі. Зараз водойма з солоною водою на колишньому усті аварійної свердловини використовується в рекреаційних цілях та є популярним туристичним об'єктом [9].

Аналіз публікацій показав, що недостатньо дослідженим питанням є саме залишковий вплив аварійних нафтогазоводопроявів, який наразі створює техногенний фон на ділянках аварійних свердловин і має бути врахований під час проведення оцінки впливу на довкілля та екологічного моніторингу на родовищах.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень є визначити характер і рівень забруднення підземних вод на ділянках колишніх аварійних свердловин на прикладі Качанівського та Рибальського родовищ у Східному нафтогазоносному басейні, а також закласти передумови проведення оцінки впливу на довкілля таких об'єктів у сучасних умовах.

Завдання, що поставлені у дослідженні, містять:

- аналіз наявних даних щодо об'ємів і складу викидів під час аварій;
- визначення характеру розповсюдження забруднення на ділянках обраних колишніх аварійних свердловин у Східному нафтогазоносному басейні;

- встановлення показників-індикаторів екологічного моніторингу, обґрунтування підходів до оцінки впливу на довкілля на ділянках досліджених екологічно небезпечних об'єктів.

Виклад основного матеріалу. У роботі використано результати досліджень підземних і поверхневих вод, що проводилися авторами у складі компанії ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД», починаючи з 1995 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. Аналітичні дослідження вод на вміст основних іонів та мікрокомпонентів здійснювалися за стандартними методиками в атестованій лабораторії. Для обробки аналітичних даних використовували статистичні методи, для візуалізації результатів та просторового аналізу – засоби геоінформаційних технологій.

У нашому дослідженні розглянуті аварійні свердловини на Качанівському нафтовому та Рибальському нафтогазоконденсатному родовищах, приурочених до північно-східної прибортової зони Дніпровсько-Донецької западини. Обидва родовища почали розроблятися на початку 60-х років минулого століття і на даний час перебувають на завершальній стадії розробки. Саме на початковому етапі на родовищах відбулося декілька нафтогазоводопровів із фонтануванням на усті бурових свердловин, внаслідок яких на поверхню землі потрапили значні об'єми рідких та газоподібних вуглеводнів разом із мінералізованими пластовими водами продуктивних горизонтів.

Свердловина №35 Качанівського нафтового родовища

Аварія на свердловині №35 Качанівського нафтового родовища сталася 23 вересня 1962 року. Під час спуску бурового обладнання при вибої 2315 м відбулося падіння у свердловину турбобуру та бурильних труб загальною довжиною 65 м. Піднімання інструменту відбувалося разом із буровим розчином, що призвело до сильного газопровоявлення у вигляді грифонів та фонтану. Пізніше на усті сусідньої свердловини №65 на відстані 250 м від свердловини №35 також утворилися грифони газу, які швидко перейшли у фонтан газу та високомінералізованої піщано-глинистої пульпи. За декілька годин обидва фонтани на свердловинах зайнялися, і на свердловині №35 відбулося обрушення бурової вишки з утворенням кратеру діаметром близько 140 м. Свердловина №35 фонтанувала нафтогазоводяною сумішшю із значною кількістю піщано-глинистого матеріалу протягом місяця. Дебіт газу оцінювався у 2 млн м³/добу, нафти – 600 м³/добу, пульпи – 4–5 тис. м³/добу.

Унаслідок аварії на свердловинах №35 і 65 до прилеглої балки надійшло не менше 1500 т нафти і 200 тис. м³ пульпи із розсолами. Уздовж балки були споруджені греблі, які частково затримали викинуті флюїди, але відбулося значне забруднення першого від поверхні водоносного горизонту та водотоку річки Ташань. У подальші роки водойма кратеру використовувалася для складування відходів буріння і нафтошламів, що призвело до накопичення у ньому важкої фракції вуглеводнів – асфальтенів, відкладання легкорозчинних солей та мулистий фракції з підвищеним вмістом радіонуклідів.

У 1994–1995 роках спеціалістами ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс» були проведені детальні дослідження морфології кратеру, літологічного та хімічного складу відкладів у ньому, гідрохімічного складу водойми [10]. У подальші роки авторами проводився гідрохімічний моніторинг на родовищі, під час якого щоквартально досліджувалися поверхневі та підземні води на ділянці свердловини №35 та прилеглої території [11]. Результати досліджень показали, що з роками відбулася певна стабілізація критичної екосистеми кратеру. Мінералізація води у поверхневому шарі водойми кратеру становить від 4 до 8 г/дм³ та має помітні сезонні варіації у залежності від режиму підживлення атмосферними опадами. Ознак висхідного потоку пластових флюїдів із заглушеного стовбуру свердловини немає, тому можна очікувати, що у подальшому продовжуватиметься поступове розбавлення солонуватих вод кратеру атмосферними

опадками. Проте, з високою ймовірністю винос легкорозчинних солей із відкладів кратеру до ґрунтових вод може повільно продовжуватися. Тому, на даний час аварійний кратер свердловини №35 слід розглядати як джерело створення техногенного фонового складу підземних вод на цій території.

На даний час кратер – це чашоподібне пониження в рельєфі з пологими схилами площею 22 800 м², у центрі якого постійно існує водойма з площею водного дзеркала близько 1500 м² (рис. 1). Вища водна рослинність та гідробіоти у водоймі майже відсутні, очевидно, унаслідок надходження легких фракцій рідких нафтопродуктів, що продовжують повільно вимиватися на бортах кратеру із залишків нафтошламів, деградованих за десятки років.

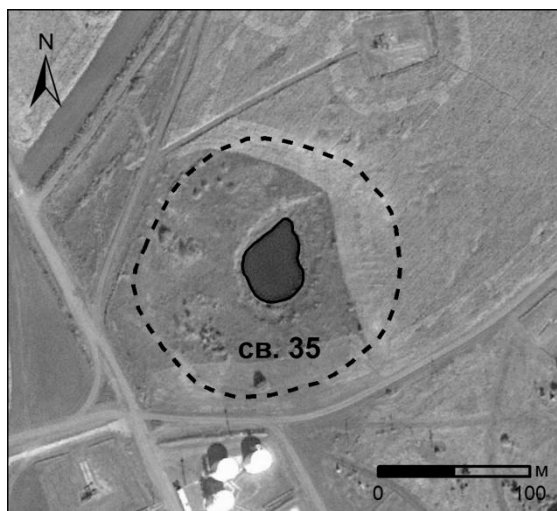


Рис. 1. Сучасний вигляд водойми аварійного кратеру св. 35 (знімок DigitalGlobe від 23.09.2015)

Окрім ризику забруднення підземних вод, ще одним несприятливим фактором, що несе водойма кратеру, є його оманлива привабливість для перелітних птахів, які можуть потрапляти на забруднену водну поверхню та зазнавати шкоди від нафтопродуктів або мінералізованих вод.

Виходячи з вищезазначеного, аварійний кратер має бути однією з ключових ділянок екологічного моніторингу та проведення оцінки впливу на довкілля на Качанівському родовищі. Постійні спостереження за станом вод у водоймі кратеру та підземних вод на прилеглої території дозволять контролювати процеси вторинного забруднення та прогнозувати тенденції самоочищення критичної екосистеми.

У складі робіт з оцінки впливу на довкілля необхідно передбачити такі заходи:

- визначення розподілу температури, водневого показника, електропровідності та окислювально-відновного потенціалу у водоймі кратеру з глибиною;
- встановлення гідрохімічних показників водойми кратеру та їх змін з глибиною за основними іонами, компонентами-індикаторами супутніх пластових вод (стронцій, літій);
- вимірювання радіаційного фону;
- дослідження хімічного складу підземних вод першого та другого від поверхні водоносних горизонтів у спостережних свердловинах, а також поверхневих вод на прилеглої території для визначення наявності розсіювання забруднюючих речовин (нафтопродуктів та компонентів пластових вод) із водойми кратеру.

Свердловини №5 і 111 Рибальського нафтогазоконденсатного родовища

Свердловина №5 Рибальського родовища розкрила візейський ярус нижнього карбону на глибині 3267 м, коли 11 квітня 1966 р. під час піднімання інструменту почався викид розчину з бурильних труб, який перейшов у газовий фонтан. За добу відбулося загоряння фонтану, обрушення бурової вишки та утворення кратеру площею 4 га. Фонтанування продовжувалося майже три місяці, після чого вдалося через похилено-

спрямований стовбур на глибині 1370 м заглушити свердловину закачуванням води, глинистого та цементного розчинів.

Пізніше кратер аварійної свердловини №5 також використовували для складування супутніх пластових вод та нафтошламів із головних споруд підготовки нафти і газу. Після глушіння свердловини днище кратеру, очевидно, заcolmатувалося глинистим розчином, утворивши непроникний екран, що підстилає водойму. Таким чином, у кратері створилися умови для вертикальної диференціації води за щільністю – у нижній придонній частині накопичилися солоні пластові води з мінералізацією до 200 г/л, у той час як у верхній частині водойми сформувалася зона прісних і солонуватих вод із солоністю не більше 1,5 г/дм³ (рис. 2а).

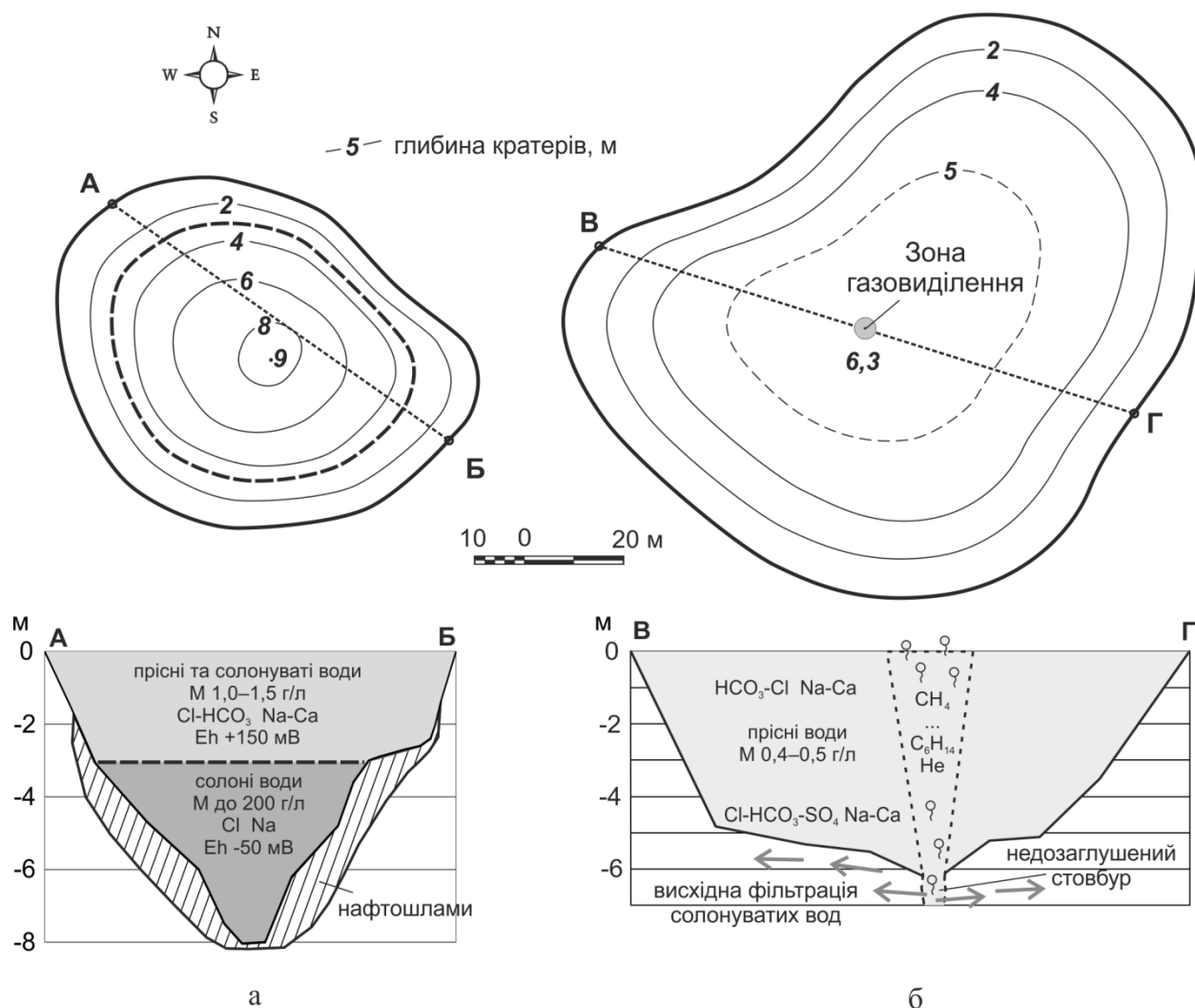


Рис. 2. Плани і профілі кратерів аварійних свердловин №5 (а) і №111 (б)

Починаючи з глибини 2–3 м у водоймі кратеру, різко знижується водневий показник з 7,5 до 6,0, зростає електропровідність води та різко падає окисно-відновний потенціал. За хімічним складом вода змінюється з хлоридно-гідрокарбонатної натрієво-кальцієвої на хлоридну натрієво-кальцієву. З подальшою глибиною відбувається збільшення мінералізації води, зменшення рН до 5,5 на фоні незмінного різко від'ємного окисно-відновного потенціалу. Концентрації основних компонентів супутніх пластових вод – хлоридів, натрію, стронцію і літію також різко збільшуються з глибини 3–4 м (рис. 3).

Моніторинг якісного складу вод показував, що опріснення водойми з роками не відбувається, і це свідчить про відсутність міграції засолених вод вниз у товщі, що підстилають кратер. Днище кратеру, очевидно, заcolmатоване муловими залишками нафтошламів, які складували у кратері в 1970–80-ті роки. Тим не менше, враховуючи

великий об'єм вод (більше 3600 м^3) із надзвичайно високою мінералізацією (близько 200 г/дм^3), водойма кратеру несе загрозу для першого від поверхні водоносного горизонту в алювіальних пісках борової тераси та другого від поверхні харківського водоносного горизонту. Близькість абсолютних відміток дзеркала ґрунтових вод й урізу води у кратері можуть вказувати на наявність гідралічного зв'язку між ними, принаймні у верхній частині водойми, яка є відносно чистою.

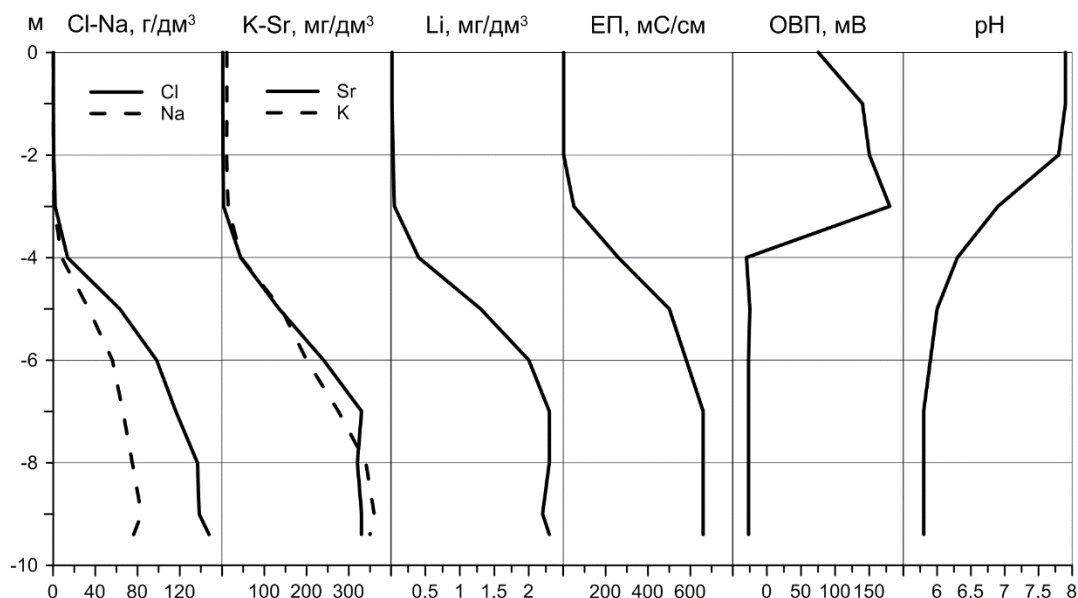
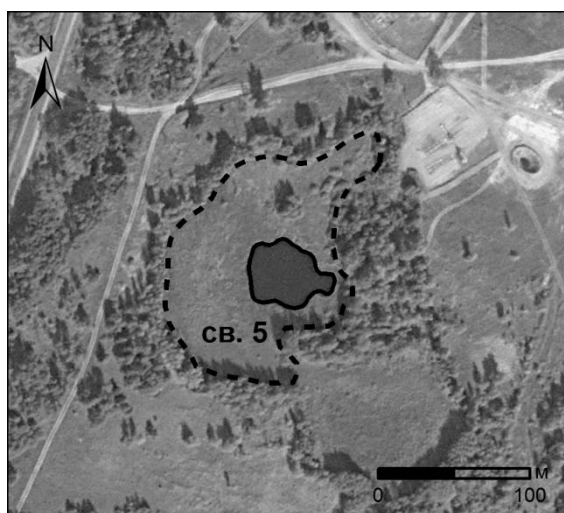
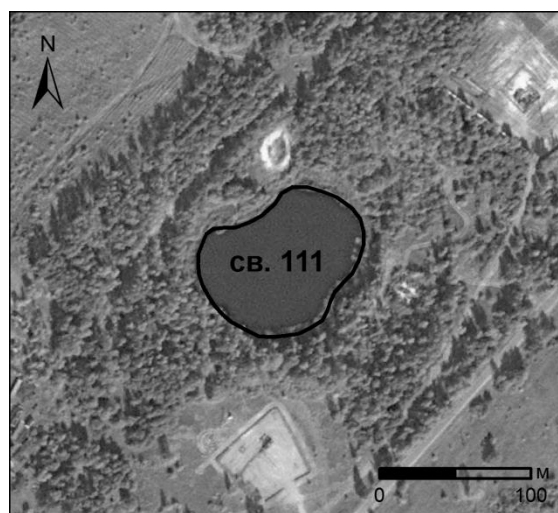


Рис. 3. Зміна гідрохімічних показників з глибиною у водоймі кратеру св. 5

На даний час аварійний кратер св. 5 представлений пологою западиною площею більше 14000 м^2 із заростями очерету з водоймою, площа водного дзеркала якої становить близько 1700 м^2 (рис. 4а).



а



б

Рис. 4. Сучасний вигляд водойм аварійних кратерів св. 5 (а) і св. 111 (б) (знімок DigitalGlobe від 23.09.2015)

З часом у водоймі кратеру сформувалася дуже своєрідна водна екосистема, умови розвитку якої визначаються вищеописаним розподілом фізико-хімічних параметрів води з глибиною. У поверхневому прісному шарі водойми до глибини 3–4 м діють умови, характерні для прісноводних водойм – мешкає іхтіофауна, фіто- та зоопланктон риби. Глибше 4 м починається анаеробна безжиттєва зона, в якій відсутні будь-які умови для розвитку гідробіонтів. Прибережна частина водойми кратеру вкрита вищою водною

рослинністю – рогозом вузьколистим та очеретом. У прибережній частині була виявлена популяція рідкісної макроскопічної водорості хари (*Chara* sp.). Крім того, на водоймі та прилеглий заболоченій території виникли придатні умови для гніздування водно-болотних птахів.

Аварійний кратер другої свердловини №111 розташований від кратеру свердловини №5 на відстані менше 1 км у таких же ландшафтних умовах, але відмінності у перебігу аварійного викиду та подальшій долі кратеру зумовили зовсім іншу його будову.

Свердловина №111 розкрила газові поклади на глибині 1300–1500 м у середньоюрських та тріасових відкладах із високим пластовим тиском (140–160 атм). 20 січня 1967 року під час підйому інструменту при глибині вибою 1621 м свердловина викинула глинистий розчин і почалося відкрите фонтанування газом і водою. За два тижні утворився кратер площею близько 3 га, відбулося обрушення бурової вишки та займання газового фонтану. Глушіння свердловини також відбувалося через пробурені до аварійного стовбуру похило-спрямовані свердловини шляхом закачування глинистого розчину.

Кратер свердловини №111 в даний час представляє собою водойму неправильно-округлої форми з максимальним діаметром 120 м, глибиною 6,3 м, площею 8000 м², об'ємом 25000 м³ з берегами, крутішими за кратер свердловини №5 (рис. 46). Уздовж берега місцями вузькими смугами розвинені зарості очерету і рогозу вузьколистого.

У центральній частині водойми спостерігається зона постійного газопрояву площею близько 5 м². Максимум газовиділення співпадає з найглибшою точкою водойми. За складом газ, що виділяється належить до метано-азотних рядів, з концентрацією кисню близько 5 %. Окрім власне метану, відмічені високі концентрації його гомологів з хроматографічним рядом до гексану. За своїм складом вони належать до газів мезозойських покладів, трохи розбавлених компонентами атмосферного повітря. Щодо глибинної природи газів свідчать і виявлені концентрації гелію, які сягають більше 0,05 %. Взимку на місцях газовиділення на водоймі утворюються ополонки, що не замерзають.

Таким чином, існують явні ознаки неповної герметизації аварійного стовбуру свердловини. Разом із газами не виключено і надходження до верхніх водоносних горизонтів мінеральних вод тріасу та юри. При цьому, при відносно невеликій швидкості солоні води можуть не підніматися на поверхню до водойми кратера, а фільтруватися вбік від стовбуру свердловини до харківського водоносного горизонту, оскільки колона відсутня із поверхні до глибини 40 м. Ознаки існування ореолу забруднених підземних вод виявлялися у ході моніторингу, що проводився авторами на родовищі. У спостережних і водозабірних свердловинах у напрямку Ворскли спостерігалися підвищені концентрації хлоридів і натрію, нехарактерні для гідрокарбонатних кальцієвих вод приповерхневих підземних вод у піщаних відкладах борових терас.

Хімічний склад вод безпосередньо у водоймі кратеру гідрокарбонатно-хлоридний натрієво-кальцієвий на поверхні та хлоридно-гідрокарбонатно-сульфатний натрієво-кальцієвий у придонній області. Мінералізація вод як на поверхні, так і на глибині, практично ідентична і становить 0,4–0,5 г/дм³. За весь період спостережень на цьому об'єкті склад вод залишався відносно стабільним, незначно коливаючись лише по сезонам року. Так само, як і кратер свердловини № 5, ця водойма перетворилася на уособлену водно-болотну екосистему, в якій мешкають типові прісноводні гідробіоти та гніздяться водні птахи.

З геоморфологічної позиції обидва кратери аварійних свердловин Рибальського родовища розташовані на боровій терасі лівого берега р. Ворскла. Літологічний склад верхньої частини розрізу представлено добре проникними алювіальними пісками, в яких швидкості фільтрації підземних вод є відносно великими. Четвертинні алювіальні піски на цій ділянці не мають витриманого водотриву у підшві, а підстилаються харківським

водоносним горизонтом в олігоценічних пісках, з яким фактично утворюють єдиний водоносний комплекс. Регіональний потік підземних вод спрямований на захід і південний захід у бік основного русла р. Ворскла, розташованого на відстані 1500 м від водойм кратерів (рис. 5).

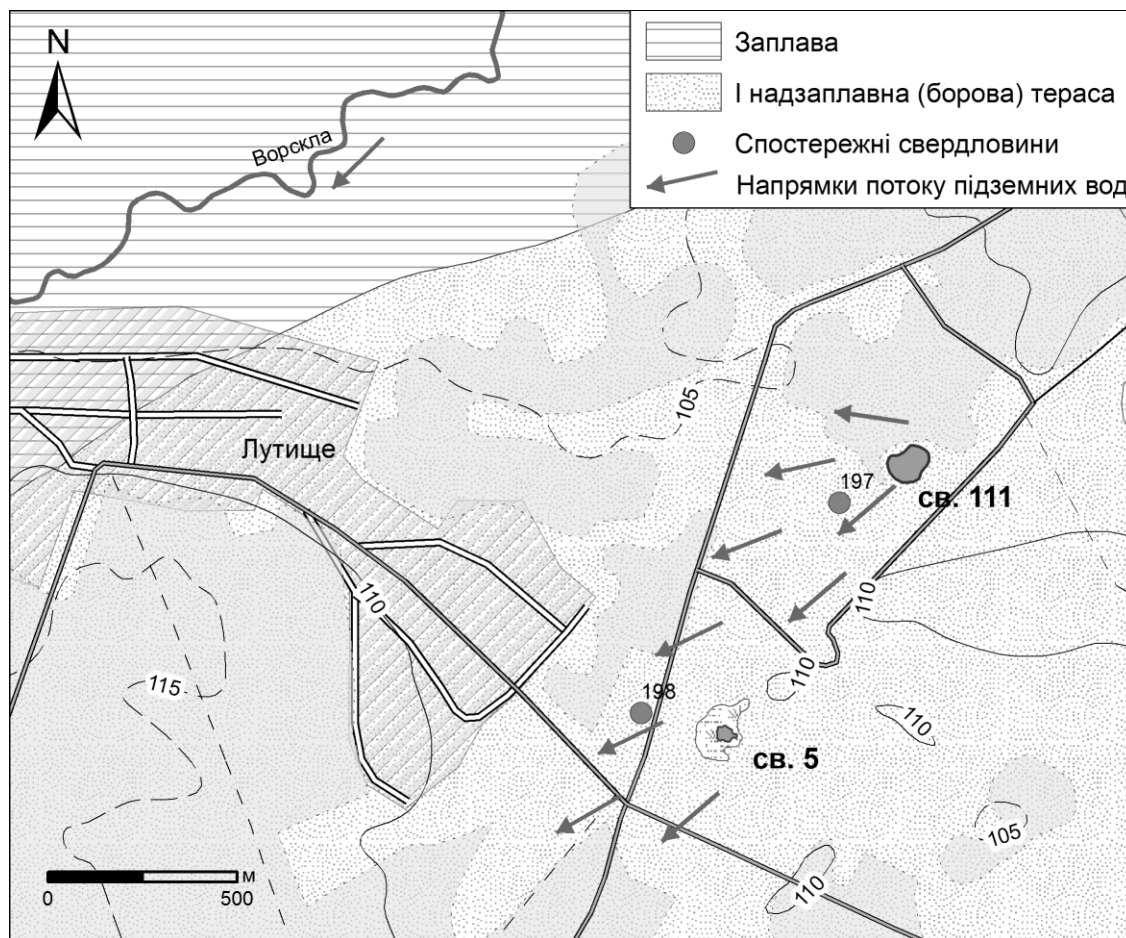


Рис. 5. Схема розташування водойм аварійних кратерів св. 5 і 111

Висока проникність порід зони аерації та водоносних товщ, з одного боку, сприяє прискореній фільтрації забруднених підземних вод від аварійних кратерів, а з іншого боку, створює умови для їхнього активного розбавлення атмосферними опадами, що інфільтруються на всьому шляху можливої міграції. Спостереження за складом води у р. Ворскла нижче ділянки родовища за потоком не виявили ознак забруднення з боку ділянки аварійних кратерів. Проте, враховуючи дуже високу солоність придонних вод у кратері свердловини № 5 та ознаки висхідної фільтрації у порушеному стовбурі свердловини № 111, ці об'єкти досі залишаються екологічно небезпечними для підземного середовища та потребують більш детального вивчення у рамках оцінки впливу на довкілля на родовищі.

Аналогічно Качанівському родовищу, Рибальські кратери мають виступати одними з ключових об'єктів дослідження під час проведення на родовищі оцінки впливу видобувної діяльності на довкілля. Виходячи із морфології кратерів, характеру накопичених забруднюючих речовин, гідрологічних та гідрохімічних характеристик їх водойм, рекомендується проводити такий комплекс досліджень:

- визначення розподілу фізико-хімічних (температура, електропровідність, рН, окисно-відновний потенціал) та гідрохімічних (вміст Cl, Na, Sr, Li) показників у водоймі кратеру свердловини №5 з глибиною;
- визначення вмісту розчинених газів метанового ряду та гелію у воді кратеру свердловини №111 для оцінки об'ємів забруднення атмосфери;

- ботанічні та гідробіологічні дослідження водних та прибережних екосистем, що сформувалися на кратерах, для встановлення їхньої ролі у збереженні біорізноманіття;

- встановлення напрямків можливої сублатеральної міграції висхідних потоків пластових флюїдів із недозаглушеного стовбуру свердловини №111 у приповерхневому водоносному комплексі, визначення контурів масиву забруднених вод та оцінка об'ємів забруднення.

Висновки та перспективи. Аварії під час буріння нафтогазових свердловин можуть мати катастрофічні екологічні наслідки на локальному або регіональному рівні, особливо якщо супроводжуються відкритим фонтануванням високомінералізованих пластових вод та вуглеводнів. У межах Східного нафтогазоносного басейну Дніпровсько-Донецької западини є приклади водойм аварійних кратерів на устях ліквідованих свердловин, в яких утворилися своєрідні критичні екосистеми. За радянських часів після ліквідації аварії кратери на устях свердловин із залишками пластових флюїдів нерідко використовувалися для складування нафтошламів та відходів буріння, що призводило до посилення негативного впливу та створювало довгострокові негативні ефекти для довкілля.

Досліджені приклади трьох аварійних кратерів на Качанівському та Рибальському родовищах показують, що, не зважаючи на давність аварій, протягом десятків років у цих водоймах зберігаються великі об'єми забруднених вод та залишків нафтошламів. Кожен із розглянутих екологічно небезпечних об'єктів характеризується індивідуальними умовами, які були визначені характером аварій та подальшою долею кратеру як сховища відходів. Кратери свердловин №35 Качанівського родовища та №5 Рибальського родовища досі містять високомінералізовані флюїди, особливо у придонній частині та залишки нафтопродуктів, але при цьому залишаються, скоріше за все, відносно ізольованими системами. У кратері свердловини №111 Рибальського родовища відсутні залишки пластових флюїдів, принаймні у значних об'ємах, але є ознаки неповної ізоляції стовбуру. Через неперекритий стовбур, очевидно, відбувається висхідна міграція пластового водно-газового флюїду, який розділяється в зоні активного водогазового обміну на газові та водяні потоки. Газовий потік через водойму в кратері мігрує субвертикально, а водний, змішуючись з приповерхневими підземними водами мігрує сублатерально у напрямку Ворскли, що створює загрозу для питних водоносних горизонтів та річковим екосистем.

Урахування таких екологічно небезпечних об'єктів в оцінці впливу на довкілля на родовищах є вкрай необхідним, адже вони створюють техногенний фон та вторинне забруднення підземних і поверхневих вод на прилеглий території, можуть виступати джерелами надходження газів в атмосферне повітря та чинити негативний вплив на біотичні компоненти. Основними завданнями в оцінці впливу на довкілля мають бути визначення об'ємів депонованих у кратерах забруднюючих речовин, визначення ступеню їхньої трансформації за минулі роки та прогнозування процесів самоочищення критичних екосистем.

Література

1 Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку: Постанова Каб. Міністрів України від 28 серпня 2013 р. № 808. Дата оновлення: 14.01.2016. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/808-2013-%D0%BF> (дата звернення: 11.05.2018).

2 Водний Кодекс України. Дата оновлення: 18.12.2017. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 01.08.2017).

3 Правила розробки родовищ нафти і газу: затв. наказом М-ва екології та природних ресурсів України від 15.03.2017 р. № 118. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0692-17#n13> (дата звернення: 11.05.2018).

4 Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 р. № 2059-VIII. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення: 11.05.2018).

5 Екологічна безпека нафтогазового комплексу у Західному регіоні: Колективна монографія / за ред. проф. Я. О. Адаменка. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. 284 с.

6 Богоявленский В. И., Бойчук В. М., Перекалин С. О., Богоявленский И. В., Каргина Т. Н. Катастрофа Кумжи. Бурение и нефть. 2017. № 1. URL: <http://burneft.ru/archive/issues/2017-01/18> (дата звернення 11.05.2018).

7 Леськів І. Як українці ліквідували нафтогазовий «фонтан XX століття». URL: <http://vidia.org/2013/16152> (дата звернення 11.05.2018).

8 Черногор Л. Ф. Наибольшая авария на газоконденсатном родовище на Харківщині та її наслідки. Національна безпека: український вимір. 2009. №4 (23). С. 59–70.

9 Справочник MyKharkov.info «Достопримечательности Харьковской области». URL: <https://mykharkov.info/catalog/nastoyashhee-solenoe-ozero-v-xarkovskoj-oblasti-46892.html> (дата звернення 11.05.2018).

10 Журавель Н. Е., Васильев А. Н., Клочко П. В., Лилак Н. Н. Критическая экосистема кратера аварийной скважины Качановского нефтяного месторождения. Харьков: Прапор, 1997. 78 с.

11 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.

© Д. В. Дядін,
М. Ю. Журавель,
П. В. Клочко

*Надійшла до редакції 15 травня 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. О. Адаменко*

ЕКОЛОГІЯ АТМОСФЕРИ

УДК 504.3.054(477-25)

*Р. В. Сінаков, О. С. Волошкіна,
Ю. О. Березницька, І. В. Клімова
Київський національний університет
будівництва та архітектури*

ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ВИКИДІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ У М. КИЄВІ

В роботі, на підставі запропонованої авторами математичної моделі оцінки вторинного забруднення формальдегідом від викидів автомобільного транспорту, отримана формула визначення концентрації СНОН в атмосферному повітрі над автомобільними шляхопроводами. Проведені розрахунки середньомісячних концентрацій формальдегіду та індекси неканцерогенної небезпеки. Ризик для здоров'я населення за існуючою нормативною класифікацією визначено, як середній. Дослідження показали необхідність додаткових пунктів контролю в системі моніторингу атмосферного повітря та запровадження відповідних заходів по зменшенню забруднення від автомобільних викидів.

Ключові слова: концентрація формальдегіду, забруднення атмосферного повітря, автомобільні шляхопроводи, математична модель, ризик неканцерогенного забруднення.

In the work, based on the mathematical model of the estimation of secondary contamination by formaldehyde from the emissions of road transport, proposed by the authors, the formula for determining the concentration of HFC in the atmospheric air over automobile overpasses is obtained. Conducted calculations of average monthly concentrations of formaldehyde and indexes of uncarcinogenic danger. Risk for the health of population after existent normative classification certainly, as middle. Researches rotined the necessity of additional points of control in the system of monitoring of atmospheric air and introduction of the proper measures on diminishing of contamination from motor-car extrass.

Keywords: concentration of formaldehyde, atmospheric air pollution, road overpasses, mathematical model, risk of non-carcinogenic pollution.

Актуальність проблеми. Атмосферне повітря великого мегаполіса, зазвичай, характеризується вмістом шкідливих домішок, серед яких особливу загрозу для організму людини створює формальдегід – токсичний безбарвний газ з різким задушливим запахом, який належить до летючих органічних сполук. Основним джерелом надходження формальдегіду в атмосферне повітря великого міста, крім промисловості (з використанням або виробництвом формальдегіду), є автомобільний транспорт і, відповідно, основним впливом формальдегіду на населення є його поглинання в процесі дихання забрудненим повітрям в містах великого скупчення автомобільних засобів (так звані «автомобільні затори»).

Як показують дані метеоспостережень на постах, забруднення атмосферного повітря в великих містах України, концентрації формальдегіду в приземному шарі атмосферного повітря можуть в декілька разів перевищувати рівень максимально допустимої референтної дози [3, 6, 8].

Аналіз існуючих досліджень та публікацій. Дослідженням впливу викидів від автомобільного транспорту на якість атмосферного повітря на урбанізованих територіях присвячено останнім часом ряд робіт вітчизняних та закордонних авторів [4, 7, 8, 11, 13 та

ін.]. В роботах ряду авторів [2, 4, 6, 8] це питання розглядалося на основі аналізу багаторічних моніторингових даних, інші автори застосовували підходи, які ґрунтуються на законах хімічної кінетики [12, 13]. Нині найбільш відомими та поширеними вважаються методики, що засновані на реалізації математичних моделей, які базуються на рівняннях математичної фізики з залученням методів статистичної обробки [5]. В якості приклада можна привести модель локального прогнозу формальдегідного забруднення атмосфери для умов м. Томськ [4], моделі забруднення м. Усть-Каменогорськ [14], модель забруднення атмосфери Land Use Regression [15]. Але існуючі на даний час методики моделювання як просторового розподілу забруднення, так і моделі атмосферної дифузії не можуть бути уніфіковані, оскільки існують суттєві відмінності мікроклімату та соціально-економічних умов розвитку великих міст. Крім цього, сучасні методики оцінки та прогнозу дають змогу реалізувати чисельно забруднення атмосферного повітря міського середовища від стаціонарних та пересувних джерел без належної оцінки кожного джерела окремо. Питання оцінки вкладу особистого автотранспорту в загальні викиди вуглеводнів міста не розглядалося взагалі.

Питання впливу забруднення формальдегідом атмосферного повітря великих міст на здоров'я населення висвітлені в роботах [2, 3, 10].

В роботі [3] розглянуто індекси неканцерогенної небезпеки HQ за 2011 рік за даними постів метеоспостережень. Але поблизу всіх великих автошляхів міста розрахунки ще не проводились. За програмою ООН ХАБИТАТ по населених пунктах, в країнах, що розвиваються спостерігається підвищена залежність від особистого транспорту, яка має збільшитися до 2050 року на 50% порівняно з 2011 р.

Враховуючи загальне підвищення температури внаслідок процесів глобальних кліматичних змін та залежність від температурних умов ступеня забруднення атмосферного повітря міста, виникає нагальна потреба в оцінці ризику для здоров'я населення вторинного забруднення формальдегідом та появи фотохімічного смогу над автотранспортними шляхопроводами.

В м. Києві значення забруднюючих речовин вимірюється на 16 постах спостережень Центральної Геофізичної Обсерваторії з періодичністю відбору проб 6 разів на тиждень. Концентрації пріоритетних забруднювачів (по кратності ГДК) в атмосферному повітрі по різних рецепторних точках дають досить мінливі результати: від 0,8 до 3 разів по формальдегіду; від 0,5 до 3,5 - діоксиду азоту; від 0,5 до 1,2 - пилу; від 0,5 до 2 - оксиду вуглецю [3]. При цьому, максимальні концентрації формальдегіду реєструються поблизу великих автомобільних шляхопроводів, де маємо постійні автомобільні затори. Цей факт підтверджує думку багатьох дослідників [7, 12, 13 та ін.], що індикатором прояву фотохімічного смогу в великих транспортних містах, в м. Києві зокрема, є вторинне формальдегідне забруднення.

Мета і задачі досліджень. Мета роботи – визначити забруднення формальдегідом атмосферного повітря на автомобільних шляхопроводах в залежності від метеоумов та оцінити ризик для здоров'я населення для забезпечення сталого розвитку м. Києва.

Для реалізації цієї мети були поставлені наступні завдання:

- розробити математичну модель вторинного забруднення формальдегідом на автотранспортних шляхопроводах;
- зробити порівняльний аналіз розрахункових даних з моніторинговими даними постів стаціонарних спостережень за якістю атмосферного повітря м. Києва;

За існуючими методиками оцінити неканцерогенний ризик на здоров'я населення від викидів автомобільного транспорту на шляхопроводах.

В проведених авторами дослідженнях [7] запропоновано математичну модель вторинного забруднення формальдегідом при перетворенні викидів вуглеводнів від автомобільного транспорту. Модель була апробована на автомобільних шляхопроводах м. Києва.

Методика та результати досліджень. Математична модель складається з динамічного та кінетичного блоку.

В першому блоці моделі на основі рівнянь конвективного струменя над теплою поверхнею проводимо розрахунок концентрацій викидів вуглеводнів від загальної кількості автотранспорту на шляхопроводі та визначаємо параметри забрудненого струменя та кількість теплоти, яка виходить з теплового джерела в навколишнє середовище (розсіяна та пряма сонячна радіація, тепло, яке виділяється від автотранспортних засобів в «автомобільній пробі»).

Динамічний блок представлено системою рівнянь, які описують конвективне тепло, яке підіймається над нагрітою поверхнею автотранспортного вузла в повітрі:

$$\begin{aligned} V_y &= 0,56 \left(\frac{Q_k}{y - y_0} \right)^{0,33} \\ \Delta t_{y_{\text{ср}}} &= \frac{41 \cdot Q_k^{2/3}}{(y - y_0)^{3/3}} \\ Q_k &= (R_p + R_c + R_a) \end{aligned} \quad (1)$$

де R_p , R_c , R_a – відповідно сума розсіяної, прямої радіації для м. Києва та теплота від автомобільних викидів на транспортній розв'язці, МДж/м²;

$\Delta t_{y_{\text{ср}}}$ – середня температура у перехідному перерізі конвективного струменя, град, на відстані y_0 від поверхні землі (приблизно 2 умовних діаметри теплової поверхні, м);

V_y – середня по площі швидкість теплового повітря, яке підіймається вгору, м/с.

Кінетичний блок моделі дозволяє знайти коефіцієнт швидкості перетворення етену у формальдегід (вторинне забруднення) в найвужчому перерізі конвективного струменя. Саме на цій висоті від поверхні землі проходять фотохімічні реакції утворення смогу при відповідних сталих метеороумовах.

Знайшовши концентрацію етену в вертикальному конвективному струмені над поверхнею шляхопроводу, знаходимо частку перетворення його у формальдегід при певних метеороумовах. Концентрація формальдегіду (вторинне забруднення) в загальному вигляді визначається наступним чином:

$$C_{\text{CHOH}} = k \cdot C_{\text{CH}} \quad (2)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від температури повітря, часового проміжку, інтенсивності сонячного світла і т.п., C_{CHOH} , C_{CH} – відповідно концентрації утвореного формальдегіду та вуглеводнів від автотранспорту, мг/м³.

В результаті рішення даної системи отримано спрощену формулу для попередньої оцінки концентрації формальдегіду в найвужчому перерізі конвективної струмени, що передуює утворенню забрудненого купола атмосферного повітря та утворення фотохімічного смогу над автопроводами:

$$C_{\Phi} = \left[\frac{A \cdot n}{D(R_p + R_n + R_a)} \right]^{0,33} \cdot \exp(8,959 - 3784/T) \quad (3)$$

В формулі (3): D – умовний діаметр площ теплої поверхні, м; R_p , R_n , R_a – відповідно розсіяна, пряма радіація на площі теплої поверхні, $S = \pi D^2/4$, та теплота від загальної кількості автомобільного транспорту на площі S , КДж/м²; T – температура приземного шару атмосферного повітря в К; A – переводний коефіцієнт, який характеризує кількість одиниць забруднення і теплоти з 1 м² теплої поверхні за одиницю часу. Для умов м. Києва він дорівнює $A = 73,7$ мг/(КДж/м²) з 1 м².

На основі запропонованої моделі було отримано програмний продукт та зроблені розрахунки по основних автомобільних шляхопроводах м. Києва.

Проведений порівняльний аналіз характеру середньомісячних змін концентрацій формальдегіду за даними моніторингових спостережень за 2014-2016 рр. та за розрахунковими даними за запропонованою методикою показав великий ступінь збігу значень за максимальними концентраціями (не перевищує 5%); що стосується середньомісячних концентрацій, розрахункові значення дають порівняно з експериментальними дещо завищені результати, особливо в літній період. Завищені розрахункові дані пояснюються тим фактом, що моніторинг на постах спостережень ведеться в приземному шарі атмосферного повітря, тоді як розрахунок вторинного забруднення ведеться у перехідному перерізі забрудненого теплового струменя на відстані більш як 200м від поверхні. Останній при стабільних метеоумовах на відстані 3-х умовних діаметрів від теплої поверхні перетворюється в купол забрудненого повітря, який опускається з розтіканням в приземний шар атмосфери на площу земної поверхні, яка згідно теорії конвективного струменя не перевищує величини орієнтовно $2D$; але при близькому розташуванні житлових будівель від шляхопровода може накривати їх.

Роблячи припущення про «розрахунок в запас» та зважаючи на мінливі умови атмосферного повітря з подальшим осіданням забрудненого купола та перенесенням утвореного формальдегіду процесами турбулентної дифузії, розглянемо оцінку ризику для здоров'я населення, яке проживає або постійно перебуває поблизу автошляхопроводів та великих перехрестів м. Києві.

Розрахунок ризику розвитку неканцерогенних ефектів визначається шляхом розрахунків індексу небезпеки [1].

В табл. 1 представлені дані розрахунку концентрацій вторинного забруднення формальдегідом від автомобільного транспорту та індекси небезпеки для населення м. Києва біля основних шляхопроводів, які були розраховані за отриманими максимальними місячними концентраціями.

Згідно класифікації рівнів ризику [9, 16] та у відповідності до даних табл. 1, розрахункові дані перевищення концентрацій формальдегідом знаходяться в межах 2,5-5,0 ГДК, що складає середнє значення рівнів ризику, що за умов впливу на все населення, потребує необхідного динамічного контролю і поглибленого вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів на населення.

Висновки. Визначені за запропонованою методикою із застосуванням теорії конвективного струменя з теплої поверхні значення концентрацій формальдегіду в місцях основних шляхопроводів м. Києва показують, що максимальні їх рівні спостерігаються в літні місяці біля Центрального Автовокзалу, станцій метро «Шулявка», «Либідська» та Поштової площі. Розраховані за стандартною методикою індекси неканцерогенної небезпеки становлять їх середнє значення, що потребує подальшого удосконалення системи моніторингу атмосферного повітря в районі автотранспортних шляхопроводів та великих перехрестів м. Києва органами Державної гідрометеорологічної служби України та Державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України.

Проведені дослідження потребують подальшої оцінки визначення канцерогенного ефекту за рахунок інгаляційного впливу формальдегіду на населення з врахуванням розташування житлової забудови.

Література

- 1 Методичні рекомендації МР 22.12-142-2007 «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря». -2007.-40с. Режим доступу до елект.ресурсу: <http://Zakon.nau.ua/doc>.
- 2 Ушакова І.О., Катасонова І.О. Нечіткій підхід до прогнозування екологічних ризиків від забруднення атмосферного повітря// Системи обробки інформації, ХНЕУ, -Харків,- 2010, -№5(86)-246-251с.
- 3 Руденко Н.В. Анализ риска заболеваемости населения в зависимости от качества атмосферного воздуха // Экосистемы, их оптимизация и охрана. НТУ, Симферополь, 2012,-вып.6.-269-275с.

**Ризик неканцерогенного ефекту забруднення атмосферного повітря формальдегідом
по основних шляхопроводах в м. Києві**

Таблиця 1

№ п/п	Назва перехрестя	Розрахункова концентрація СНОН, мг/м ³ середньомісячна Значення перевищення концентрації СНОН (C/Rf=0,003)												Середньорічне значення перевищення концентрації СНОН
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
		0,0064 2,13	0,00544 1,81	0,00656 2,19	0,0088 2,93	0,0111 3,7	0,0209 6,93	0,0139 4,63	0,0134 4,46	0,0125 4	0,0097 3,23	0,0076 2,53	0,0074 2,47	3,417 5
1	вул. Богатирська - вул. Лугова - проспект Маршала Тимошенка													
2	Проспект Паладіна - вул. Стеценка	0,0081 2,7	0,00678 2,26	0,012 4	0,01499 5	0,015 5	0,0157 5,23	0,0158 5,27	0,014 4,67	0,0108 3,6	0,00786 2,62	0,0095 3,17	0,0092 3,7	3,935
3а	вул. Лугова - Паладіна - проспект Степана Бандери	0,0081 2,7	0,00678 2,26	0,012 4	0,01499 5	0,015 5	0,0157 5,23	0,0158 5,27	0,014 4,67	0,0108 3,63	0,00786 2,62	0,0095 3,16	0,0092 3,07	3,935
3б		0,0091 3,02	0,00754 2,47	0,00908 3,03	0,0121 4,03	0,0154 5,16	0,0166 5,53	0,0191 6,37	0,0185 6,17	0,0172 5,73	0,0134 4,47	0,0106 3,53	0,0102 3,4	4,41
4	вул. Електротехнічна - вул. Братиславська	0,0085 2,82	0,00789 2,51	0,00848 2,83	0,01135 3,78	0,0144 4,8	0,0155 5,17	0,0178 5,93	0,0173 5,77	0,0161 5,37	0,0112 3,73	0,0082 2,72	0,0095 3,17	4,05
5	вул. Щербаківського - вул. Стеценка - вул. М.Грека	0,0108 3,6	0,00905 3,2	0,0108 3,6	0,0146 4,87	0,0185 6,17	0,0199 6,63	0,0229 7,63	0,0223 7,43	0,023 7,67	0,0161 5,37	0,0127 4,23	0,022 7,33	5,64
6	вул. Олени Теліги - проспект С. Бандери - Куренівка	0,0099 3,3	0,00829 2,76	0,0099 3,3	0,0133 4,43	0,017 5,67	0,0182 6,07	0,021 7	0,02 6,67	0,019 6,33	0,0148 4,93	0,0166 3,89	0,0112 3,73	4,84
7	вул. Щусева - вул. Олени Теліги - вул. Мельникова	0,0111 3,7	0,0092 3,07	0,0111 3,7	0,0148 4,93	0,0189 6,3	0,0203 6,76	0,0233 7,76	0,0227 7,57	0,0211 7,03	0,0164 5,46	0,0129 4,3	0,0125 4,17	5,4
8	вул. Щербаківського - проспект Перемоги (М. Нивки)	0,0079 2,63	0,0066 2,2	0,00729 2,43	0,00953 3,2	0,0134 4,47	0,0148 4,9	0,0222 7,4	0,0181 3,6	0,017 5,67	0,01185 3,95	0,0093 3,1	0,009 3	3,89

Продовження таблиці 1

9	Проспект Перемоги - М. Василенко (М. Берестейська)	0,0063 2,1	0,0054 1,8	0,0067 2,23	0,0085 2,83	0,0108 3,6	0,0209 6,97	0,0252 8,4	0,013 4,33	0,0123 4,1	0,0094 3,13	0,0074 2,47	0,0071 2,37	3,69
10	Проспект Броварський - вул. Братиславська (М. Чернігівська)	0,0063 2,08	0,0057 1,9	0,0066 2,2	0,00886 2,95	0,0113 3,78	0,0122 4,07	0,014 4,67	0,0136 4,53	0,0126 4,2	0,0098 3,27	0,0078 2,6	0,0075 2,5	3,23
11	Проспект Перемоги (М. Святошин)	0,0046 1,53	0,0041,3 3	0,004791 ,6	0,00642, 13	0,0079 2,63	0,0085 2,83	0,0098 3,27	0,01023, 4	0,00892, 97	0,006955 2,32	0,00541, 8	0,0053 1,77	2,3
12	Проспект Паладіна - Кільцева	0,0049 1,63	0,00412 1,37	0,0049 1,63	0,0066 2,2	0,0085 2,83	0,0091 3,03	0,0105 3,5	0,0102 3,4	0,0094 3,13	0,0074 2,47	0,0058 1,93	0,0056 1,87	2,42
13	Проспект Перемоги - вул. Довженка - вул. В.Гетьмана (М.Шулявська)	0,009 3	0,0075 2,5	0,009 3	0,0121 4,3	0,0154 5,13	0,017 5,67	0,0253 8,44	0,0246 8,2	0,0172 5,73	0,0134 4,47	0,011 3,67	0,0107 3,57	4,81
14	Проспект Броварський - вул. М.Раскової (М.Лівобережна)	0,01 3,03	0,0083 2,77	0,01 3,03	0,0134 4,47	0,017 5,67	0,0183 6,1	0,0211 7,03	0,0205 6,83	0,0191 6,37	0,0148 4,93	0,0117 3,9	0,0113 3,77	4,82
15	Пр. Повітрофлотський - пр. Перемоги (Повітрофлотський міст)	0,0056 1,87	0,0047 1,57	0,00566 1,89	0,00759 2,53	0,0096 3,22	0,0103 3,43	0,0119 3,97	0,0116 3,87	0,0107 5,67	0,0084 2,8	0,0066 2,2	0,0064 2,13	2,93
16	Проспект Перемоги (площа Перемоги)	0,0056 1,87	0,0047 1,57	0,00566 1,89	0,00759 2,53	0,0096 3,22	0,0103 3,43	0,0119 3,97	0,0116 3,87	0,0107 5,67	0,0084 2,8	0,0066 2,2	0,0064 2,13	2,93
17	вул. Борщатівка - вул. Індустріальна (Індустріальний міст)	0,0055 9 1,86	0,0046 1,53	0,0056 1,87	0,0075 2,53	0,0094 3,13	0,0127 4,23	0,0118 3,93	0,0115 3,83	0,01066 3,55	0,0083 2,76	0,0065 2,17	0,0061 2,02	2,78
18	Поштова площа (міст Дніпро)	0,012 3,33	0,0108 3,6	0,012 3,33	0,0161 5,37	0,0206 6,83	0,0221 7,37	0,0026 8,79	0,0028 9,53	0,0024 8,0	0,0179 5,96	0,014 4,67	0,0132 4,4	5,7
19	Ленінградська (Дарницька) площа	0,012 3,3	0,0108 3,6	0,012 4	0,0088 2,93	0,0124 4,13	0,0125 4,17	0,0138 4,6	0,0134 4,47	0,0117 3,9	0,0097 3,23	0,0077 2,55	0,0079 2,39	3,61
20	вул. Воз'єднання - Академіка Шліхтера (Русановка)	0,009 3	0,0075 2,5	0,00903 3,01	0,0121 4,3	0,0153 5,1	0,0165 5,5	0,019 6,33	0,0185 6,17	0,0172 5,73	0,0134 4,47	0,0105 3,5	0,0101 3,37	4,62
21	Бульвар Дружби Народів (озеро Глинка)М. Либідська	0,0076 2,63	0,00642, 13	0,007712 ,57	0,01033, 34	0,0136 4,53	0,0141 4,7	0,0264 8,8	0,01565, 2	0,04615, 33	0,01143, 8	0,0093 2,8	0,0084 2,8	4,9
22	Проспект 40-річчя жовтня (Автовокзал)	0,0046 1,53	0,008 2,67	0,0119 3,97	0,0149 4,97	0,0196 6,53	0,0247 8,23	0,024 8	0,0174 5,8	0,0146 4,87	0,0085 2,83	0,0055 1,83	0,0058 1,93	4,4
23	Севастопольська площа	0,0091 3,02	0,00788 2,63	0,009 3	0,0121 4,3	0,0154 5,13	0,0166 5,53	0,0191 6,3	0,0185 6,17	0,0172 5,73	0,094 3,13	0,0196 6,53	0,0099 3,3	4,56

- 4 Селегей Т.С. Формальдегидное загрязнение городской атмосферы и его зависимость от метеорологических факторов /Селегей Т.С., Филоненко Н.Н., Шлычков В.А., Леженин А.А., Ленковская Т.Н.// «Оптика атмосферы и океана», 26, № 5 (2013), - 422-426.
- 5 Марчук Г.И. Динамика и кинетика газовых примесей и аэрозолей в атмосфере и их значение для биосферы / Марчук Г.И., Алоян А.Е.// Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера», т. 1, № 1. – 48-57
- 6 Шевченко О.Г. Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом/ Шевченко О.Г., Кульбіда М.І., Сніжко С.І., Щербуха Л.С., Данілова Н.О.// Український гідрометеорологічний журнал, 2014, № 14. – 26 с.
- 7 Sipakov R.V Assessment and forecast for the creation of photochemical smog over transport overpasses in Kyiv/Sipakov R.V., Trofimovich V.V., Voloshkina O.S., Bereznitskaya Y.O.//Prob. Scientificworks "Ecologicalsafetyandnaturemanagement", KNUBA, ITGIP NANU, K., 2018.-issue 25 p. 44-51
- 8 Мислюк О.О. Оцінка екологічної безпеки функціонування автотранспорту в умовах промислового міста/ Мислюк О.О., Шейкіна О.Ю.// Вісник ЖДТУ №3 (46), -1-9.
- 9 Lu H. Development and application of computer simulation tools for ecological risk assessment/ Haiyi Lu, Lisa Axea, Trevor A. Tyson// Environmental Modelingf and Assessment.-2003.-V.8.-P.311-322
- 10 The Air Toxics Hot Sport Program Guidance Manual for Preparation of Health Risk Assessment/ Ed.by Robert Blaisdell et al.-Oakland,Cal.:ОЕННА, 2003.-302p.
- 11 Atmosphere protection from industrial pollutions: ed.S. Kalvert and G.M. Inglund.- M,1988. -760p.
- 12 John H. Seinfeld, Spiros N. Pandis /Atmospheric chemistry and physics/ A Wiley-Interscience Publication, Printed in the USA, QC879.6. S45 1997.-1356 P.
- 13 Howard Brigman/ Globalairpollution, problemsforthe 1990s., CBS Publishers&Distributors - 1992.- P.261.
- 14 Темирбеков А.Н. Изучение развития атмосферных процессов промышленного города с учетом фотохимических превращений/ Вестник КазНПУ, серия физико-математические науки, 2014. – 199-208.
- 15 Air pollution modeling in a small industrial city: The case study of NewCastle, New South Wales, Australia /Leanne Graham, Howard Bridgman, University of Newcastle, Newcastle, Australia University Drive, Callaghan, NSW 2308 Australia.
- 16 Оцінка екологічного ризику. Вплив на здоров'я людини: Навчальний посібник / С.М. Орел, М.С. Мальований, Д.С. Орел.- Херсон: ОЛДІ ПЛЮС, 23014.- 232с.

© Р. В. Сіпаков,
О .С. Волошкіна,
Ю. О. Березницька,
І. В. Клімова

*Надійшла до редакції 03 травня 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. О. Адаменко*

ЕКОЛОГІЯ ГІДРОСФЕРИ

УДК 504.61 (477.8)

Л. М. Архипова, Я. О. Адаменко
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

МЕТОДОЛОГІЧНЕ ПІДГРУНТЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ МАЛИХ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СПОРУД

В роботі, авторами запропоновані методологічні засади та математичні моделі щодо оцінки впливів водного середовища для обґрунтування будівництва нових об'єктів гідроенергетичних споруд на Карпатських річках. Як приклад у роботі розглянутий інвестиційний задум будівництва міні гідроелектростанції на р. Шопурка у Закарпатті. При цьому авторами розглянуті дві технічні альтернативи, щодо будівництва об'єкту. Також у статті обґрунтовується ймовірність впливу ґрунтового живлення р. Шопурка на ґрунтове волого забезпечення лісових територій. Дослідженнями встановлено, що підземне живлення в басейні р. Шопурка в більшості залежить від кількості опадів, що випадають на території та існуючої залісеності території, також доведено, що обидва ці фактори не змінюватимуться внаслідок впровадження планованої діяльності.

Ключові слова: міні гідроелектростанція, гідропотенціал, оцінка впливу на довкілля, водозбір, водозабезпечення.

In the work, the authors proposed methodological principles and mathematical models for assessing the impacts of the aquatic environment to justify the construction of new objects of hydropower structures in the Carpathian rivers. As an example in the work, the investment plan for the construction of a mini hydroelectric power station on the River Shopurka in Transcarpathia has been considered. At the same time, the authors consider two technical alternatives concerning the construction of the object. The article also substantiates the probability of the influence of soil nutrition on the Shopur River on the soil moisture of forest areas. The research has established that underground power in the Shopurka River Basin depends largely on the amount of precipitation falling on the territory and the existing felling area, and it is also proved that both of these factors will not change as a result of the implementation of the planned activity.

Key words: mini hydroelectric power station, hydropotential, environmental impact assessment, catchment, water supply.

Постановка проблеми. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (від 23.05.2017 № 2059-VIII) [11] вступив в дію 18 грудня 2017 року. В законі зазначено, що «Оцінка впливу на довкілля здійснюється з дотриманням вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища, з урахуванням стану довкілля в місці, де планується провадити плановану діяльність, екологічних ризиків і прогнозів, перспектив соціально-економічного розвитку регіону, потужності та видів сукупного впливу (прямого та опосередкованого) на довкілля, у тому числі з урахуванням впливу наявних об'єктів, планованої діяльності та об'єктів, щодо яких отримано рішення про провадження планованої діяльності або розглядається питання про прийняття таких рішень». Однак, в Україні в багатьох випадках відсутні офіційні методики оцінки екологічних ризиків, виконання екологічних прогнозів, оцінки існуючого стану сфер довкілля, єдиних баз доступної статистичної інформації.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Отож, виконання оцінки впливу на довкілля конкретної планованої діяльності вимагає наукового підходу, комплексного аналізу досліджень і публікацій, що стосуються території розташування об'єкту, виду планованої діяльності, джерел впливу на довкілля, застосування напрацьованих дослідниками методик, обробки багаторічних результатів досліджень.

Постановка завдання. Авторами статті в процесі проведення оцінки впливу на довкілля (ОВД) з будівництва малої гідроелектростанції (МГЕС) на річці Шопурка в Рахівському районі Закарпатської області з метою встановлення дозволених рівнів впливів на навколишнє середовище, виникнення у навколишньому середовищі небезпечних ендемічних і екзогенних процесів, дотримання встановлених обмежень при здійсненні експлуатації об'єкту проектування було встановлено, що основним середовищем впливу є водне. Для реалізації поставленого завдання були застосовані авторські методологічні підходи, результати викладені нижче.

Аналіз досліджень і публікацій. До цього часу дослідження щодо екологічно безпечного улаштування відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) проводились переважно на географічних рівнях (регіонів) або адміністративних рівнях областей [9, 10]. Якщо ж дослідження проводились для конкретних підприємств на рівні інвестиційних пропозицій, як правило, вони не враховували екологічні територіальні обмеження. Стратегічна екологічна оцінка впровадження ВДЕ виконана Європейським банком реконструкції і розвитку для території всієї України передбачала державний рівень деталізації. Ряд закордонних вчених, таких як Adam James, John Twidell, Tony Weir, Godfrey Boyle розглянули досвід використання відновлювальних джерел енергії в світі в світлі сталого розвитку [12]. Однак, в публікаціях закордонних та вітчизняних вчених відсутня методологія оцінки впливу на водне середовище малих гідроелектростанцій на гірських річках.

Виклад основного матеріалу. Річка Шопурка є однією із численних правобережних допливів р. Тиса, із загальною довжиною 41 км, площею водозбору – 283 км², густотою річкової сітки більше 1,0 км/км², середнім нахилом 30‰. Свою назву набуває після злиття р. Малої та р. Середньої Шопурки (рис. 1). Бере початок (р. Мала Шопурка) із малодебітних джерел, на південному схилі г. Унгаряска на висоті близько 1550 м абс., впадає в р. Тиса на 927 км від гирла на висоті 320 м абс. в смт Великий Бичків Рахівського району Закарпатської області. Крупних приток немає. В ріку впадає 18 приток довжиною менше 10 км. Найвищий за розташуванням населений пункт в долині річки в її гірській частині – селище Кобилецька Поляна. Басейн річки розташований на південних відрогах хребта Свидовець і представляє собою ланцюг гірських хребтів із випуклими вершинами, відмітки яких змінюються від 400 до 1761 м абс. (гора Догыска).

Долина слабозвивиста, V-подібна, місцями має вигляд ущелини. Ширина її по дну змінюється від 20 м до 2,5 км. Схили випуклі, дуже круті, нерідко біля підніжжя прямовисні, сильно посічені, майже повсюдно заросли буковими і ялиновими лісами, рідше чагарником, місцями задерновані. Ґрунти буроземні, середньоопідзолені; у підґрунті лежать пилувато-важкосуглинисті породи. Ґрунти, які складають схили і тераси суглинисті і хрящуваті; біля підніжжя схилів багато джерел.

Біля 81% площі басейну зайнято лісами, які розташовуються по висотам наступним чином: до 600 м абс. – ліси широколистяні (дуб, граб, бук, клен, з домішками ялини і смереки), вище 600 м – переважає бук, вище 1250–1600 м – домінують хвойні, ялинові ліси. Вершини гір покриті субальпійськими луками і чагарниковими заростями [1].

Заплава простежується лише на окремих ділянках довжиною 0,3–1,9 км і чергується по берегам. Ширина заплави від 10 до 250 м (переважаючи 60–80 м), поверхня рівна, слабопосічена, складена мулистими ґрунтами, суха, заросла чагарником, подекуди лугова, заболочена. Затоплюється заплава лише при виключно високих підйомах рівня води під час повеней і паводків на глибину 0,5–0,8 м на 1–2 дні.

Русло річки слабозвивисте, помірно розгалужене. Острови й осередки зустрічаються через кожні 5–8 км; довжина їх 3–60 м, ширина 15–20 м, висота 0,4–0,8 м, в паводки затоплюються. Складені вони суглинками або гальковиком, задерновані, деякі із них заросли рідким чагарником і окремими деревами. Протоки й рукави, які відділяють острови й осередки, довжиною 20–230 м, шириною 0,3–3,0 м, глибиною 0,1–0,3 м, швидкість течії в них 0,5–0,9 м/сек [1].



Рис. 1. Проектна територія МГЕС на р. Шопурка

В місцях виходів на поверхню у руслі скельних порід утворюються порожисті ділянки довжиною до 0,5 км, глибиною 0,4–0,7 м, із швидкістю течії до 3,2 м/сек. Чергуючись по берегам, тягнуться кам'яністі приплески і піщано-галькові коси шириною 2–10 м.

Біля витoku річка має вигляд струмка шириною до 1,0 м, глибиною до 15 см; поступово вона розширюється до 7–25 м, глибини збільшуються від 0,5 до 1,8 м. Швидкість течії складає 1–3 м/сек. Під час проходження паводків значно вища. В багатьох місцях русло загромаджено валунами, а також деревами і корчами. Дно річки нерівне, у верхів'ї крупно кам'янисте, валунне, нижче в середній течії та пригирловій частині – гальково-кам'янисте. Береги круті, рідше обривисті, висотою 1,0–2,5 м, в окремих місцях підвищуються до 5–6 м, часто зливаються із схилами долини. Складені вони суглинними і хрящуватими ґрунтами, поросли рідким чагарником з одиничними деревами, рідше задерновані. Вода прозора, без присмаку та запаху, придатна для пиття. В 60-ті роки минулого століття проводився сплав лісу [1].

За проектним задумом заплановане нове будівництво міні гідроелектростанції дериваційного типу. Передбачається будівництво будівлі ГЕС, водозабору з використанням одного прогону підпірної споруди із клапанним затвором, будівництво дериваційного каналу, відвідного каналу, влаштування габіонних конструкцій і кріплення

негабаритним каменем в зоні відвідного каналу та частині берегової зони для захисту від водної ерозії.

У процесі провадження планованої діяльності основним водним ресурсом, який буде використовуватись – є вода, а саме гідроенергетичний потенціал р. Шопурки. Необхідна кількість та екологічно безпечна величина можлива до використання розрахована нижче.

Для підтримки провадження планованої діяльності в частині забезпечення необхідним гідроенергетичним потенціалом ми вважаємо за необхідне подати наступні розрахунки й висновки.

Основним природним чинником покращення гідрологічного режиму і примноження ресурсів підземних вод річок є лісовий покрив. На цей час з'ясовано, що Карпатські ліси здатні зменшувати піки паводків пересічно у 3-4 рази, збільшувати ґрунтове живлення річок у сухі сезони у 10-12 разів, покращуючи тим самим річковий режим у два рази (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика водозбору р. Шопурки [1, 2]

№ з/п	Водозбір (річка – пункт)	Площа, км ²	Середня висота, м н.р.м.	Лісистість, %	Опади, мм	Коефіцієнт природного зарегулювання стоку	Базовий (підземний) стік, мм
1	р. Шопурка – смт Кобилецька Поляна	240	1000	85	1553	0,64	201

Показники площі, середньої висоти й лісистості водозборів запозичені із гідрологічних довідників. При цьому процент лісистості уточнювався за картографічними і лісовпорядними матеріалами. Величини атмосферного зволоження водозборів розраховувалися на основі отриманих емпіричних залежностей опадів від висоти над рівнем моря для різних орографічних частин Карпат [1].

У якості основних критеріїв режиму стоку прийняті показники підземного (базового) живлення річок і коефіцієнт природного зарегулювання стоку, на які карпатські ліси мають чіткий позитивний вплив. Для окремих водозборів допоміжними характеристиками виступали максимальні модулі стоку та шар стоку весняного водопілля і дощових паводків. Багаторічні показники стоку розраховувалися на основі даних гідрометеослужби з допомогою загальноприйнятих у гідрології формул. При цьому базове підземне живлення річок – за показниками мінімального річного стоку води. Коефіцієнт природного зарегулювання стоку (φ) визначався за Д. Л. Соколовським [2] як відношення площі кривої тривалості добових витрат води до середньої річної витрати:

$$\varphi = \int_0 p dk, \quad (1)$$

де p – тривалість витрат води, виражених у модульних коефіцієнтах (k).

Загалом цей коефіцієнт є інтегральним показником внутрішньорічного режиму стоку, оскільки базується на максимальних, середніх і мінімальних витратах води річок та їх характеристиках протягом 30, 90, 180, 270 і 355 діб. Залежно від фізико-географічних умов він коливається від 0 до 1. Розрахунки показують, що у Карпатському регіоні при зміні лісистості з 21 до 85% цей коефіцієнт зростає з 0,13 до 0,64 [1]. Найкращий річковий режим притаманний поясу букових лісів із найбільшими у регіоні опадами, лісистістю водозборів та добрими гідрологічними властивостями ґрунтів, до якого й належить досліджувана ділянка р. Шопурки.

Показники режиму стоку значно кращі на більш лісистих басейнах, ніж менш заліснених. Це проявляється у збільшенні підземного живлення річок, посиленні коефіцієнту їх природного зарегулювання, зменшенні стоку весняних повеней і дощових

паводків та їх максимальних модулів. Басейн р. Шопурки, як показано в табл. 1 вище залісений на 85%. Отже, планована діяльність не змінюватиме коефіцієнту лісистості, як наслідок, не впливатиме на зміну підземного живлення р. Шопурки.

Виняток становлять лише весняні повені у поясі букових лісів, об'єми яких мало залежать від лісистості. Це викликано тим, що у холодний сезон року букові деревостани, знаходячись у безлистяному стані і фізіологічному спокої, майже не впливають на процеси нагромадження і танення снігу, що своєю чергою зумовлює для них процеси водопілля подібні до польових умов.

Як свідчать дані табл. 2 [1], у гірських поясах коефіцієнт зарегулювання стоку значно залежить від лісистості водозборів і слабо від їх площ, які здебільшого невеликі. Підземне живлення річок тут залежить як від опадів, так і лісистості.

Емпіричні залежності величин ґрунтового живлення річок (Q_u , мм) від річних опадів (P , мм) і лісистості водозборів (f_l , %) та коефіцієнту природного зарегулювання стоку (ϕ) від лісистості і площі водозборів (F , км²) мають наступний вид для басейну р. Шопурки [1]:

$$Q_u = 0,263 \times P + 0,883 \times f_l - 311 \text{ при } R = 0,93 \pm 0,04; \quad (2)$$

$$\phi = 0,0037 \times f_l - 0,26 \text{ при } r = 0,72 \pm 0,13. \quad (3)$$

Із наведених формул випливає що басейн р. Шопурки у всіх відношеннях має найкращі гідрологічні властивості лісів букового поясу. Тут на кожні 100 мм збільшення опадів підземне живлення річок зростає пересічно на 26,3 мм, а приріст лісистості на 1% призводить до його збільшення на 0,88 мм (рівняння 2). Отже, в умовах однакового зволоження лісових і польових водозборів величина цього виду стоку у першому випадку буде на 88,3 мм більшою, ніж у другому. Загалом 1,0 га букового лісу сприяє щорічному приросту об'єму чистої джерельної води приблизно на 883 м³. Із формули (3) випливає, що буковий ліс, порівняно із польовими угіддями, потенційно здатний поліпшувати режим річкового стоку у 2,4 рази.

Таблиця 2

Дослідження залежності характеристик ґрунтового стоку з опадами і лісистістю

Варіанти розрахунків	Висотні пояси		
	букових лісів	мішаних і ялинових лісів	передгірних лісів
Парні коефіцієнти кореляції			
Площа – коефіцієнт зарегулювання стоку	-0,43±0,22	0,26±0,18	0,71 ±0,15
Лісистість – коефіцієнт зарегулювання стоку	0,75±0,12	0,65±0,11	0,42±0,25
Опади – підземне живлення річок	0,91 ±0,05	0,79±0,07	0,62±0,19
Лісистість – підземне живлення річок	0,77±0,13	0,67±0,10	0,52±0,22
Множинні коефіцієнти кореляції			
Площа – лісистість – коефіцієнт зарегулювання стоку	0,76±0,12	0,72±0,09	0,84±0,09
Опади – лісистість – підземне живлення річок	0,93±0,04	0,86±0,05	0,64±0,18

Таким чином, на стадії «Робочий проект» МГЕС необхідні заходи збереження існуючої лісистості в басейні р. Шопурки, оскільки це забезпечить стає ґрунтове живлення ріки, стабільний мінімальний стік, який необхідно залишати в природному руслі. Як наслідок, на турбіни МГЕС попадатиме більша кількість гідроекологічного потенціалу, що збільшить виробіток електроенергії та прибуток Інвестора.

Проведені авторами [1] дослідження доводять, що вилучення на відстані 1-2 км частини річкового стоку у дериваційний канал планованої МГЕС, не впливатиме на ґрунтове живлення р. Шопурка, на ґрунтову вологозабезпеченість лісового заказника «Діброва», оскільки встановлено, що підземне живлення в басейні р. Шопурка на 93% залежить від кількості опадів, що випадають на території та існуючої залісненості

території. Обидва ці фактори не змінюватимуться внаслідок впровадження планованої діяльності.

Згідно типізації, прийнятій Водною Рамковою Директивою ЄС, річка Шопурка на час проведення ОВД є непорушеним водним об'єктом.

Потреба у водних ресурсах при будівництві та експлуатації МГЕС наступна (табл. 3): в процесі експлуатації до закриття станції використовуватиметься гідроенергетичний потенціал р. Шопурка максимально в кількості 200 млн м³ на рік з річною виробкою електроенергії до 3,19 млн кВт×год. у середній за водністю рік, як основна сировина без зміни якісного складу поверхневих вод. Незворотне використання природного гідроекологічного потенціалу не очікується.

Таблиця 3

Потреба у водних ресурсах при будівництві та експлуатації МГЕС-1

МГЕС-1	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середній за водністю рік												
% норми стоку	4,36	4,90	7,67	16,60	15,80	10,80	9,32	7,05	5,93	5,33	6,24	5,91
% кількісного потенціалу природно-техногенної безпеки	0,11	0,54	3,31	12,24	11,44	6,44	4,96	2,69	1,57	0,97	1,88	1,55
Норма стоку, м ³ /с	4,99	5,61	8,78	18,99	18,08	12,36	10,66	8,07	6,78	6,10	7,14	6,76
Потенціал для використання на МГЕС за вирахуваною санітарною витратою в кількості 2,13 м ³ /с	2,86	3,48	6,65	16,86	15,95	10,23	8,53	5,94	4,65	3,97	5,01	4,63
Вироблення електроенергії, тис. кВт×год.	111,7	122,7	259,7	515,9	533,1	386,8	333,5	232,0	176,0	155,1	189,5	181,0
Маловодний рік												
% норми стоку	2,62	4,06	5,10	17,50	17,00	12,70	8,70	9,13	5,93	5,05	7,20	4,98
% кількісного потенціалу природно-техногенної безпеки	0,05	1,44	2,48	14,88	14,38	10,08	6,08	6,51	3,31	2,43	4,58	2,36
Норма стоку, м ³ /с	2,25	3,48	4,37	15,01	14,58	10,89	7,46	7,83	5,09	4,33	6,18	4,27
Потенціал для використання на МГЕС за вирахуваною санітарною витратою в кількості 2,13 м ³ /с	0,12	1,35	2,24	12,88	12,45	8,76	5,33	5,70	2,96	2,20	4,05	2,14
Вироблення електроенергії, тис. кВт×год.	4,58	47,7	87,7	487,1	486,6	331,4	208,3	222,8	111,8	86,03	153,0	83,7
Багатоводний рік												
% норми стоку	2,21	3,31	3,37	11,20	12,60	15,60	13,20	8,64	5,85	7,74	10,50	5,87
% кількісного потенціалу природно-техногенної безпеки	0,15	1,10	1,16	8,99	10,39	13,39	10,99	6,43	3,64	5,53	8,29	3,66
Норма стоку, м ³ /с	3,16	4,73	4,82	16,02	18,02	22,31	18,88	12,36	8,37	11,07	15,02	8,39
Потенціал для використання на МГЕС за вирахуваною санітарною витратою в кількості 2,13 м ³ /с	1,03	2,60	2,69	13,89	15,89	20,18	16,75	10,23	6,24	8,94	12,89	6,26
Вироблення електроенергії, кВт×год.	40,3	91,9	105,1	515,9	533,1	515,9	533,1	399,7	235,9	349,4	487,4	244,9

В маловодний рік використовуватиметься гідроенергетичний потенціал р. Шопурка максимально в кількості 146,7 млн м³ на рік з річною виробкою електроенергії до 2,31 млн кВт×год. В багатоводний рік використовуватиметься гідроенергетичний потенціал

р. Шопурка максимально в кількості 257,3 млн м³ на рік з річною виробкою електроенергії до 4,05 млн кВт×год.

Будівництво МГЕС, дериваційного каналу, утворення водойми вище підпірної дамби вплине на гідрологічний режим р. Шопурка з різноманітними проявами, які можливо мінімізувати.

Виходячи з цього, нами застосована власна методика обрахунку кількості водних ресурсів в межах проектної ділянки, де не проводились натурні спостереження [3]. В результаті отримані дані (див. табл. 3), що дозволяють надати певні рекомендації.

Потрібно зауважити, що дані внутрішньорічного розподілу стоку, отримані нами за даними багаторічних спостережень, відрізняються від поданих в проектній документації в бік більшої варіації.

На повну встановлену потужність в 843 кВт, яка потребує витрати води 13,64 м³/с МГЕС зможе працювати чотири повні місяці в багатоводний рік, два повних місяці у середній за водністю рік і шість повних місяців на рік у багатоводні роки при використанні обладнання виробництва фірми ТОВ «Мінігідро» (м. Харків): трьох гідроагрегатів з горизонтальними турбінами Т-90Р і одного гідроагрегату Т-50, і асинхронними генераторами в комплекті з системою автоматичного керування. На 75% своєї потужності станція зможе працювати півроку в багатоводний рік, три повних місяці у середній за водністю рік та два місяці в маловодний рік. Нестача водних ресурсів буде відчутна в осінньо-зимову межень, що є характерною для Карпатських рік. З вересня по лютий станція зможе працювати максимум на 35% встановленої потужності в маловодні та середні за водністю роки.

Якщо МГЕС буде використовувати обладнання виробництва Kossler GmbH & Co KG (Австрія, м. Піра): один гідроагрегат з горизонтальною турбіною каплан S16/MR4 і синхронним генератором в комплекті з системою автоматичного керування, тоді повна встановлена потужність в 694 кВт, потребує витрати води 12,24 м³/с та МГЕС зможе працювати п'ять повних місяців в багатоводний рік, по два повних місяці у середній за водністю рік та маловодний. На 75% своєї потужності станція зможе працювати півроку в багатоводний рік, три повних місяці у середній за водністю рік та два місяці в маловодний рік. Нестача водних ресурсів буде відчутна в осінньо-зимову межень, що є характерною для Карпатських рік. З вересня по лютий станція зможе працювати максимум на 40% встановленої потужності в маловодні та середні за водністю роки.

Відповідно до [4-6] величина санітарного попуску повинна бути не менше мінімальної середньої середньодобової витрати водотоку в побутовому гідрологічному режимі літньої і зимової межені року 95% забезпеченості. Проектом передбачено забезпечення попуску витрат води в рибиході МГЕС в кількості 1,36 м³/с, яка обґрунтована як санітарна витрата за проектом на рівні мінімальної середньомісячної (за 30 діб) витрати води, Q м³/с, 95% забезпеченості.

Але, така витрата є недостатньою для збереження гідробіонтів р. Шопурка, що підтверджується іхтіологічними дослідженнями.

Оскільки МГЕС – станція дериваційного типу, то вся вода, що відбирається для пропуску через турбіну, потрапляє назад у річку в нижній б'єф в повному обсязі через 270 метрів дериваційного каналу. Тому питання санітарних пропусків для такої станції в природне русло р. Шопурка, де постійно буде знаходитись тільки обсяг санітарного попуску і вода переливів під час повені і паводків визначатиме життєдіяльність водних живих ресурсів. Основні вимоги до санітарного попуску – це забезпечення прийнятної для риби швидкості потоку та прийнятних глибин (не менше 24 см). В період межених витрат ширина русла (згідно проведених 10-11 травня 2018 р. натурних досліджень) складала 9,0 м. При швидкості течії 1,0 м/с і глибині не менше 0,24 м, санітарна витрата води складатиме близько 2,16 м³/с. (рис. 2).

Для розрахунку якісної складової природно-техногенної безпеки гідроекосистеми р. Шопурка застосована функціональна залежність норми комплексного індексу

потенціалу якості (КПЯ) Тилянської гідроекосистеми в межах Карпатського регіону з висотою місцевості показала (КПЯ=8,13-39,3/Н0,5), що для створу розташування МГЕС показник якісної складової природно-техногенної безпеки гідроекосистеми знаходиться на рівні КПЯ=6,12, що є оптимальним для стану гідроекосистеми і за класифікацією рівня природно-техногенної безпеки відносить ділянку р. Шопурка до безпечної [7].

Для водного середовища характерні прямі впливи, які полягають у промисловому використанні річкового стоку р. Шопурка, що призведе до зміни динамічних властивостей водотоку та зміни морфології русла річки. При улаштуванні підпору буде очікуватись деградація русла в місці спорудження.

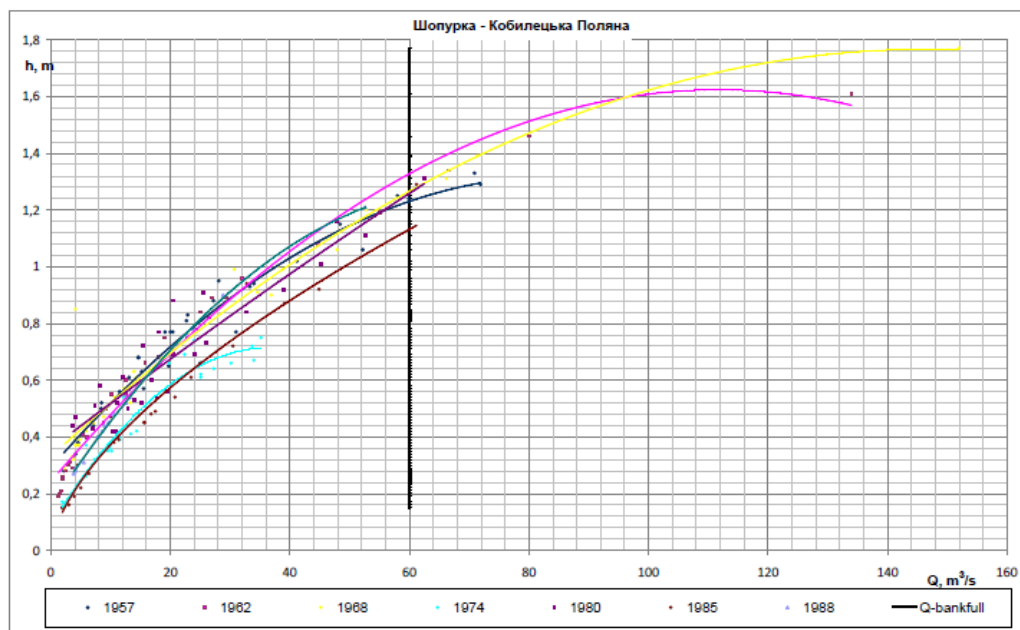


Рис. 2. Залежність витрат води від середньої глибини водного об'єкту $Q=f(h_{ср})$ для створу р. Шопурка – с. Кобилецька Поляна [8]

Прогнозується, що забруднення поверхневих вод р. Шопурка в період будівництва і експлуатації МГЕС не відбуватиметься. Як приклад, наведемо дані по одній з найперших малих ГЕС в Карпатському регіоні – Пробійнівській, яка має вдвічі більшу потужність. Аналіз проб поверхневих вод, який виконувався для Пробійнівської ГЕС №1 (розташована в басейні р. Черемош) показав, що жоден з нормативів якості води не перевищений [9].

Опосередкованими забруднювачами поверхневих вод є: автомобільний транспорт (наприклад, аварійний вилив масла на дорогу та злив його в ріку); антропогенна діяльність – місцеві жителі, які забруднили побутовим сміттям прилеглу територію або викидають сміття безпосередньо у водойму.

Висновки. Реалізація проекту будівництва МГЕС на річці Шопурка в Рахівському районі Закарпатської області потужністю 694-843 кВт (в залежності від обраної технічної альтернативи), за умови дотримання запроектованих захисних, відновлюваних, охоронних, ресурсозберігаючих та компенсаційних заходів при розробленні робочої документації, під час будівництва, експлуатації МГЕС аж до завершення життєвого циклу котрі забезпечать прийнятний рівень природно-техногенної безпеки гідроекосистеми басейну р. Шопурка, не викликать суттєвих екологічних впливів, що виходять за межі можливих природних коливань компонентів довкілля.

Література

1 Олійник В. С., Паньків Н. І., Ткачук О. М., Блистів В. І. Висотно-поясні закономірності стокорегулювальної ролі лісів Карпат Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.1(36)/ – С.39-45

- 2 Гідрометеорологічні умови басейну Чорної Тиси та їх вивчення // За ред.Ободовського О. Г. // К: ВГЛ Обрії, 2005. – 172 с.
- 3 Архипова Л. М. Методи якісної і кількісної оцінки природно-техногенної безпеки гідро екосистем// III-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2011), 21-24 вересня, 2011. Збірник наукових статей. Том 1. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – С.45-49
- 4 ДБН В 2.4.-3:2010 «Гідротехнічні споруди. Основні положення»;
- 5 Постанова КМУ № 996 від 3.11.2010 (із змінами згідно з Постановою КМУ від 8.04. 2015 № 234) «Про затвердження Порядку визначення розмірів і меж водоохоронних зон та режиму ведення господарської діяльності в них».
- 6 Водний кодекс України (1995) із змінами (від 06.06.1995 № 213/95-ВР);
- 7 Архипова Л. М., Адаменко Я. О. Просторовий розподіл параметрів екологічної безпеки поверхневих вод Закарпаття// Екологічна безпека, №2/2013 (16), Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, Кременчук, 2013 – С.9-14 http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Ekol_bezpeka/index.html
- 8 Ободовський Ю. О. Гідроморфоекологічна оцінка руслових процесів та гідроенергетичного потенціалу річок Верхньої частини басейну Тиси (в межах України) // Дисертація на здобуття наукового ступеня канд.геогр. наук К: КНУ ім.. Т. Шевченка. 2017.
- 9 Архипова Л. М., Адаменко Я.О. Оценка гидроэкологических рисков строительства малых ГЭС в туристическо-рекреационном регионе Западной Украины// Наука и мир. Международный научный журнал, №3(7), Изд-во «Научное обозрение». - 2014, Том 1. С. 267-272. Импакт-фактор журнала – 0,325 (Global Impact Factor 2013, Австралия) www.scienceph.ru
- 10 Jacobson, Mark Z.; et al. (2015). "100% clean and renewable wind, water, and sunlight (WWS) all-sector energy roadmaps for the 50 United States". Energy and Environmental Science. 8: 2093–2117. doi:10.1039/C5EE01283J
- 11 Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (від 23.05.2017 № 2059-VIII) .
- 12 Renewable Energy: Power for a Sustainable Future/ Edited by Godfrey Boyle. Oxford, United Kingdom. - 2012, 584 pages.

© Л. М. Архипова,
Я .О. Адаменко

*Надійшла до редакції 31 травня 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук О. М. Мандрик*

ЕКОЛОГІЯ ПЕДОСФЕРИ

УДК 621.039.7+631.95

Є. Ю. Черниш, Л. Д. Пляцук
Сумський державний університет

НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОГО БІОКОМПЗИТУ НА МОБІЛЬНІСТЬ РАДІОНУКЛІДІВ І ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ

Стаття присвячена вивченню впливу орґано-мінерального біокомпозиту на основі мулових осадів та фосфогіпсу на мобільність радіонуклідів та важких металів в ґрунтовому комплексі для підвищення рівня регіональної екологічної безпеки. Здійснена характеристика різних сорбційних матеріалів. Розглянуті основні супутні органічні комплексоутворюючі речовини з акцентом на їх екологічну роль і вплив на міграцію радіонуклідів та важких металів. Розглянуті фактори впливу на міграцію радіонуклідів в екосистемі. Науково-теоретично обґрунтовано механізми впливу орґано-мінерального біокомпозиту на біологічну швидкість сорбції радіонуклідів та важких металів.

Ключові слова: орґано-мінеральний біокомпозит, важкі метали, радіонукліди, ґрунтовий комплекс, фосфогіпс, муловий осад

The paper focused on the study of the influence of organo-mineral biocomposite based on sewage sludge and phosphogypsum after anaerobic conversion on the mobility of radionuclides and heavy metals in the soil complex in order to improve the level of regional ecological safety. Characterization of various sorption materials is carried out. The main accompanying organic complex-forming substances with an emphasis on their ecological role and influence on the migration of radionuclides are determined. Factors affecting the migration of radionuclides in the ecosystem are considered. The mechanisms of influence of the organo-mineral biocomposite on the biological sorption rate of radionuclides and heavy metals have been scientifically and theoretically substantiated.

Keywords: organo-mineral biocomposite, heavy metals, radionuclides, soil complex, phosphogypsum, sewage sludge

Постановка проблеми. Вивчення розподілу радіонуклідів та важких металів, їх мобільності і біодоступності при дії змінних факторів та умов довкілля, є необхідним чинником для відновлення забруднених ґрунтів. Потенційна міграція радіонуклідів викликає занепокоєння на забруднених ділянках землі і, в довгостроковій перспективі, сховищах відходів. Необхідним є визначення на прогностичному рівні шляхів міграції радіонуклідів та важких металів (ВМ). Частково такі шляхи охарактеризовані в [1] і зображені на рис. 1. Потребує подальшого дослідження процес сольобілізації радіонуклідів через комплексоутворення з органічними агентами, які присутні в змішаних радіоактивних відходах, і на радіоактивно забруднених ділянках землі природньо-антропогенних ландшафтів.

Взаємодія комплексоутворюючих агентів з радіонуклідами і навколишнім середовищем (НС), а також реакції зміни фізико-хімічних умов середовища, що впливають на мобільність ВМ і радіонуклідів, є процесами, що потребують науково-теоретичного обґрунтування. Крім того, хімічна деградація і біодеградація органічних матеріалів можуть бути також важливими для розуміння шляхів міграції та акумуляції ВМ і радіонуклідів.

Під час зміни умов НС розподіл забруднюючих речовин також змінюється, що спричиняє збільшення або зменшення їх рухливості. Вивчення таких залежностей є теоретичною основою для розробки методів їх мобілізації-імобілізації. Крім того, пошук і розробка відповідних твердих і рідких матричних матеріалів, і композитів мають основоположне значення для обґрунтування цих технологій.



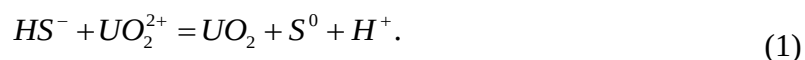
Рис. 1. Принципова схема можливих процесів акумуляції та біодеградації забруднених ВМ і радіонуклідами органічних комплексів згідно з [1]

Аналіз сучасних технологічних рішень деконтамінації середовища забрудненого радіонуклідами та важкими металами. За останні двадцять років широко розробляються різні технологічні прийоми сорбції та акумуляції токсичних речовин, що дозволяють локалізувати радіоізотопи та іони важких металів і запобігти їх міграції в ґрунті, поверхневих та підземних водах [2–6]. Незважаючи на значний прогрес в цій сфері, все ще є актуальним завдання покращення селективності і сорбційної здатності відомих типів матеріалів і присутній високий попит на нові композитні матеріали, які в першу чергу, мають високу ефективність знезараження твердих матеріалів, в тому числі ґрунтового комплексу, а також придатні для ліквідації шкідливих наслідків, пов'язаних з радіаційним забрудненням масштабних територій після аварій на ядерних об'єктах.

У роботі [3], розглянуто рішення для дезактивації твердих матеріалів і запобігання поширенню радіоактивних матеріалів із забрудненої поверхні, що полягає в розробці колоїдно-стабільних нанорозмірних селективних сорбентів, які можуть проникати (у рідкій фазі) через забруднені тверді матеріали і, крім того, піддаються розділенню фільтрації і флокуляції полімерними флокулянтами. Полімерні наночастинки (діапазон розмірів 50-500 нм), що несуть карбоксильні і епоксидні групи на поверхні, синтезуються шляхом радикальної полімеризації.

У роботі [4] розглядався вплив літології водоносних горизонтів на виникнення відновлювальних умов уздовж шляху проходження підземних вод, що може потенційно сприяти уповільненню редокс-чутливих радіонуклідів ^{99}Tc і ^{237}Np , які зазвичай ідентифікуються як довгострокові донори доз в оцінці ризику в різних сценаріях забруднення НС радіонуклідами (рис. 2).

Було виявлено, що кінетика відновлення U (VI) переважно контролюється загальною концентрацією карбонату і рН в розчинах. Також була запропонована реакція стехіометричного відновлення U (VI) сірководнем [4]:



Таким чином, сполуки типу U-гідроксила були відновлені сульфідом. Комбінація хімічного складу води і мінеральний склад порід водоносного шару впливає на ефективність відновлення U(VI) сульфідом.

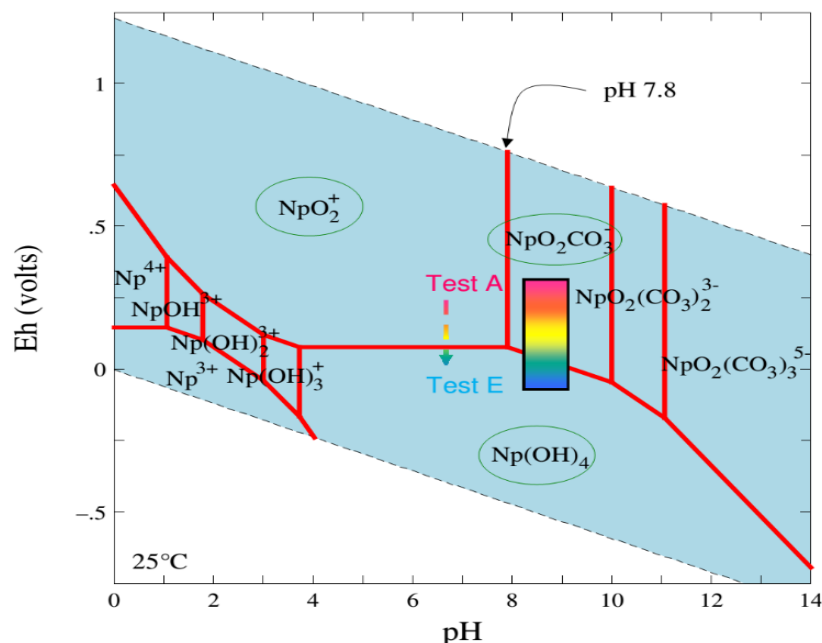


Рис. 2. Вплив редокс-потенціалу і рН на уповільнення поширення редокс-чутливих радіонуклідів [4]

Попередня чи постсинтетична модифікація сорбентних матеріалів також інтенсивно досліджується [6, 7] для підвищення їх загальної стабільності і сорбційної ємності без зміни або пошкодження основної матричної структури.

Зниження можливості переходу радіонуклідів та важких металів із ґрунту до рослин можливо при внесенні різних видів добрива та меліорантів, відповідно, необхідно враховувати увесь комплекс біотичних та абіотичних процесів, що відбуваються у резисферному ґрунті.

Виділення невирішеної частини загальної проблеми. Методи мобілізації полягають у ослабленні зв'язків із складовими ґрунту, що викликають десорбцію, розчинення забруднюючої речовини. З іншого боку, загальна ідея іммобілізації (стабілізації) радіонуклідів та важких металів полягає в тому, щоб індукувати хімічні реакції, осадження та інші процеси, які викликають перерозподіл забруднюючих речовин від більш лабільних до більш стабільних форм. І той і інший принципи мають певні переваги і недоліки [8]. Методи стабілізації, зазвичай, менш дорогі і більш прості в реалізації у порівнянні з альтернативними процесами, проте загальна концентрація радіонуклідів залишається в ґрунті, що створює обмеження для прикладного їх використання. Методи, засновані на видаленні поллютантів з ґрунтової матриці, є перспективним рішенням для очищення природньо-антропогенних ландшафтів забруднених важкими металами і радіонуклідами. Але, транспортування, витрати хімічних реагентів, енергії і подальше управління отриманою рідкою фазою з вилученими забруднюючими речовинами, зокрема радіонуклідами, роблять ці методи складними і дорогими. Такі дії по відновленню можуть також призводити до деяких негативних наслідків для властивостей ґрунту, зокрема зниження родючості. Таким чином, оцінка відповідних стратегій і процесу прийняття рішень вимагає детального вивчення всіх цих аспектів.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є вивчення впливу органо-мінерального біокомпозиту на основі мулових осадів та фосфогіпсу на мобільність

радіонуклідів та важких металів в ґрунтовому комплексі для підвищення рівня регіональної екологічної безпеки.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

- вивчення напрямків фіксації радіонуклідів та важких металів у матричному матеріалі різного генезису;
- визначення механізмів фіксації радіонуклідів в орґано-мінеральному біокомпозиті на основі мулових осадів та фосфогіпсу, що піддалися анаеробній конверсії.

Методи дослідження. Теоретичні аспекти роботи базуються на біохімічному аналізі та формалізації механізмів фіксації радіонуклідів та важких металів у складних орґанічних та мінеральних матрицях.

Для отримання якісного (елементного складу) та кількісного аналізу хімічного складу досліджуваних зразків використовували рентгенівський мікроаналіз за площею. Дослідження проводилися за допомогою скануючого електронного мікроскопа РЕММА102, що оснащений багатоканальним рентгенівським спектрометром з хвильовою дисперсією і дисперсією по енергіях, виробництва ВАТ «Селмі».

Для визначення форм зв'язування металів і орґанічних речовин вивчений мінеральний склад активного мулу. Рентгенодифракційні дослідження структури матеріалу були виконані на автоматизованому дифрактометрі ДРОН-4-07. Система автоматизації ДРОН-4-07 заснована на мікропроцесорному контролері, який забезпечує управління гоніометром ГУР-9 і передачу даних в цифровому вигляді на ПК. Експериментальні результати передавалися безпосередньо в програмний пакет підтримки експерименту DifWin-1 (ТОВ «Еталон ПТЦ») для попередньої обробки. Ідентифікація кристалічних фаз здійснювалась за допомогою картотеки JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards).

Науково-теоретичне обґрунтування механізмів фіксації радіонуклідів та важких металів у ґрунтовому комплексі з використанням матричного матеріалу різного генезису та перспективи використання орґано-мінеральних композитів. Взаємодія забруднюючих речовин з матрицею ґрунту і їх взаємодія із змінними параметрами НС мають важливе значення для перенесення і частки мобільних радіонуклідів, а також для визначення екологічних ризиків для живих орґанізмів. Поглинання радіонуклідів ґрунтом може відбуватися через різні способи взаємодії, в той час як інші механізми відповідальні за їх видалення з ґрунтової матриці (рис. 3).



Рис. 3. Механізми зв'язування і елімінації радіонуклідів з ґрунтового матриксу згідно з [8]

Впровадження мікроелементів в кальцит має великий вплив у ряді областей хімії НС та геохімії. Узагальнена схема обґрунтування переходу від адсорбції до со-осадження важких металів та радіонуклідів в ґрунтовому комплексі представлена нами на рис. 4.

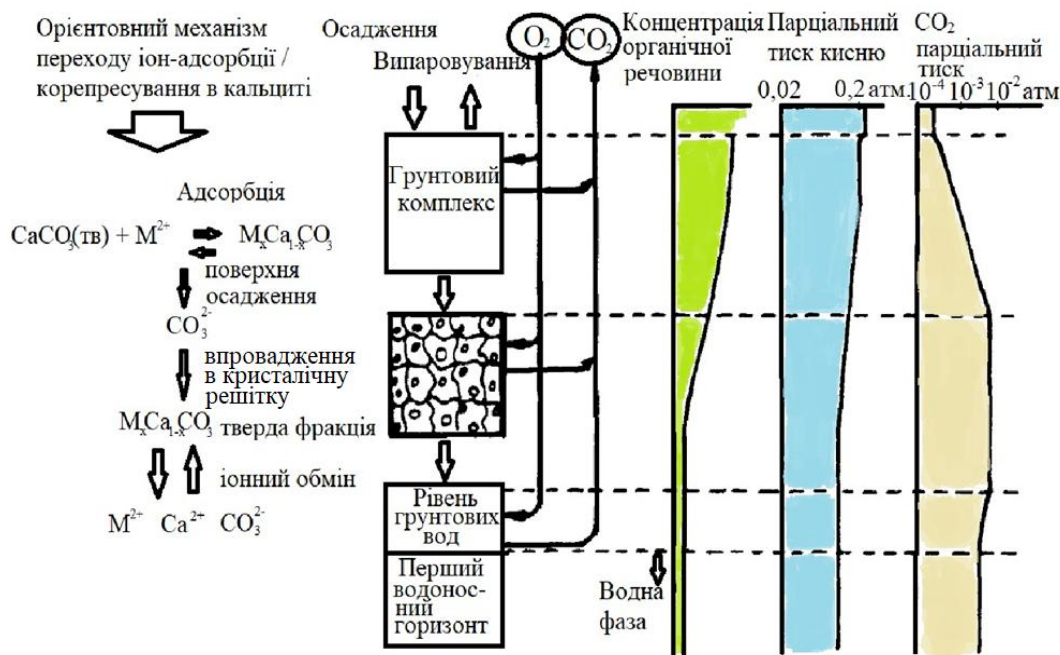


Рис. 4. Процеси мобілізації та акумуляції розчинених речовин під час інфільтрації із описом механізмів фіксації металів (М) у мінеральній складовій ґрунтового комплексу

З таблиці випливає, що для іммобілізації радіонуклідів груп лужних і лужноземельних елементів, а також галогенів краще підходять головні породоутворюючі мінерали (каркасні алюмосилікати), в той час як для фіксації радіоізоотопів рідкоземельних елементів і трансуранив можна рекомендувати застосування акцесорних мінералів (фосфатів, титанатів і титано-цирконатів).

Таблиця

Мінерали – потенційні концентратори радіоактивних елементів [9]

Мінерал	Формула мінералу	Елемент радіоактивних відходів, що ізоморфно фіксується в мінералах
Польовий шпат	$(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_8$	Ge, Rb, Sr, Cs, Ba, La...Eu, Tl
Нефелін	$(\text{Na}, \text{K})\text{AlSiO}_4$	Na, K, Rb, Cs, Ge
Содалит	$\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$	Na, K, Rb, Ge, Br, I, Mo
Олівін	$(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$	Fe, Co, Ni, Ge
Піроксен	$(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{Si}_2\text{O}_6$	Na, Al, Ti, Cr, Fe, Ni
Цеоліти	$(\text{Na}, \text{Ca})[(\text{Al}, \text{Si})_n\text{O}_m]_k \cdot x\text{H}_2\text{O}$	Co, Ni, Rb, Sr, Cs, Ba
Перовскит	$(\text{Ce}, \text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_6$	Sr, Y, Zr, Ba, La...Dy, Th, U
Апатит	$(\text{Ca}, \text{REE})_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{OH})$	Y, La...Dy
Монацит	$(\text{REE})\text{PO}_4$	Y, La...Dy, Th
Сфен	$(\text{Ca}, \text{REE})\text{TiSiO}_5$	Mn, Fe, Ni, Sr, Y, Zr, Ba, La...Dy
Цирконаліт	$\text{CaZrTi}_2\text{O}_7$	Sr, Y, La...Dy, Zr, Th, U
Циркон	ZrSiO_4	Y, La...Dy, Zr, Th, U

Таким чином, фосфати, цирконоліти і сфен можуть бути рекомендовані для використання в якості матричних матеріалів.

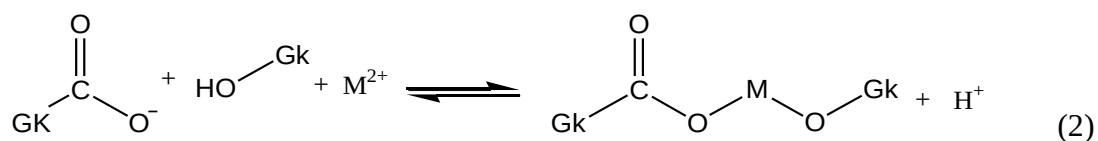
Внесення органо-мінеральних комплексів на забруднених радіоактивними речовинами ґрунтах повинно проводитися за ретельно збалансованими схемами і з урахуванням специфіки ґрунтових різниць. При цьому слід пам'ятати, якщо на родючих суглинистих ґрунтах застосування практично всіх видів добрив призводять до збільшення врожаю і викликає зниження вмісту радіоактивних речовин у рослинній продукції, то на легких за механічним складом, слабомінералізованих, гідроморфних ґрунтах іноді можна очікувати збільшення надходження деяких з них при застосуванні мінеральних добрив. Залишається актуальним дослідження нових видів органічних та органо-мінеральних добрив, які можна ефективно використовувати для підвищення стійкості системи «ґрунт – рослина», при цьому утилізувати різні види відходів в якості компонентів цих комплексів.

Для збільшення рівня фіксації у ґрунті радіонуклідів пропонується використовувати органо-мінеральний біокомпозит на основі мулових осадов, що піддались анаеробній конверсії разом із дигідратним фосфогіпсом, що вивчалось в [10].

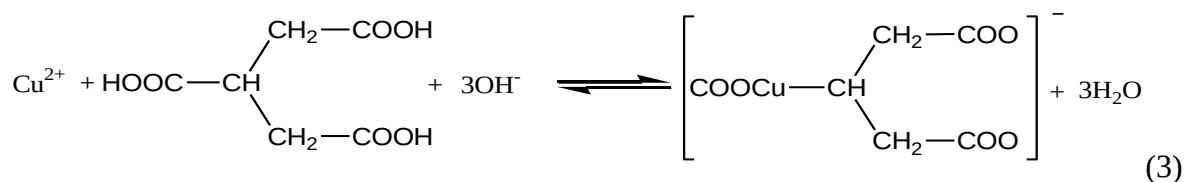
Для розуміння форм зв'язування металів і органічних речовин був вивчений мінеральний склад мулових осадов. У результаті аналізу рентгендифрактометричних спектрів була отримана інформація про форми знаходження металів у мулових осадах та визначений їх розподіл за фазами. Виявлено основні компоненти мінеральної складової, серед яких можна виділити: кварц – SiO_2 ; сполуки заліза у вигляді заліза фосфат гідрооксиду – $\text{Fe}_4(\text{PO}_4)_3(\text{HO})_3$; сполуки алюмінію, кремнію у вигляді двошарового гідратного комплексу потазіуму з октаедричним розташування молекули H_2O – $(\text{K}_2\text{O})_4(\text{Al}_2\text{O}_3)_5(\text{SiO}_2)_7(\text{P}_2\text{O}_5)_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$ та анорзиту – $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$. Можна зробити припущення щодо можливості перетворення в мінеральній частині мулових осадов внаслідок реакції обмінного розкладання анорзиту та потазіуму з включенням у їх структуру важких металів і радіонуклідів, наприклад, $(\text{Cu}, \text{Zn}, \text{Sr})\text{O}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ тощо. Важливо відмітити, що органічні та мінеральні компоненти мулових осадов взаємопроникні, тобто вони хімічно сполучаються в органо-мінеральних комплексах. Значна роль в адсорбції органічних речовин силікатами, алюмосилікатами і оксидами, імовірно, належить водневим зв'язкам. В їх утворенні беруть участь кисневі атоми або гідроксильні групи твердої поверхні і гідроксильні чи аміногрупи органічних молекул. В мулових осадах присутній фосфат, що знаходиться у зв'язаній формі (як $\text{Fe}_4(\text{PO}_4)_3(\text{HO})_3$) та вилучений з біогенного кругообігу.

Слід зауважити, що під «стійкістю» системи «ґрунт – рослина» до підвищених рівнів вмісту радіонуклідів і ВМ маємо на увазі здатність цієї системи, внаслідок притаманних ґрунтам буферних властивостей, обмежувати рухливість радіонуклідів і ВМ, і таким чином контролювати транслокацію останніх в надземні частини рослин. У зв'язку з чим у роботі пропонується підхід до інтенсифікації процесу фіксації радіонуклідів у системі «ґрунт-рослина» у зоні антропогенних ландшафтів Чорнобильської зони відчуження відповідно до схеми попереднього функціонального зонування Чорнобильського біосферного заповідника (80,7 тис. га) та на інших радіаційно забруднених територіях шляхом внесення у ґрунт органо-мінерального біокомпозиту на основі мулових осадов та фосфогіпсу, що піддались анаеробній ферментації.

Осадження металів у складних комплексах з органічною речовиною – важливий механізм закріплення ВМ в органічних осадах і ґрунтах. Наявність в оксикислотах і амінокислотах двох і більше функціональних груп ($-\text{OH}$ і $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$ і $-\text{COOH}$ і т. д.) сприяє зростанню комплексоутворюючих властивостей. Яскраво комплексоутворюючі властивості проявляють гумати в слабо лужному середовищі:



де Gk – гумінова кислота, М – метал.



Виявлено основні компоненти мінеральної складової продукту анаеробної стабілізації – біокомпозиту, серед яких можна виділити: кварц - SiO_2 ; гідроксид калію (потазіум гідроксид) – KOH і потазіум гідроген фосфат гідрат – $\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$; брушит – $\text{CaPO}_3(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, який суміщений за фазовим спектром із залишковим гіпсом (залишився після додавання до мулових осадів фосфогіпсу), ці сполуки мають активні центри сорбції радіонуклідів в іонно-обмінних реакціях; кальцид – CaCO_3 ; оксид фосфору – P_2O_5 ; сульфат амонію (маскагніт); складна сульфідна фракція.

Внесення в процесі анаеробної конверсії фосфогіпсу в мулові осади сприяло впровадження в орґано-мінеральну структуру осадів додаткових аналогів-макроносіїв. Зауважимо, що введення сполук фосфору та кальцію, що містяться у фосфогіпсі, інтенсифікує процес фіксації важких металів і радіонуклідів у мулових осадах. Так, виявлено у мінеральній складовій мулових осадів після анаеробної ферментації сполуки гідроген фосфатів кальцію та калію, які мають здатність до сорбції радіонуклідів.

Схематично фактори впливу на міграцію радіонуклідів в екосистемі та вплив орґано-мінерального комплексу на фіксацію радіонуклідів у ґрунті представлено на рис. 5.

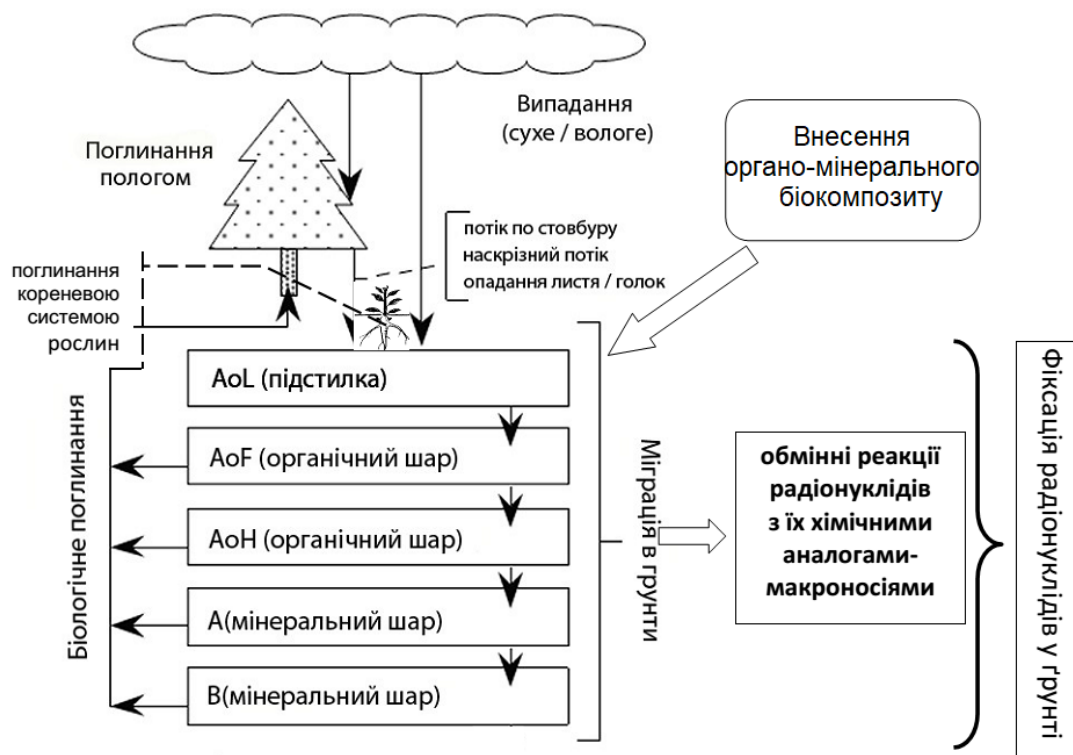


Рис. 5. Вплив орґано-мінерального біокомпозиту на фіксацію радіонуклідів у ґрунті

Збільшення обмінної місткості обумовлює, як правило, зростанням міцності сорбції мікрокількості радіонуклідів, а склад обмінних катіонів визначає специфіку обмінних реакцій радіонуклідів з їх хімічними аналогами-макроносіями по відношенню до цих радіонуклідів. З підвищенням кількості кальцію та калію в ґрунті або поживному середовищі знижується надходження ^{90}Sr та ^{137}Cs у рослини.

Також передбачається, що радіонукліди і ВМ, що вивільняються в розчин, іммобілізуються ферментативним відновлювальним осадженням, біосорбцією і

перерозподілом в стабільній мінеральній фазі біокомпозиту. А такі компоненти біокомпозиту, як Ca, Fe, K, Mg, що вивільняються в ґрунтовий розчин, стають доступними для рослин.

Так, в процесі прямого відновного осадження згідно з [11] в біотичних системах здійснюється мікробіологічне осадження ВМ і радіонуклідів шляхом зміни їх валентності, що схематично представлено на рис. 6.

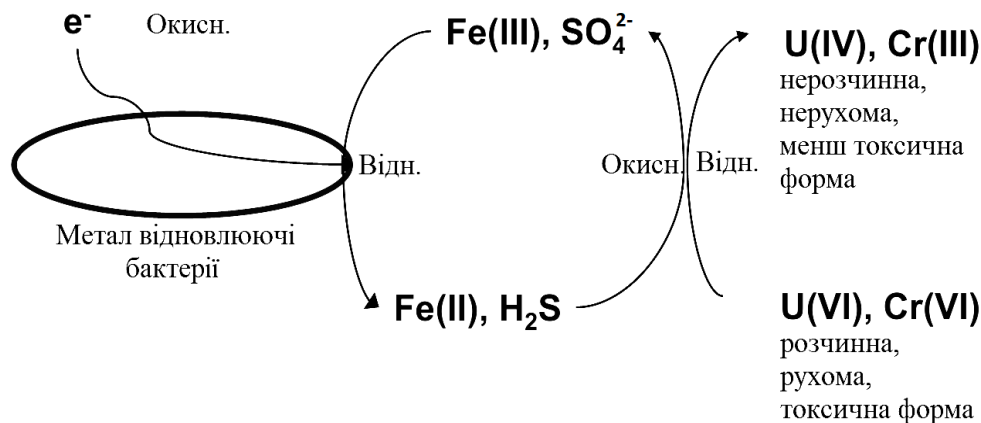


Рис. 6. Біо-імобілізація ВМ і радіонуклідів

Прямим ферментативним відновленням є зміна радіонуклідів більш високого стану окиснення до нижчого, що здійснюється за допомогою факультативних і облигатних анаеробів. Радіоізотопи взаємодіють з центрами зв'язування метаболічно активних клітин і використовуються в якості кінцевого акцептора електронів в транспортному ланцюгу електрона, де сполуки, такі як етиллактат, діють як донори електронів при анаеробному диханні.

Висновки. Вивчено характеристики різних матеріалів для сорбції найбільш важливих видів радіонуклідів, включаючи уран, кобальт, цезій, стронцій, технецій та інші. Також були розглянуті основні супутні органічні комплексоутворюючі речовини з акцентом на їх екологічну роль і вплив на міграцію радіонуклідів.

Сформовано модель впливу орґано-мінерального біокомпозиту на фіксацію радіонуклідів у ґрунті. Вплив орґано-мінерального біокомпозиту на біологічну швидкість сорбції радіонуклідів та важких металів можна описати наступними механізмами: зменшення переходу радіонуклідів у рослини при збільшенні вмісту в ґрунті органічних речовин та мінеральної складової, що містить аналоги-макроносії радіонуклідів, збільшення сорбційної ємності ґрунту і стимулювання більш довгострокової фіксації радіонуклідів у ґрунті. Також передбачається, що радіонукліди і ВМ, що вивільняються в розчин, іммобілізуються ферментативним відновлювальним осадженням, біосорбцією і перерозподілом в стабільній мінеральній фазі біокомпозиту. А такі компоненти біокомпозиту, як Ca, Fe, K, Mg, що вивільняються в ґрунтовий розчин, стають доступними для рослин.

Подальші дослідження будуть направлені на визначення ступеня очищення ґрунтів від радіонуклідів цезію, стронцію та кобальту, зниження вторинного забруднення ґрунтів, статистичній обробці результатів та побудові відповідної регресійної моделі ефективності фіксації радіонуклідів і важких металів у біокомпозиті на основі мулових осадів і фосфогіпсу на принципах біоремедіації.

Література

- 1 Keith-Roach M. J. The speciation, stability, solubility and biodegradation of organic co-contaminant radionuclide complexes: A review / M. J. Keith-Roach // Sci Total Environ. – 2008. – 396(1). – P. 1–11. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.02.030.

- 2 Prakash D. Bioremediation: a genuine technology to remediate radionuclides from the environment / Prakash D., Gabani P., Chandel A.K., Ronen Z., Singh O.V. // Microb Biotechnol. – 2013. – 6(4). – P. 349–360. doi: 10.1111/1751-7915.12059.
- 3 Payne T. E. Guidelines for thermodynamic sorption modelling in the context of radioactive waste disposa / T. E. Payne, V. Brendler, M. Ochs, B. Baeyens, P. L. Brown, J. A. Davis etc. // Environmental Modelling & Software. – 2013. – Volume 42. – P. 143–156 <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.01.002>
- 4 Hu Q.H. Effect of reducing groundwater on the retardation of redox-sensitive radionuclides / Q.H. Hu, M. Zavarin, T.P. Rose // Geochem Trans. – 2008. – Режим доступу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19077277>.
- 5 Norrfors K.K. Montmorillonite colloids: II. Colloidal size dependency on radionuclide adsorption / Norrfors K.K., Marsac R., Bouby M., Heck S., Wold S., Lützenkirchen J., Schäfer T. // Applied Clay Science. – 2016. – Vol. 123. – P. 292–303.
- 6 Runde W. Solubility and sorption of redox-sensitive radionuclides (Np, Pu) in J-13 water from the Yucca Mountain site: comparison between experiment and theory / W. Runde, S. D. Conradson, D.W. Efurdu, NingPing Lu, C.E. VanPelt, C.D. Tait // Applied Geochemistry [Appl. Geochem.]. – 2002. – Vol. 17, no. 6. – P. 837–853.
- 7 Kowsalya V. Towards high-efficiency sorptive capture of radionuclides in solution and gas / Kowsalya Vellingiri, Ki-Hyun Kim, Anastasia Pournara, Akash Deep // Progress in Materials Science. – 2018. – Vol. 94. – P. 61–67 doi:10.1016/j.pmatsci.2018.01.002
- 8 Smičiklas I. Radioactive contamination of the soil: assessments of pollutants mobility with implication to remediation strategies radioactive contamination of the soil: assessments of pollutants mobility with implication to remediation strategies / I. Smičiklas, M. Šljivić-Ivanović // Soil Contamination - Current Consequences and Further Solutions; Edited by Marcelo L. Larramendy and Sonia Soloneski – Publisher: InTech, Chapters published, 2016. – 354 p. DOI: 10.5772/62589
- 9 Котельников А. Минеральные матричные материалы для иммобилизации радионуклидов (экспериментальные исследования) / А. Котельников, В. Суворова, А. Ковальский, Г. Ахмеджанова, В. Тихомирова // Экспериментальная минералогия: некоторые итоги на рубеже столетий. – 2004. – Том 2. – С. 11–20.
- 10 Черниш Є. Ю. Моделювання процесу стимулювання захисних функцій ґрунтового комплексу при використанні біогенного композиту на основі техногенних відходів / Є. Ю. Черниш, Л. Д. Пляцук // Екологічні науки. – 2017. – № 1–2 (16–17). – С. 129–140.
- 11 Ibeanusi V. M. Radionuclide biological remediation resource guide / V. M. Ibeanusi, D. A. Grab Chicago. – US, 2004. – 68 p. – Режим доступу: <https://nepis.epa.gov>

© Є. Ю. Черниш,
Л. Д. Пляцук

*Надійшла до редакції 12 березня 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. М. Семчук*

ЕКОЛОГІЯ ФІТОСФЕРИ

УДК 504.122:582.685.4

Н. І. Глібовицька, І. В. Бойчук

*Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу*

БУФЕРНА СТІЙКІСТЬ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДЕРЕВНИХ НАСАДЖЕНЬ УРБООКОСИСТЕМ

Досліджено вплив додаткового стресового фактора – «кислотного дощу» на стан буферної системи листків домінуючих деревних рослин міського середовища. Відповідно до посилення рівня антропогенного тиску на рослини спостерігається зниження буферної потенції та стійкості внутрішнього середовища асиміляційних органів, зростання показника зміщення кислотності протопласту у наступному ряді функціональних зон: фонові територія → зона комплексного озеленення → зона житлової забудови → зона транспортних шляхів.

Максимальною біоіндикаційною придатністю володіє верба повисла, що пов'язано зі значною чутливістю виду до умов зростання та низькою екологічною пластичністю. Найвища стабільність буферної системи характерна для гіркокаштану звичайного, що свідчить про пристосувальну здатність виду. Проміжне положення займає клен гостролистий, який належить до середньої категорії стійкості буферної системи листків.

Запропоновано заходи захисту деревних насаджень урбанізованих територій.

Ключові слова: захист деревних насаджень, кислотний дощ, буферна стійкість, адаптація, урбанізоване середовище, антропогенне навантаження.

The influence of an additional stress factor – "acid rain" on the state of the protoplast's buffer system of the dominant tree plants in the urban environment - is studied. In accordance with the increase of the anthropogenic pressure level on plants, there is a decrease in buffer potency and stability of the assimilation organs' internal environment, an increase in the index of acidity displacement of the protoplast in the following row of functional zones: background zone → complex greening zone → housing development zone → transport routes zone.

Salix babylonica L. has the maximum bioindicative suitability due to the high sensitivity of the species to the growth and low ecological plasticity conditions. The highest stability of the buffer system is typical for *Aesculus hippocastanum* L., which indicates the adaptive ability of the species. The intermediate position belongs to *Acer platanoides* L., which is related to the average stability category of the protoplast leaves buffer system.

The measures of woody plantations' protection of urbanized territories are offered.

Key words: woody plants' protection, acid rain, buffer stability, adaptation, urbanized environment, anthropogenic loading.

Постановка проблеми. Деревні рослини, що використовуються в зелених насадженнях урбанізованих територій, служать біоіндикаторами екологічного стану. Водночас, перебуваючи в умовах тривалої експозиції, вони відчують вплив комплексу факторів урбосередовища та реагують на нього низькою пристосувальних або деструктивних змін, ступінь прояву яких залежить від величини антропогенного впливу. Одним з найбільш чутливих до антропогенних та природних змін доквілля є листок, який швидше, ніж інші органи, реагує на комплекс впливів навколишнього середовища. Дослідження буферного потенціалу листків деревних порід в умовах міського середовища

є інформативним показником фітомеліоративної функції, стійкості та придатності рослин для озеленення тих чи інших екотопів, а також основою для підбору заходів по догляду за деревами [2, 4, 22].

Аналіз досліджень і публікацій. Ефективність виконання очищувальних функцій рослинами залежить від рівня їх життєздатності, тобто здатності підтримувати основні метаболічні процеси в конкретних умовах росту [17, 20]. Найбільш інформативними індикаторами адаптивної потенції рослин є фізіологічні та біохімічні властивості [7, 9, 16]. Кожен вид відзначається власною генетично успадкованою нормою реакції, можливостями і глибиною адаптаційних змін.

Стійкість або життєвість рослин може бути визначена величиною буферної ємності внутрішнього середовища органів асиміляції, з використанням тесту з впливом кислотного дощу на протопласт клітин листків [3, 15].

В даний час аспекти виникнення та впливу кислотних дощів на різні компоненти екосистем є актуальними питаннями та завданнями екологічного дослідження, а також однією з глобальних екологічних проблем.

Ступінь внутрішніх змін і пошкодження листка визначається специфікою роду рослин для підтримання кисло-лужного балансу протопластів на тлі надходження антропогенних забруднень у організм [5]. Відхилення параметру кислотності від оптимального має негативний вплив на метаболічні процеси, зокрема на функціонування білків та ферментів [6].

Одними з домінуючих видів дерев, поширених у міських екосистемах, є гірकोкаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.) та верба повисла (*Salix babylonica* L.) [18, 19], що і обумовило вибір нами об'єктів дослідження.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Дослідження критеріїв стійкості рослин в умовах урбосередовища проводилося вченими щодо трав'янистих рослин, зокрема значна роль відведена морфологічній фітоіндикації. Вивчення рівня стабільності буферної системи внутрішнього середовища асиміляційних органів рослин проводилося фрагментарно у природних лісових екосистемах.

В умовах урбосередовища нами досліджено буферну ємність липи серцелистої, що послужило надійним критерієм виживання виду в конкретних умовах росту. Тому аналіз буферного потенціалу домінуючих деревних рослин міських екосистем підходить для виявлення резистентних та чутливих видів, які можуть бути використані як ефективні фіторемедіанти та фітоіндикатори стану довкілля. Нами проаналізована доцільність проведення фітозахисних процедур для кожного виду дерева з врахуванням його екологічних та фізіологічних особливостей.

Постановка завдання. Метою роботи є вивчення впливу комплексу факторів урбогенного середовища на життєвість рослин за рівнем стабільності буферної системи листків і виявлення перспективних дерев у міському озелененні, а також підбір найбільш ефективних методів захисту деревних рослин.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводилося в Івано-Франківській урбоекосистемі, яка розташована в розширеній частині басейну річки Бистриця на межі західно-лісостепової зони та Прикарпаття. Відповідно до принципу функціонального зонування території була розроблена мережа моніторингу для міської екосистеми, яка була розділена на зону транспортних шляхів, зону житлового масиву та зону комплексного озеленення. У якості фонові, обрано екологічно чисту територію, розташовану за межами міста.

Відбір рослинного матеріалу здійснювався з гілок одного порядку галузження нижньої частини крони під час активного розвитку системи асиміляції (червень) [10]. У межах функціональної зони відбирали листки з 5–8 особин кожного дослідного виду та в подальшому формували змішану пробу. Кислотність протопластів листя до і після

штучного підкислення досліджувалась на рН-метрі за загальноприйнятим методом [13]. Повторення експериментів чотириразове.

У міських умовах спостерігається збільшення значення рН протопласту всіх видів дерев у наступному ряді функціональних зон: зона комплексного озеленення → зона житлової забудови → зона транспортних шляхів, порівняно з фоновою зоною (Табл. 1–3).

Таблиця 1

Параметри стану буферної системи листя *Aesculus hippocastanum* L. в умовах міста Івано-Франківська

Функціональна зона	рН початкове	Δ рН	рН'/рН, %
Фонова територія	5,57±0,01	3,59±0,04	35,55
Зона комплексного озеленення	5,64±0,03	3,77±0,03	33,16
Зона житлової забудови	5,92±0,02*	4,15±0,04*	30,00
Зона транспортних шляхів	6,62±0,03*	4,59±0,02*	30,66

*Примітка: відмінності з контролем надійні при $P \leq 0,05$.

Сполуки важких металів впливають на внутрішнє середовище клітин рослинних організмів, призводять до зниження рівня природної кислотності протопласту [21]. Максимальне підлугування протопласту деревних рослин зафіксоване в зоні транспортних шляхів, що пояснюється найвищим рівнем забруднення навколишнього середовища важкими металами.

Пропорційно до рівня антропогенного навантаження спостерігається збільшення показника зміщення кислотності протопластів листків у всіх функціональних зонах урбокосистеми відносно фонової території. У *Aesculus hippocastanum* L. та *Acer platanoides* L. спостерігається значне збільшення цього параметру в житлових та транспортних зонах міста, у *Salix babylonica* L. – також у зоні комплексного озеленення.

Для того, щоб оцінити стабільність буферної системи листя деревних рослин, ми використовували співвідношення кислотності кінцевого до початкового рН протопласту після штучного підкислення (рН), що характеризує рівень стійкості рослини до підкислення ззовні. Не спостерігаються суттєві зміни стабільності буферної системи листя *Aesculus hippocastanum* L. після штучного підкислення в функціональних зонах міста відносно фонової зони. Це вказує на відносну стійкість виду та її адаптивну здатність до впливу складних стресових факторів навколишнього середовища.

Встановлено зниження буферної резистентності протопластів *Acer platanoides* L. в зоні житлової забудови та транспортних шляхів (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри стану буферної системи листя *Acer platanoides* L. в умовах міста Івано-Франківська

Функціональна зона	рН початкове	Δ рН	рН'/рН, %
Фонова територія	5,24±0,03	3,38±0,02	35,50
Зона комплексного озеленення	5,31±0,04	3,45±0,02	35,03
Зона житлової забудови	5,37±0,02*	4,00±0,04*	25,51*
Зона транспортних шляхів	6,63±0,02*	4,50±0,04*	32,13*

*Примітка: відмінності з контролем надійні при $P \leq 0,05$.

Мінімальна стійкість внутрішнього середовища листя спостерігається в зоні житлової забудови міста, що може бути пов'язане з індивідуальними особливостями виду

вибірково засвоювати важкі метали, які мають різні ступені токсичного впливу на організм рослин.

Буферна система листя *Aesculus hippocastanum* L. в місті нестабільна, що свідчить про значне зменшення можливості протидії підкисленню ззовні у всіх функціональних зонах урбоєкосистеми (табл. 3). Цей вид чутливо реагує на додатковий фактор стресу в міських умовах, який можна використовувати в фітодинамічних дослідженнях населених пунктів.

Кислотний дощ негативно впливає на стан досліджуваних деревних рослин, що виростають у міських екосистемах, що виявляється, перш за все, у порушенні стану клітинної буферності та зниженні здатності рослин протидіяти впливам навколишнього середовища.

В умовах Івано-Франківська найвища стійкість буферної системи відзначена в *Salix babylonica* L., що вказує на його перспективу як фіторемедіанта урбанізованого середовища.

Таблиця 3

Параметри стану буферної системи листя *Salix babylonica* L. в умовах міста Івано-Франківська

Функціональна зона	pH початкове	Δ pH	pH'/pH, %
Фонова територія	5,38±0,02	3,12±0,03	42,01
Зона комплексного озеленення	5,59±0,04*	3,62±0,04*	35,24*
Зона житлової забудови	5,63±0,06*	3,81±0,05*	32,33*
Зона транспортних шляхів	5,90±0,04*	4,05±0,03*	23,73*

*Примітка: відмінності з контролем надійні при $P \leq 0,05$.

Aesculus hippocastanum L. має найвищу біоіндикативну здатність, що вказує на чутливість виду до забруднення навколишнього середовища та низьку адаптаційну здатність. Стабільність буферної системи виду зменшується пропорційно до градієнта урбогенного навантаження в функціональних зонах міста.

Acer platanoides L. є проміжним між досліджуваними видами, що вказує на середню стійкість і здатність адаптуватися до стресових умов навколишнього середовища.

Зона транспортних шляхів має максимальне антропогенне навантаження, призводить до забруднення навколишнього середовища не тільки важкими металами, але й оксидами сульфуру та нітрогену, що потрапляють в навколишнє середовище в результаті спалювання палива, що перетворюється в кислотні дощі, взаємодіючи з атмосферною вологою. Це призводить до зменшення буферної сили листя деревних рослин, які постійно перебувають під впливом екологічних небезпек.

З огляду на отримані результати стійкості внутрішнього середовища листків рослин, можна впроваджувати у озеленення усіх функціональних зон населених територій вербу повислу, клен гостролистий – у формування благоустрою житлових зон, а гіркокаштан звичайний використовувати у паркових та інших рекреаційних насадженнях. Таким чином деревні породи максимально ефективно виконуватимуть середовищеві функції.

З метою підвищення фітомеліоративної ефективності та екологічної стійкості зелених насаджень у містах доцільно рекомендувати проводити санітарну обрізку крони дерев з метою зменшення відстані між кореневою системою і асиміляційним апаратом, а також для видалення старих, сухих, пошкоджених і відмираючих скелетних гілок. Цей агротехнічний прийом особливо важливий для міських насаджень, несприятливі умови зростання яких суттєво скорочують життя рослин [12].

Інший вид обрізки деревних рослин – формувальна – проводиться для того, щоб зберегти природну або штучну форму дерева. Але обрізаються тільки молоді річні пагони

дерев. Такий вид обрізки актуальний для усіх дослідних деревних рослин та сприяє підтримці естетичних і декоративних властивостей дендрооб'єктів.

Омолоджувальна обрізка деревних рослин теж останнім часом широко використовується у містах, як один із заходів догляду за ними. Сильна обрізка сприяє поліпшенню поживного режиму пагонів і розвитку провентивних бруньок, тобто омолодженню рослини [1].

Омолодження характеризується інтенсифікацією синтезу білків і нуклеїнових кислот, активацією росту і клітинних поділів, накопиченням ембріональних тканин і загальним посиленням фізіологічних функцій [8]. Однак не усі деревні породи стійкі до омолоджувальної обрізки крони, тому доцільно рекомендувати проводити цю агротехнічну процедуру для особин верби повислої, яка добре пристосована до швидкого відновлення крони. Обрізку крони проводять до початку вегетації в кінці лютого-квітні або наприкінці вегетації, коли рослина перебуває у стані фізіологічного спокою.

З метою швидкого відновлення асиміляційної системи рослини після обрізки необхідно своєчасне внесення добрив у ґрунт, що здійснюється на основі агрохімічного аналізу ґрунту. Водні розчини мінеральних добрив готують з врахуванням елементів, кількість яких недостатня для повноцінного росту і розвитку дерева [11].

Наступним важливим етапом захисту зелених насаджень є побілка дерев, що захищає рослини від паразитів, моху, лишайників та чорного раку, від якого щорічно гине до 10% молодих насаджень, негативного впливу перепадів добової температури, сонячних опіків кори та асиміляційних органів, має дезінфікуючі властивості. Побілку необхідно проводити в осінній період після опадання листя з дерев, але перед настанням перших затяжних приморозків [8, 14].

Захист зелених насаджень містить наступні заходи: обробку механічних пошкоджень деревини і кори, зрошування крони, поливання ґрунту, внесення добрив, розпушування ґрунту.

В умовах урбанізованих екосистем поливання є однією з основних умов нормального росту і розвитку рослин. Метою цієї процедури є забезпечення постійної оптимальної вологості поверхневого шару ґрунту до глибини 60–70 см. Ця агротехнічна процедура є найбільш доречною в період активного вегетаційного розвитку рослини, коли виникає потреба в достатній для інтенсивних біосинтетичних процесів рослини кількості води. Необхідно проводити поливання через кожні 7–10 днів.

Зрошування крони листяних порід проводиться не рідше 4–5 разів за вегетаційний період з метою очищення листкових пластинок від пилу та осілих токсичних, забруднюючих речовин. Товстий шар пилу, що накопичується на листках у випадку тривалої відсутності дощу призводить до появи некротичних пошкоджень, закупорювання продихів, пригнічення фотосинтетичної та фітомеліоративної здатності, сповільнення обміну речовин. Особливо зростає необхідність здійснювати зрошування крони дерев у спекотний літній період, коли рівень доступної води для рослин зменшується у зв'язку з погодними умовами [12]. Гіркокаштан звичайний є найменш посухостійким видом серед досліджених, оскільки листя рослини уже в середині вегетаційного періоду характеризується появою некротичних ушкоджень, відмиранням асиміляційних органів, зниженням фотосинтезу. Тому дані фітотехнічні процедури особливо доцільні для продовження життя представників виду в умовах урбосередовища.

Для ефективного підживлення дерев, активізації росту кореневої системи, покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту та запобігання його ущільнення проводять дренажування пристовбурних лунок. Найкращий для цього період – осінь, коли завершується вегетація рослин і вони готуються до переходу в стан фізіологічного спокою. Дренажування ґрунту проводять наступним чином: навколо стовбура бурять 5–8 свердловин діаметром 7–12 см глибиною до 80 см, які заповнюються компостом або деревною тирсою в суміші з торфом і мінеральними добривами [11, 14].

Взимку для боротьби з ожеледицею на дорогах використовують кухонну сіль, яка після танення снігу потрапляє у ґрунт, водойми і призводить до водного дефіциту рослин, що спричиняє передчасне старіння і їх загибель. Для видалення солей, що містять токсичні іони хлору з ґрунту, рекомендується його промивати з періодичністю у два-три роки [12].

У випадку механічного пошкодження деревини стовбура значно підвищується ймовірність ураження дерева цвілевими грибами і бактеріями, що призводить до появи порожнин – дупел. Для збереження таких дерев необхідний своєчасний догляд за ними.

При механічних ураженнях необхідно зачистити ножом відмерлі тканини дерева до здорового місця, продезінфікувати 5%-ним розчином залізного або мідного купоросу та зацементувати садовою маззю. З метою швидкого загоювання ран рослин доцільно використовувати мазі, які містять гетероауксин в концентрації 0,01–0,025%. Після затвердіння поверхню оброблених тканин потрібно покрити масляною фарбою під колір кори дерева [8].

Висновки. Таким чином, найперспективнішим видом у озелененні урбоєкосистем є верба повисла, найчутливішим фітоіндикатором якості довкілля є гірकोкаштан звичайний. Відповідно до показника буферної стійкості та адаптаційної здатності рослин до додаткового стресового чинника – кислотного дощу – рекомендовано їх впровадження у озеленення різнофункціональних екотопів міст. Проаналізовані методи захисту деревних насаджень, метою яких є продовження тривалості життя рослин в умовах населених територій та ефективного виконання ними середовищевірної ролі.

Література

- 1 Глібовицька Н. І. Вплив обрізки крони на терміни проходження фенофаз у рослин виду липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.) в умовах урбанізованого середовища / Н. І. Глібовицька // XVII Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство». – Київ, 2014. – С. 27-28.
- 2 Глібовицька Н. І. Екологічна стійкість та фітомеліоративна придатність деревних порід урбанізованих екосистем / Н. І. Глібовицька // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Біологія». 2017. Вип. 28. С. 12-21.
- 3 Глібовицька Н. І. Фізико-хімічні параметри стану листків липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.) в урботехногенних умовах зростання / Н. І. Глібовицька // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: біологія. – 2014. – Вип. 18. – С. 180–185.
- 4 Гнатів П. С. Адаптація деревних рослин в урбоєкосистемі міста Львова / П. С. Гнатів // Лісівнича академія наук України: наукові праці. – Львів, 2003. – Вип. 2. – С. 108–113.
- 5 Гнатів П. С. Властивості зовнішнього і внутрішнього середовищ листків дерев як чинники адаптації рослин у трансформованому довкіллі / П. С. Гнатів, Д. В. Артемовська // Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 7. – С. 98–103.
- 6 Гнатів П. С. Буферні властивості та морфо-анатомічні ознаки листків у техногенних умовах зростання дерев / П. С. Гнатів, М. Г. Мазепа, Д. В. Артемовська // Науковий вісник УкрДЛТУ: збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2000. – Вип. 10.2. – С. 97–90.
- 7 Капелюш Н. В. Вплив аерогенного забруднення на показники асиміляційного апарату деревних рослин міста Запоріжжя / Н. В. Капелюш // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. – 2012. – № 3. – С. 111–115.
- 8 Кушнір А. І. Технологічні особливості лікування і оздоровлення вікових та історичних дерев: науково-методичні рекомендації / А. І. Кушнір, О. А. Суханова, І. Л. Кушнір. – К.: Видавництво НУБП, 2009. – 48 с.
- 9 Луцишин О. Г. Макроморфологічні зміни реакції-відповіді рослинних організмів деревних вуличних насаджень Київського мегаполісу при стресовому рівні техногенного забруднення / О. Г. Луцишин, В. Г. Радченко, Н. В. Палапа та ін. // Доповіді Національної академії наук України. – 2010. – № 6. – С. 180–187.

- 10 Парпан В. І. Методологічні аспекти оцінки екологічного стану урбанізованих і техногенно змінених територій / В. І. Парпан, М. М. Миленька // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2010. – Вип. 18, т. 2. – С. 61–68.
- 11 Писаренко В. М. Захист рослин: екологічно обґрунтовані системи: навчальний підручник / В. М. Писаренко. – Полтава: Інтер Графіка, 2002. – 288 с.
- 12 Пономарьова О. А. Порівняння середовищевірної ролі підростаючої крони дерев після глибокої омолоджувальної обрізки і молодих рослин / О. А. Пономарьова, В. П. Бессонова // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2012. – Вип. 17, № 1. – С. 183-189.
- 13 Руденко С. С. Загальна екологія. Практичний курс: навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. Ч. 2. Природні наземні екосистеми // С. С. Руденко, С. С. Костишин, Т. В. Морозова. – Чернівці, 2008. – 320 с.
- 14 Федоренко В. П. Стратегія і тактика захисту рослин / В. П. Федоренко. – К.: Альфа-стевія, 2012. – 503 с.
- 15 Хвостов О. О. Вплив аерогенного забруднення на стан деревної рослинності м. Запоріжжя / О. О. Хвостов, Н. В. Капелюш // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2011. – Вип. 16, № 1. – С. 103–108.
- 16 Gaffin S. R., Rosenzweig C., Kong A. Correspondence: adapting to climate change through urban green infrastructure // Nature Climate Change. - 2012. - V. 2 - P. 704-704.
- 17 Glibovytska N. I. Woody plants vitality of urban areas and prospects of their greenery / N. I. Glibovytska, YA. Adamenko // Scientific Bulletin of North University Center of Baia Mare. - 2017. - V. XXXI. - No. 1. - P. 21-34.
- 18 Oldfield E.E., Warren R.J., Felson A.J. Challenges and future directions in urban afforestation // Journal of Applied Ecology. - 2013. - V. 50 (5). - P. 1169-1177.
- 19 Ordonez C., Duinker P. Ecological integrity in urban forests // Urban Ecosystems. - 2012. - Vol. 15. - P. 863-877.
- 20 Rotherham I.D. Urban trees, urban forests and valuing the contributions to landscape and living // Arboricultural Journal. - 2014 - V. 36 (3). - P. 127-128.
- 21 Turner A.P., Dickinson M.N., Leed N.W. Indices of metal tolerance in trees // Water, Air and Soil Pollution. - 1991 - V. 57-58. - P. 617-625.
- 22 Williams N.S., Schwartz M.W., Veski P.A. et al. A conceptual framework for predicting the effects of urban environments on flora. Journal of Ecology. - 2009. - V. 97. - No. 1. - P. 4-9.

© Н. І. Глібовицька,
І. В. Бойчук

*Надійшла до редакції 13 лютого 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. О. Адаменко*

УРБОЕКОЛОГІЯ

УДК 504:712 (477-25)

*Т. М. Ткаченко¹, Д. В. Гулей²**¹Київський національний університет
будівництва та архітектури,**²Студія дизайну інтер'єру «Darina Gulley», м. Київ***ЗЕЛЕНІ КОНСТРУКЦІЇ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТА
ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ УРБОЦЕНОЗІВ (НА ПРИКЛАДІ
СОЛОМ'ЯНСЬКОГО РАЙОНУ М. КИЄВА)**

У роботі розглянуто проблема погіршення стану атмосферного повітря урбоценозів, що призводить до збільшення ризиків захворюваності у населення. Вирішення даної проблеми можливе не тільки із застосуванням технічних і юридичних механізмів, а й з використанням природних біологічних фільтрів - рослин. Недостатня кількість зелених зон в урбоценозах викликана загостренням екологічної безпеки та інтенсивною ущільненою забудовою. З метою озеленення центральних районів з ущільненою малоповерховою забудовою пропонується введення «зелених конструкцій» у Солом'янському районі м. Києва. В даному випадку вони виконують не тільки санітарно-гігієнічну й естетичну функції, а й сприяють збереженню видового різноманіття птахів. В результаті аналізу 7 факторів, пропонується 13 видів птахів, які можуть використовувати вертикальні і горизонтальні «зелені конструкції» як кормову базу і місця гніздування.

Ключові слова: урбоценоз, атмосферне повітря, «зелені конструкції», біорізноманіття, птахи.

The problem of deterioration atmospheric air of urbocenoses is considered in the paper, which leads to increase in the risk of morbidity in the population. The solution of this problem is possible not only with the use of technical and legal mechanisms, but also with the use of natural biological filters - plants. The lack of green areas in the Urbotsenozы caused by poor environmental conditions and intensive condensed buildings. In order to plant greenery of central regions with compact low-rise buildings, we propose to use «green structures» in the Solomyansky district of Kyiv. In this case, they perform not only sanitary-hygienic and aesthetic functions, but also contribute to the conservation of species diversity of birds. As a result of the analysis of 7 factors, 13 species of birds are proposed, which can use vertical and horizontal «green constructions» as a feed base and breeding grounds.

Keywords: urbotsenoz, atmospheric air, «green constructions», biodiversity, birds.

Постановка проблеми. У 2015 році в Україні підписано указ про прийняття Стратегії сталого розвитку «Україна–2020» [1]. Метою Стратегії є впровадження в Україні європейських стандартів життя та вихід України на провідні позиції у світі. Мета реалізації Стратегії здійснюється за чотирма векторами: розвитку, безпеки, відповідальності та гордості. Однією зі складових вектору розвитку є програма енергоефективності, а вектору безпеки – програма збереження навколишнього природного середовища. У національній доповіді «Цілі Сталого Розвитку: Україна» (2017 р.) [2] йдеться про 17 цілей, одинадцять з котрих орієнтована на підвищення безпеки урбанізованих територій.

Погіршення стану навколишнього середовища негативно впливає на здоров'я населення. На думку багатьох вчених, одним з чинників навколишнього середовища, який

має значний вплив на якість довкілля і здоров'я населення, це стан атмосферного повітря [3-5]. Слід зазначити, що більшість забруднювачів (53,3%) інгалаційним шляхом через органи дихання. Встановлено, що населення, яке проживає в умовах дуже сильного забруднення повітря, частіше хворіє на туберкульоз (на 45%), хвороби ендокринної системи (на 36%), нервової системи (на 29%), системи кровообігу (на 37%), органів дихання (на 12%), органів травлення (на 65%), сечостатевої системи (на 25%), кістково-м'язової системи (на 60%). В таких умовах викликають занепокоєння високі рівні захворюваності населення на гіпертонічну хворобу (на 67%), ішемічну хворобу серця (на 56%), стенокардію (на 75%), хронічний бронхіт (на 47%) тощо [6,7].

У містах України спостерігається наднормативне забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств та автотранспорту [8,9]. Також у викидах зростає кількість хімічних речовин, які негативно впливають на здоров'я населення. Найпоширенішими з них є: формальдегід, диоксид азоту, оксид вуглецю, фенол, фтористий водень, бенз(а)пірен, завислі речовини (пил), аміак [10]. Одним з механізмів підвищення екологічної безпеки урбоценозів можуть бути біотехнічні засоби – «зелені конструкції», під якими ми розуміємо архітектурно-будівельні елементи, поєднані з живими рослинами: покрівельне озеленення, фасадні зелені блоки, вертикальне озеленення, екопарковки, зелені схили.

Аналіз досліджень і публікацій. Численні переваги, пов'язані з впровадженням «зелених конструкцій», включають відтворення середовища існування диких тварин, створення в перенаселених міських районах більшого життєвого простору, зменшення міського ефекту теплового острова, економію енергії і ослаблення зливових стоків. Дослідженню зооценозів «зелених конструкцій» (зелених дахів) присвячені роботи Гранта [11] та Бреннейсена [12]. Автори підкреслюють велику видову різноманітність павуків, жуків і птахів. Бреннейсен [12] прийшов до висновку, що наземні та «дахові» фітоценози практично не відрізняються за видовим складом, що свідчить про повноцінне відтворення природних біогеоценозів на зелених дахах. Дослідження, проведені в Швейцарії, показали присутність на зелених дахах багатьох видів птахів, які перебували там в пошуках їжі і для розмноження [13]. Рослини «зелених конструкцій» очищають, зволожують і збагачують киснем повітря міст, виділяють фітонциди [14], знижують силу вітру та шуму, змінюють радіаційний та температурний режими [13-15]. У 60-х-70-х роках минулого століття перші зелені покрівлі стали з'являтися саме на будинках санаторіїв і лікувальних установ [15]. Одна з оцінок передбачає, що трав'яна покрівля площею 2000 м² може очистити 4000 кг бруду з повітря в рік (тобто 2 кг на 1 м² даху) [16]. Люди, що живуть в квартирах з зеленими балконами або терасами менш сприйнятливі до захворювань. Це відбувається через додатковий кисень, зволоження повітря, заспокійливої дії зеленого кольору [17]. «Зелені конструкції» об'єднують розірвані природні ділянки міських систем в єдине ціле. Також вони можуть мати охоронне значення, якщо у фіто- та біоценозі присутні рідкі види рослин, тварин та комах [16]. «Зелені конструкції» можуть поліпшити дизайн міського середовища і приховати недоліки окремих будівель. Наприклад, зелена покрівля на публічній бібліотеці в Ванкувері (Канада), була спеціально створена з метою поліпшення виду для мешканців прилеглих офісних веж, а зелена покрівля в Торонто створена для поліпшення виду з сусіднього готельного комплексу [16]. «Зелені конструкції» можна вважати як би «п'ятим фасадом», оскільки своєю красою вони часто залучають більше уваги, ніж основні фасади будівель. Вони екологічні, естетичні, привабливі, покращують зовнішній вигляд району та міста в цілому. Деякі з них (зелені дахи, тераси) створюють додаткові місця для відпочинку людей [18]. Грунт, рослини і повітряний прошарок між рослинами і будівлею у покрівельному та фасадному озелененні можуть використовуватися для звукової ізоляції. Випробування показали, що шар ґрунту в 12 см може зменшити звук на 40 дБ; 20 см - 46 дБ [19]. На сьогоднішній день зелене будівництво набирає обертів у всьому світі. Основна його мета - будівництво та експлуатація будівель, вплив яких на навколишнє середовище мінімальний. Мається на

увазі весь цикл існування будівлі: вибір ділянки з проектування → будівництво → експлуатація → ремонт → знесення. «Зелені конструкції» гармонійно вписуються в зазначену схему і на кожному етапі виконують економічну, екологічну і соціальну функції. В даний час світові постачальники конструкцій для зелених покрівель намагаються максимально екологізувати складові шарів зелених покрівель. Наприклад, лінія «Nature Line» ZinCo в якості сировини використовує не пластик, а біополімер, що отримується в результаті переробки цукрової тростини [20]. Таким чином, «зелені конструкції» виконують функцію «утилізація будівлі під нуль», підвищуючи екологічну безпеку урбоценозів.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Крім технічних та юридичних засобів покращення атмосферного середовища міст є ще природний біологічний засіб – посилення міських екологічних систем за допомогою рослин. Однак, в умовах інтенсивної ущільненої забудови, антропогенного й техногенного навантаження урбоценозів, створення і підтримання в належному вигляді повноцінних рекреаційних зон дуже проблематично, це вимагає застосування і введення нових форм і методів міського озеленення. Одним із способів підвищення екологічної безпеки урбоценозів можуть бути «зелені конструкції».

Постановка завдання. Аналіз і оцінка стану зеленої зони міста Києва та побудова карти озеленення території за допомогою «зелених конструкцій» в умовах щільної забудови та недостатньої кількості зелених насаджень, для залучення птахів та утворення власної урбанізованої екосистеми на дахах обраних будівель на прикладі Солом'янського району м. Києва.

Виклад основного матеріалу. Територія зелених насаджень усіх видів у межах міста Києва становить 56,5 тис. га або 67,4% всієї площі міста, у т. ч. 21,6 тис. га знаходяться в межах міської забудови. Фактична забезпеченість зеленими насадженнями населення м. Києва з міськими лісами становить 215,2 м²/люд., а в межах міської забудови – 82,3 м²/люд. Згідно з прийнятою класифікацією ці насадження поділяються за функціональною ознакою на три основні групи:

а) озеленені території загального користування: парки культури та відпочинку, парки відпочинку, сквери і бульвари, спеціалізовані парки (ботанічні сади, зоопарк, Музей народної архітектури і побуту, НК «Експоцентр України», гольф-парк);

б) озеленені території обмеженого користування - на міжбудинкових житлових територіях, ділянках землекористування дитячих закладів, шкіл, вузів, наукових і лікувальних закладів, підприємств та організацій;

в) озеленені території спеціального призначення – санітарно-захисні зони промислових підприємств, водоохоронні, меліоративні та лісозахисні смуги, оранжерейні господарства та розсадники, коридори інженерних мереж, озеленені частини вулиць, доріг і кладовищ [21].

Озеленені території загального користування, які підпорядковані ККО «Київзеленбуд», мають найбільш доглянутий стан, незважаючи на ряд проблем, властивих всім озеленим територіям. Озеленені території обмеженого користування та спеціального призначення належать до різних відомств і мають різний ступінь благоустрою та доглянутості. Роботи з ландшафтної реконструкції проводяться лише у випадку зміни землекористувача без прив'язки до суміжних територій, тому реконструйовані ділянки виглядають випадковими і лише підкреслюють непривабливість і відсутність професійного догляду інших територій.

Території загального користування (табл.1). Для міста Києва мінімальна нормативна площа озелених територій загального користування згідно з містобудівними вимогами повинна забезпечувати 20 м²/люд. [21]. Новим Генеральним планом м. Києва [22] передбачається збільшення площі озелених територій загального користування до 7800,91 га, а забезпеченість населення – до 23,41 м²/люд. За аналізом таблиці видно, що забезпеченість по м. Києву є нижчою за нормативну, а найменш

забезпеченими є Святошинський, Солом'янський та Дарницький райони. Голосіївський, Дніпровський та Печерський та Шевченківський райони.

Таблиця 1

Баланс озелених територій загального користування [21]

Район	Парки, га	Сквери, га	Бульвари, проспекти, га	Загальна площа, га	Чисельність постійного населення	Забезпеченість, м ² /люд
Голосіївський	898,7	22,29	12,6	933,59	231,059	40,36
Дарницький	195	15,23	4,1	214,33	304,977	7,03
Деснянський	624,1	19,72	7,5	651,32	353,484	18,36
Дніпровський	1147,7	22,85	33,7	1204,25	344,052	35,00
Оболонський	452,9	45,69	23,4	521,99	311,923	16,67
Печерський	331,5	22,11	6,2	359,81	134,949	26,66
Подільський	196,9	20,81	13,3	231,01	186,659	12,38
Святошинський	166,7	34,0	23,8	224,5	328,249	6,86
Солом'янський	262,6	28,45	15	306,05	340,33	8,99
Шевченківський	403,2	47,15	17	467,35	222,21	20,73
Всього	4680,0	278,6	156,6	5115,0	2757,9	18,5

Отже, основними містобудівними проблемами розвитку мережі озелених територій загального користування є:

- недостатня забезпеченість населення озеленими територіями загального користування;
- нерівномірність розподілу озелених територій загального користування за адміністративними районами;
- недостатня забезпеченість жителів м. Києва спортивними парками;
- відсутність чітко встановлених меж озелених територій;
- незадовільний санітарно-екологічний стан насаджень та недостатній благоустрій паркових територій;
- нецільове використання територій зелених насаджень загального користування.

Озелені території обмеженого використання займають площу 11638,6 га. До складу таких територій увійшли озеленені території загальноосвітніх навчальних закладів – 1093 га, дитячих дошкільних установ – 865,4 га, вузів – 1242,5 га, лікувальних закладів – 284,6 га, житлових масивів – 5411,4 га та інші. Насадження на житлових територіях різноманітні, але простежується певна закономірність їх розподілу як за естетичною цінністю, породним складом, так і стосовно землекористувачів і адміністрації районів. Райони більш ранньої забудови (житлові масиви Воскресенка, Стара Дарниця, Відрадин, Лісовий, Борщагівка) характеризуються різноманітністю деревно-чагарникових порід, але втрачають в естетичному сприйнятті, бо період заселення цих житлових масивів супроводжувався активною самодіяльністю мешканців, внаслідок чого була допущена безсистемність і загущеність посадок (як правило, висаджували плодові дерева та кущі).

Основним призначенням насаджень промислових підприємств є виконання санітарно-оздоровчої функції. Відсоток їх озелененості складає, в основному, 15–20% від загальної площі. Територіям громадських установ, закладів торгівлі та лікарень завжди приділялось достатньо уваги. Стан знаходиться приблизно на тому ж рівні, що й раніше, табл. 2 [23].

Території спеціального користування. Насадження спеціального призначення надзвичайно різні за характером і функцією. Вуличні насадження, складаються переважно з рядових посадок дерев та відіграють, як і насадження загального користування, значну оздоровчу й кліматорегулювальну роль. Їх загальна площа становить 784,6 га (табл. 3).

Таблиця 2

Площі озелених територій обмеженого користування міста Києва, га [23]

Адміністративні райони	Всього	Житлові території			Дошк. дит. заклади і школи	Вузи, наукові та інші устан.	Лікувальні заклади	Підприємства та інші установи
		разом	міські багатоповерхові	приватні				
Голосіївський	1573,7	603	157	446	78	484,7	46,6	361,4
Дарницький	1298,4	631,2	329,9	301,3	73	-	2,2	160
Деснянський	968,3	416,7	377,6	39,1	81,4	28,4	11,2	430,6
Дніпровський	1144,8	507,0	400,5	106,5	295,7	80,5	26,7	14,9
Оболонський	1129,9	464,7	321,7	143	103,2	7,1	18,5	396,7
Печерський	325	206,7	77,6	129,1	28,2	1,9	0,2	88,9
Подільський	638,1	355,0	181	174	44,3	1,8	44,7	51,8
Святошинський	1384,9	626,1	465	161,1	39,7	-	64	497,8
Солом'янський	2589,4	1128,5	807,8	320,7	93,2	638,1	59,5	601,5
Шевченківський	585,9	472,5	346	126,5	28,7	-	11	60,9
Разом:	11638,6	5411,4	3464,1	1947,3	865,4	1242,5	284,6	2664,5

Таблиця 3

Фактична забезпеченість наявними озеленими територіями спеціального користування [21, 23]

Адміністративний район	Площа озелених територій спеціального користування, га
Дарницький	64,1
Деснянський	74,3
Дніпровський	53,1
Оболонський	99,9
Печерський	59,0
Подільський	50,3
Святошинський	131,4
Солом'янський	87,4
Шевченківський	93,0
Разом:	784,6

Функціональні особливості насаджень спеціального призначення:

- шумо- та пілоізоляційні;
- естетично-декоративні (гармонійне поєднання форми та кольорової гамми насаджень із врахуванням сезонної зміни забарвлення);
- поглинаючі (здатність до поглинання забруднюючих речовин і шкідливих викидів у приземному шарі атмосферного повітря);
- захисні.

Насадження спеціального призначення в межах санітарно-захисних зон заведеної частини міста кількісно не відповідають нормативним вимогам (50% згідно з Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів ДСП-173-96) [24]. На території санітарно-захисних зон багатьох підприємств м. Києва питома вага озеленення не перевищує 5-10%, й представлене поодинокими деревами, трав'янистим покривом, часто порослим бур'яном, чагарниками і таким чином не може забезпечити повноцінне виконання своїх санітарно-гігієнічних функцій ні кількісно, ні якісно.

В Києві налічується 28 кладовищ загальною площею 533,2 га, з яких більшість мають статус закритих і напівзакритих. Рівень озеленення кладовищ досить високий і

складає близько 80%. В м. Києві налічується 1277,7 га вуличних насаджень, третина з яких (444,34 га) перебувають у незадовільному стані і потребують реконструкції. В озелененні вулиць міста переважають рядові посадки дерев у лунки в зонах тротуарів, поруч з проїжджою частиною.

Основними проблемами озелених територій спеціального призначення є:

- незадовільний стан вуличних насаджень, відсутність своєчасної заміни зелених насаджень;
- недостатня озелененість санітарно-захисних зон підприємств;
- відсутність щорічної інвентаризації насаджень спеціального призначення (окрім вуличних) та відповідних заходів щодо їх розвитку.

Насадження спеціального призначення страждають від антропогенно-промислового навантаження урбоценозу. До специфічних особливостей умов місцезростання насаджень вздовж міських вулиць належать посадки дерев у лунки в зонах тротуарів, поруч з проїжджою частиною; наявність асфальтового покриття в зоні тротуару; велика кількість насипних ґрунтів, дуже неоднорідних за складом і властивостями; значні порушення гідрологічного режиму міських ґрунтів у зв'язку із зростаючими статичними навантаженнями в умовах забудови житлових кварталів багатоповерховими будівлями; підвищена щільність ґрунту. Небезпечно для дерев і зайве нагромадження у ґрунті іонів натрію і хлору внаслідок застосування хлористих солей для прискорення танення снігу й льоду в зимовий період, поливання дерев хлорованою водою. Неприятливі умови зростання призводять до фенотипових та фізіологічних змін, захворювань, ураження шкідниками.

Таким чином, найбільш доглянутими є території загального користування, але баланс озелених територій нерівномірний по районах. Території обмеженого та спеціального користування не відповідають нормативним умовам, тому не можуть виконувати санітарно-гігієнічні, естетичні та захисні функції.

Раніше оздоровлення міської території, підтримання балансу екосистеми та її біорізноманіття здійснювалося за допомогою кільцевих зелених лісових масивів, які зеленими клинами у віддалених, мало забудованих районах входили в міську систему та служили мостами міграції біоти. В даний час цей процес порушений через інтенсивну забудову віддалених районів. Промислово-антропогенне навантаження у сукупності з недостатнім озелененням і різким скороченням зелених зон призводять до загострення екологічної небезпеки урбоценозів, підвищення ризиків захворюваності та психо-емоційного розладу. Проблема посилюється тим, що в центральних районах з ущільненої забудовою через відсутність вільного місця і дорожнечі землі неможливо створити повноцінні рекреаційні зони. В даному випадку вирішити проблему можна за допомогою «зелених конструкцій»: озеленення схилів, фасадів будівель, вертикального і покрівельного озеленення, екопарковок. «Зелені конструкції» є одним з механізмів підвищення екологічної безпеки урбоценозів. Ці механізми виконують екологічну (створення додаткових локальних біогеоценозів, збереження і штучне поповнення біорізноманіття, мости міграції біоти, екологічна утилізація будівель), економічну (додаткова теплоізоляція, зменшення холодильного навантаження на кондиціонування повітря, зменшення навантаження на міське дощове водовідведення, вторинне використання стічних вод на полив та технічні потреби) та соціальну (збереження земельних ресурсів, боротьба з парниковим ефектом, збереження здоров'я людей: продукування кисню, створення рекреаційних зон, поліпшення якості повітря фітонцидами, зменшення рівня шуму) функції у сучасних містах.

Побудова карти озеленення територій в умовах щільної забудови та недостатньої кількості зелених насаджень на прикладі Солом'янського району м. Києва. При виборі будівель та споруд під озеленення, в Солом'янському районі міста Києва було проведено аналіз існуючого стану зелених насаджень. Виходячи з документу [21], було обрано Солом'янський район, який посідає третє місце за балансом озелених

територій загального користування (забезпеченість 8,99 м²/люд.). За основні критерії вибору майбутньої ділянки озеленення було взято малоповерхові житлові та нежитлові будівлі, які знаходяться поруч з місцевими парками та скверами громадського призначення для залучення птахів з існуючих зелених територій та утворення власної урбанізованої екосистеми на дахах обраних будівель та споруд.

На мапі (рис. 1) нами було виділено та пронумеровано ділянки з найбільшою щільністю забудови та з недостатньою кількістю зелених насаджень.



Рис. 1. Перспективні зони введення «зелених конструкцій» у місцях центральних малоповерхових забудов Солом'янського району міста Києва

Ділянка №1 розташована в промисловому районі з 9-ти поверховою забудовою. Поруч знаходиться парк «Орлятко», території дошкільних та шкільних навчальних закладів. Сіrimи кругами позначено місця найбільшого забруднення повітря. На ділянці №2 розташовано два парки, парк «Супутник» та парк «Юність», які чудово підходять в якості місця скупчення птахів, які зможуть шукати собі нові домівки на зелених дахах житлових малоповерхівок по вулиці Уманській та вулиці Єреванській. Стан повітря в даній ділянці незабруднений. Ділянка №3 розташована біля приватного житлового

сектору та налічує два парки (Солом'янський ландшафтний лісопарк та парк «Протасів Яр»). Головним забруднювачем повітря біля цієї ділянки виступає Південний та Центральний Залізничні вокзали. Рівень забруднення розповсюджується на вулиці Ползунова, Георгія Кірпи та на вулиці Стадіонна. Спостерігається дуже ущільнена забудова на ділянці №4, яка охоплює три головні проспекти міста Києва (Чоколівський бульвар, Повітрофлотський та Червонозоряний проспекти). Джерелами забруднення повітря на цій ділянці виступають автомобільний транспорт, який забруднює повітря вихлопними газами (особливо в автомобільних заторах на Солом'янській площі), та діючий завод цивільної авіації № 410, що знаходиться біля аеропорту «Київ». Ділянка №5 межує із приватним житловим сектором та налічує парк «Відрадний», скверик ліцею «Престиж» та озеленену територію Медмістечка. Забудова 5-ти поверхова, досить ущільнена в районі Новокараваєвих Дач. Забруднення повітря не виявлено.

Для центральних частин району характерна малоповерхова забудова (п'яти- і дев'ятиповерхові будівлі), що прилягає до паркових зон, де мешкають різні види птахів та тварин. Несприятлива екологічна ситуація урбоценозів призводить до знищення зелених зон, яких тепер бракує в центральних міських районах. Зони загального користування не тільки виконують захисну, санітарно-гігієнічну та рекреаційну функції, але є місцем існування біоти і зеленими шляхами її міграції. Через знищення зелених зон страждає середовище проживання біоти, погіршується кормова база, що призводить до зниження біорізноманіття міської системи. У даній роботі за допомогою зелених конструкцій пропонується вирішити проблему кормової бази і гніздування для птахів, що стабілізує і підвищить їх біорізноманіття.

Малоповерхова житлова забудова підходить для введення горизонтальних (зелені покрівлі) і вертикальних (фасадні блоки і вертикальне озеленення) «зелених конструкцій». Були проаналізовані 7 параметрів: природні місця проживання та гніздування, кормові переваги, максимальна висота польоту. Для залучення птахів із зон загального користування необхідно, щоб будівлі з зеленими конструкціями знаходилися поблизу неї, що дозволить зменшити радіус перельоту, скоротивши його від 500 до 1000 м. Хоча відомо, що птахи під час міграції легко долають відстань 3-4 км. Дані аналізу представлені в табл. 4. Основу видового різноманіття складають птахи, що можуть злітати на висоту від 5 до 9-10 м, що мешкають у зоні загального користування міської системи. Всього виділено 13 видів. Раніше нами був запропонований асортимент рослин для покрівельного озеленення, серед якого представлені всі життєві форми: дерева, чагарники і трави, в тому числі плодові. Такий асортимент рослин може служити як кормовою базою (в сукупності з штучними харчовими майданчиками) так і місцями гніздування.

Таблиця 4

Види птахів для залучення на «зелені конструкції»

№ з/п	Латинська назва	Українська назва	Середовище існування	Місця гніздування	Харчування	Висота польоту над землею, м
1	2	3	4	5	6	7
1.	<i>Corvus cornix</i>	Ворона сіра	відкрита сільська місцевість, узлісся та міські парки, міста та приміські зони	у кроні високих дерев	рослинність, насіння, комахи, харчові рештки	до 9-10
2.	<i>Emberiza citrinella</i>	Вівсянка звичайна	сільська місцевість, лани, сади, городи, лісові та лісостепові смуги	на землі або у чагарниках	комахи, насіння	від 2 до 5

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
3.	<i>Passer domesticus</i>	Горобець хатній	сільська і міська місцевість	у чагарникових і деревних насадженнях, щілинах будівель	відходи, ягоди, насіння, квіткові бруньки, комахи	5
4.	<i>Streptopelia turtur</i>	Горлиця звичайна	листяні ліси, парки	чагарники, дерева	насіння і частини рослин	до 9-10
5.	<i>Corvus monedula</i>	Галка	поблизу с/г угідь, у парках	дупла на гілках дерев, у щілинах будівель, на вежах замків і церковних дзвіницях, на кам'янистих виступах	комахи, хробаки, равлики, дрібні хребетні, насіння, ягоди	до 30
6.	<i>Dendrocopos major</i>	Дятел звичайний	пластичний до місць проживання: старі сади, парки, сквери, кладовища	у дуплах на деревах	горіхи, жолуді, насіння хвойних дерев, комахи, жуки	до 8
7.	<i>Regulus ignicapillus</i>	Золото-мушка червоночуба	хвойні та змішані ліси, парки, сади	верхня частина крони дерев	дрібні безхребетні і личинки	6-8
8.	<i>Fringilla coelebs</i>	Зяблик	ліси, парки всіх типів	верхня частина крони дерев	насіння та зелені частини рослин, комахи, безхребетні	2-5
9.	<i>Bombycilla garrulus</i>	Омелюх	ліси різного типу	на хвойних, березах та високих чагарниках	ягоди, плоди рослин, бруньки дерев, метелики, бабки, комари	3-15
10.	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Снігур	ліси, сади, парки	на хвойних і листяних деревах	насіння, бруньки рослин, ягоди (горобина), павукоподібні	до 5
11.	<i>Garrulus glandarius</i>	Сойка	ліси, старі парки, посадки	листяні або хвойні дерева	рослинна та тваринна їжа	2-5
12.	<i>Parus major</i>	Синиця велика	У різноманітних лісах, зазвичай на відкритих ділянках, узліссях, по берегах водойм	Дупла або шпаківні, іноді в норах, щілинах будівель, старих гніздах	комахи, павуки, насіння	до 5
13.	<i>Apusapus</i>	Серпокрилець чорний	полюбляє кам'яні забудови, але живе також у лісах. Доволі часто мешкає поряд з людиною.	дупла під дахами, у щілинах будівель	комахи	до 6

Висновки. Таким чином, проблему погіршення стану атмосферного повітря урбоценозів, яка призводить до збільшення ризиків захворюваності у населення, можна зменшити за допомогою озеленення. У центральних районах міст з щільною малоповерховою забудовою пропонується введення горизонтальних («зелені покрівлі») та вертикальних («фасадні блоки», класичне вертикальне озеленення) «зелених конструкцій». З метою озеленення центральних районів з ущільненою малоповерховою забудовою запропонована карта введення «зелених конструкцій» у Солом'янському районі м. Києва. В даному випадку «зелені конструкції» виконують не тільки санітарно-гігієнічну й естетичну функції, а й сприяють збереженню видового різноманіття птахів. В результаті аналізу 7 факторів, пропонується 13 видів птахів: *Corvus cornix*, *Emberizacitrinella*, *Passer domesticus*, *Streptopelia turtur*, *Corvus monedula*, *Dendrocopos major*, *Regulus ignicapillus*, *Fringilla coelebs*, *Bombus agrorum*, *Pyrhulapyrhula*, *Garrulus glandarius*, *Parus major*, *Arus arus*, які можуть використовувати вертикальні і горизонтальні «зелені конструкції» як кормову базу і місця гніздування.

Література

- 1 Указ 5/2015 «Про Стратегію Сталого розвитку «Україна – 2020» від 12.01.2015 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5/2015> (Дата звернення: 25.04.2018).
- 2 Національна доповідь «Цілі Сталого Розвитку: Україна», 2017. – 174 с. [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.idss.org.ua/monografii/2017_SDGs_NationalReport.pdf (дата звернення: 26.04.2018).
- 3 Грищенко С.В. Гигиеническая оценка влияния ксенобиотиков атмосферного воздуха на формирование экологической патологии органов дыхания у городского населения / С.В. Грищенко // Гигиена населенних міст. – К., 1999. – Вип. 35. – С. 40–46.
- 4 Присяжнюк В.Є., Доценко В.М., Федоришин О.П., Шмаргун Л.М. Методологічні підходи щодо розв'язання проблеми санітарної охорони атмосферного повітря в інституті загальної та комунальної гігієни ім. О.М. Марзеева в історичному аспекті / В.Є. Присяжнюк // Гигиена населенних міст. – К., 2001. – Вип. 38. – С. 119–137.
- 5 Манолог К.П. Гигієнічна оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря міста з розвинутою хімічною промисловістю : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 14.02.01 «Гигиена» / К.П. Манолог. – К., 2007. – 20 с.
- 6 Скачков М.В., Верещагин Н.Н., Скачкова М.А. Антропогенные факторы окружающей среды и их роль в развитии острых респираторных заболеваний / М.В. Скачков // Гигиена и санитария. – К., 1998. – № 6. – С. 11–13.
- 7 Литвинова О.Н., Антомонов М.Ю. Оцінка впливу екологічних чинників на показники захворюваності / О.Н. Литвинова // Довкілля та здоров'я. – К., 2002. – № 3 (22). – С. 68–69.
- 8 Інженерна екологія: Підручник з теорії і практики сталого розвитку / В.А. Баженов, В.М. Ісаєнко, Ю.М. Саталкін та ін. За заг. ред. В.П. Бабака – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 492 с.
- 9 Регіональна доповідь «Про стан навколишнього природного середовища Київської області у 2016 році. – 242 с. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/%D0%94%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%92%D0%86%D0%94%D0%AC%20%D0%9A%D0%B8%D1%97%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%202016.pdf> (Дата звернення: 26.04.2018).
- 10 Техноекіологія: навч. посіб. для вищ. навч. закл. / В.М. Удод, В.В. Трофімовіч, О.С. Волошкіна, О.М. Трофимчук. – Київ: КНУБА, ІТГП НАНУ, 2007. – 195 с.
- 11 Grant, G., Engleback, L., Nicholson, B., Gedge, D., Frith, M. & Harvey, P. (2003) Green roofs: their existing status and potential for conserving biodiversity in urban areas, Report Number 498, English Nature, Northminster House, Peterborough PE1 1UA, England
- 12 Brenneisen, S. 2003. The Benefits of Biodiversity from Green Roofs Key Design Consequences. In Proc. Greening Rooftops for Sustainable Communities: Chicago 2003.
- 13 Sutton, R.K. Green Roof Ecosystems. – Cham: Springer, 2015. – 447 p.
- 14 Peck Steven W., Callaghan C., Kuhn M. E., Bass B. Report on benefits, barriers and opportunities for green roof and vertical garden technology diffusion / Canada Mortgage and Housing Corporation, 1999. – 77 p.
- 15 Горохов В.А. Городское зеленое строительство: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 416 с.
- 16 North American Wetland Engineering, PA; "Ecology, construction and advantage"; in renaturation / NAWA Green Roof Technical Documentation, Minnesota, May 18, 1998.
- 17 Johnston, J., Newton, J. Building Green, Guidelines for the use of plants on the roofs, Walls and Sidewalks; Ecology Unit London, London, 1996.

18 Гуляева Е.А. Обустройство зеленых крыш при строительстве и конструкции зданий. – Магистерская диссертация по направлению подготовки 280100 Природообустройство и водопользование. – С.-П.: С.-П.ГПУ, 2014. – 94 с.

19 Hooker, J., Hendricks, N.; «Green Roofs of Europe»; Presented by the International Waterproofing Association at the 107 th Annual Conference and Exhibit of the National Association of Roofing Materials, San Francisco, California, 1994.

20 Система екокрыша - Natureline - с компонентами из возобновляемого сырья. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.zinco.com.ua/systems/intensive/natureline>

21 Про продовження чинності Програми розвитку зеленої зони м. Києва до 2010 року та концепції формування зелених насаджень в центральній частині міста N 572/572 від 7 липня 2017 року. [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://kmr.ligazakon.ua/SITE2/l_docki2.nsf/alldocWWW/0200AB89FC1EF048C2257FFF00687297?OpenDocument (Дата звернення: 18.05.2018).

22 Генеральний план міста Києва на період до 2020 року. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/0BxbGBoNdb1j6MDBuSkdHSIF5V1E/view> (Дата звернення: 18.05.2018).

23 Броневицький С., Присяжнюк В., Дьомін М. Озеленені ландшафтно-рекреаційні території і території та об'єкти природно-заповідного фонду. – КО «Інститут енерального плану м. Києва». – книга 9.1, т.9., 2015. – 60 с.

24 Наказ № 173 «Про затвердження державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» від 19.06.96 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://dnaop.com/get/2375/> (дата звернення: 17.05.2018).

© Т. М. Ткаченко,
Д. В. Гулей

*Надійшла до редакції 12 травня 2018 р.
Рекомендувала до друку
докт. техн. наук О. С. Волошкина*

ІНЖЕНЕРІЯ СЕРЕДОВИЩА ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

УДК 331.454:004.896

**А. П. Бочковський¹,
Н. Ю. Сапожнікова²**

¹Одеський національний
політехнічний університет,

²Одеська національна академія
харчових технологій

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МІНІМІЗАЦІЇ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ

В статті, на основі проведеного аналізу статистичних даних щодо кількості нещасних випадків, пов'язаних з психофізіологічними причинами, визначено необхідність розробки та застосування автоматизованих систем для усунення (мінімізації) професійних ризиків. Встановлено, що відомі сучасні автоматизовані системи, які спрямовані на мінімізацію професійних ризиків, мають низьку надійність. З метою усунення виявлених недоліків, які пов'язані з негативним впливом на працівника небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ) психофізіологічного походження, авторами запропоновано власну автоматизовану систему, яка спрямована на мінімізацію професійних ризиків.

Ключові слова: охорона праці, промислова безпека, технічні системи, небезпека, «людський фактор», виробничий травматизм, професійні захворювання, автоматизовані системи.

In the article, on the basis of the conducted analysis of statistical data of the number of accidents which are related to psychophysiological reasons, the necessity of development and usage automated systems for avoidance (minimisation) of occupational risks is determined. It is shown, that known modern automated systems that directed to minimisation of occupational risks are endowed with some drawbacks. In order to avoid revealed downsides, which are connected with negative influence of dangerous and harmful production factors (DHPF) of psychophysiological nature on employee, authors propose their own automated system, which directed to minimisation of occupational risks.

Keywords: occupational safety, industrial safety, technical systems, danger, "human factor", industrial injuries, occupational diseases, automated systems.

Постановка проблеми. Стратегія розвитку галузей народного господарства у 21 сторіччі передбачає поступовий перехід від безпосереднього до віддаленого управління технічними системами людиною. Сприяє даному процесу бурхливий розвиток інформаційних технологій та глобальних інформаційних мереж, які в поєднанні дозволяють створювати складні автоматизовані системи. Зазначені системи дозволяють керувати технологічним процесом з окремого постійного робочого місця, що обладнано персональним (керуючим) комп'ютером. Є очевидним, що впровадження автоматизованих систем віддаленого управління, суттєво підвищує рівень безпеки людини в умовах виробництва. Однак це стосується, в першу чергу, зниження негативного впливу на людину небезпечних факторів з боку технічних систем. В той же час, на такому робочому місці на працівника впливає досить велика кількість шкідливих факторів, які можуть комбінуватися між собою. Кількість таких комбінацій може перевищувати 10^{12}

варіацій. Прорахувати та оцінити їх, з метою мінімізації, неможливо навіть із застосуванням сучасної комп'ютерної техніки.

Шкідливі фактори, які вимірюються інструментально (рівень виробничого шуму, освітленість робочої поверхні тощо), ефективно мінімізуються за допомогою відомих заходів і засобів безпеки. Основною проблемою зниження рівня професійних ризиків, в межах функціонування системи управління охороною праці (СУОП), є мінімізація небезпечних та шкідливих факторів психофізіологічної групи. Це пояснюється їх стохастичною природою та випадковістю негативного впливу на працівника у часі. На сучасних робочих місцях, що передбачають роботу з персональним (керуючим) комп'ютером, саме такі фактори є найбільш поширеними. В даній роботі, досліджувались можливі шляхи мінімізації професійних ризиків саме на таких робочих місцях (для зручності використання, умовно, назовемо їх як робочі місця дослідної групи).

Поглиблює зазначену проблему позитивна динаміка збільшення кількості робочих місць дослідної групи за останні роки (рис. 1).

Одним із найбільш ефективних організаційно-технічних рішень, що спрямовано на усунення більшості факторів психофізіологічної групи та зменшення кількості варіацій їх комбінацій, є розробка та впровадження на робочих місцях автоматизованих систем з мінімізації професійних ризиків.

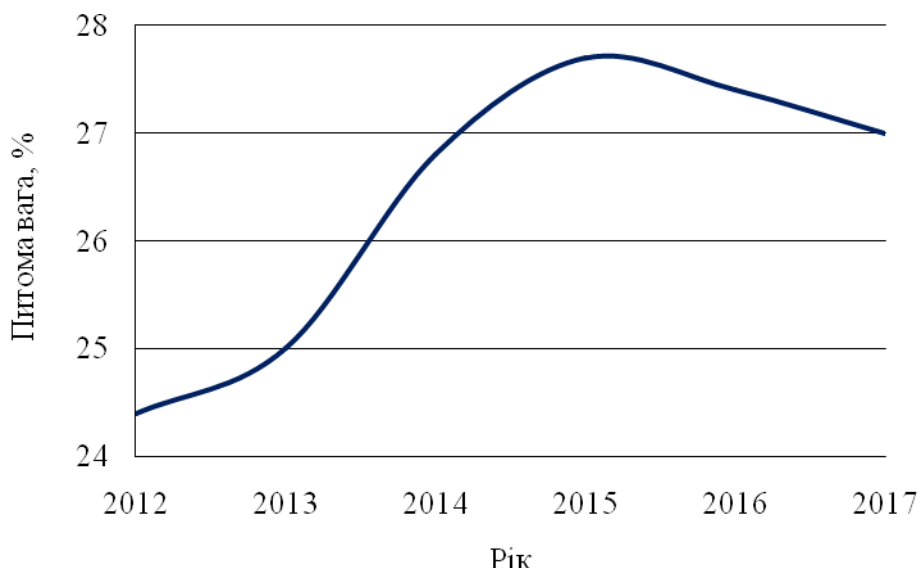


Рис. 1. Питома вага працівників, які працюють на робочих місцях дослідної групи, в загальній кількості економічно-активного населення України віком від 15 до 70 років [1]

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам мінімізації професійних ризиків були присвячені дослідження [2-8].

Так в роботі [2] проведено всебічний аналіз стану виробничого травматизму та професійних захворювань в Україні за роки незалежності. Досліджено закономірності виникнення професійних ризиків, встановлено прямий зв'язок між діями або бездіяльністю людини та виникненням професійних ризиків. Автором запропоновано перспективні напрямки мінімізації виникнення професійних ризиків, які однак стосуються виключно соціально-інформаційного середовища життєдіяльності людини, а саме формування позитивного інформаційного простору, спеціальних освітніх програм, популяризація охорони праці, загальної культури виробництва та промислової безпеки тощо. В роботі відсутні практичні рекомендації щодо мінімізації професійних ризиків,

пов'язаних з впливом на працівника небезпечних та шкідливих виробничих факторів психофізіологічної природи.

Робота [3] присвячена дослідженню нормативно-правової бази України з охорони праці та встановленню взаємозв'язків між якістю нормативних документів і виникненням професійних ризиків. Запропоновані авторами перспективні шляхи вирішення визначених проблем стосуються удосконалення нормативно-правової бази України з охорони праці та створення єдиної автоматизованої системи аналізу і оновлення нормативних актів з охорони праці та спрямовані відповідно на мінімізацію виключно окремої групи професійних ризиків.

Робота [4] присвячена розробці автоматизованої системи, яка спрямована на підвищення рівня охорони праці та промислової безпеки на виробництві. Впровадження запропонованої системи дозволяє зменшити кількість випадків виробничого травматизму та професійних захворювань, які виникають через негативний вплив на працівника фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Функціонування системи відбувається шляхом постійного контролю за станом несучих конструкцій будівель, споруд, а також частин виробничого обладнання, які витримують значні динамічні (вібраційні) навантаження. Однак розробниками системи не передбачено усунення (мінімізація) професійних ризиків, пов'язаних з впливом на працівника небезпечних і шкідливих виробничих факторів психофізіологічного походження.

В дослідженні [5] на основі комплексного аналізу статистичних даних виробничого травматизму, законодавчої бази України з охорони праці, навчальних програм підготовки студентів вищих навчальних закладів України та країн ЄС виявлено проблеми, які прямо та опосередковано сприяють підвищенню рівня професійного ризику на підприємствах України і впливають на безпеку людини в умовах виробництва. Авторами запропоновано пріоритетні шляхи усунення (мінімізації) виявлених недоліків, які мають організаційно-правовий характер та не передбачають впровадження практичних заходів з мінімізації професійних ризиків.

Робота [6] присвячена розробці автоматизованої системи, яка спрямована на мінімізацію ризиків виникнення професійних небезпек, за рахунок постійного контролю з боку технічних засобів за небезпечними зонами та рухом внутрішньоцехового транспорту. В той же час, в рамках запропонованої системи, неможливо управляти ризиками, що пов'язані з негативним впливом на працівника психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які є однією з головних причин виникнення професійних небезпек на виробництві.

Дослідження [7] присвячено комплексному аналізу виробничого травматизму у світі та пошуку шляхів мінімізації професійних ризиків. Авторами підкреслено, що індустріалізація, стрімкий розвиток науки і техніки, глобальна комп'ютеризація виробництва сприяють появі нових та трансформації відомих професійних небезпек. Основним напрямком для пошуку ефективних шляхів мінімізації професійних ризиків, автори вважають шлях підвищення виробничої культури на національному рівні. Такий підхід є досить глобальним та безумовно ефективним, але не в змозі забезпечити прийнятної рівня професійної безпеки, оскільки не передбачає використання комплексного підходу вирішення зазначеної актуальної проблеми.

Робота [8] присвячена пошуку шляхів зниження рівня виробничого травматизму та професійних захворювань у сільськогосподарській галузі. За результатами проведених досліджень, автором запропоновано методики аналізу передтравматичних ситуацій та виробничого травматизму, які дозволяють розробляти та впроваджувати, на всіх стадіях функціонування технічної системи, ефективні заходи та засоби мінімізації професійних ризиків. Однак галузеві особливості запропонованих методик роблять їх вузькоспрямованими, що в свою чергу свідчить про необхідність їх удосконалення.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Проведений аналіз останніх наукових досліджень

свідчить про відсутність наявного практичного інструментарію для застосування в системах управління охороною праці підприємств та організацій, який би дозволяв ефективно мінімізувати ризики, що пов'язані з негативним впливом на працівника небезпечних та шкідливих виробничих факторів психофізіологічної природи.

Метою даної роботи є розробка автоматизованої системи, яка дозволить мінімізувати вплив на працівника психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. Провести аналіз стану і структури професійних захворювань в Україні та країнах ЄС.
2. Проаналізувати відомі автоматизовані системи мінімізації професійних ризиків.
3. Формалізувати автоматизовану систему мінімізації професійних ризиків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Динаміка змін причин нещасних випадків за останні 10 років в Україні наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Динаміка змін причин нещасних випадків в Україні [9, 10]

Показник	Роки										
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Кількість зареєстрованих нещасних випадків на виробництві (з них смертельні), вип., у тому числі через:	22226 (1959)	16671 (857)	12705 (552)	13109 (645)	11640 (651)	10822 (646)	9221 (528)	6850 (525)	4592 (360)	4766 (364)	4965 (332)
1. організаційні причини, %	77,6	77,8	76,7	78,0	80,0	70,0	68,0	63,7	65,0	65,1	65,5
2. технічні причини, %	14,3	14,0	14,7	14,0	13,0	12,0	12,0	11,1	11,4	12,1	12,2
3. психофізіологічні причини, %	8,1	8,2	8,6	8,0	7,0	18,0	20,0	25,2	23,6	22,8	22,3
Кількість зареєстрованих професійних захворювань, вип.	5947	6793	6046	4965	5396	5612	5861	4352	1764	1603	1951

Як видно з представлених даних, за період з 2007 по 2011 рр. причини виникнення нещасних випадків в Україні розподілялися наступним чином. Перше місце займали організаційні причини (78%), друге місце – технічні причини (14%), третє місце – психофізіологічні причини (8%), що обумовлені дією відповідних небезпечних та шкідливих виробничих факторів (НШВФ). Однак, з 2012 року структура причин виникнення нещасних випадків змінилася. На друге місце вийшли причини, що пов'язані з психофізіологічною групою НШВФ (22%) (рис. 2).

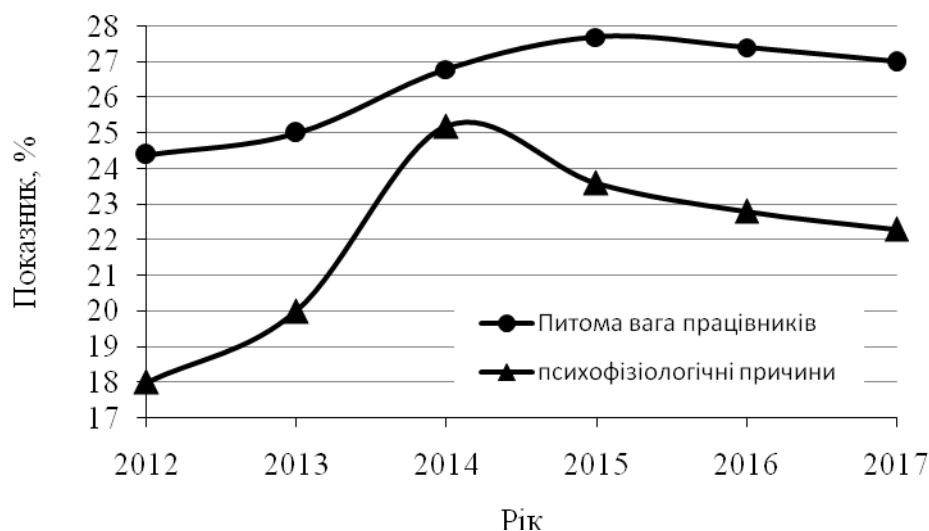


Рис. 2. Динаміка залежності питомої ваги працівників, що працюють на робочих місцях дослідної групи від кількості нещасних випадків за психофізіологічними причинами

Як видно з рис. 2, динаміка зростання нещасних випадків за психофізіологічними причинами практично співпадає з динамікою зростання робочих місць дослідної групи.

Це може свідчити про недосконалість існуючих, в межах СУОП, заходів і засобів, що спрямовані на мінімізацію небезпечних та шкідливих виробничих факторів психофізіологічної групи.

Традиційно, виникнення нещасних випадків, які пов'язані з негативним впливом на людину психофізіологічних факторів, стає можливим завдяки відсутності чи порушенню розроблених раціональних режимів праці та відпочинку. Основними причинами таких порушень може бути:

1. Свідоме чи не свідоме невиконання працівником відповідних вимог.
2. Недосконалість розробки раціонального режиму праці та відпочинку.
3. Протиправні дії інших осіб, в тому числі й роботодавця.

Як видно, всі зазначені причини прямо чи опосередковано пов'язані з дією людини, тобто з впливом «людського фактора». Мінімізація «людського фактора» є досить складним завданням, яке можна вирішувати в умовах виробництва двома основними шляхами:

- підвищенням якості розробки, впровадження та функціонування організаційних заходів;
- розробкою автоматизованих систем безпеки.

Перший шлях мінімізації «людського фактора» є традиційним для систем управління охороною праці. Якість його проведення залежить від багатьох факторів стохастичної природи, наприклад, від розуміння працівником першочерговості питань власної та колективної безпеки, якості нормативно-правової бази всіх рівнів, фахової кваліфікації працівників відділу охорони праці тощо. Ці заходи, за умови їх сумлінного виконання, є безперечно ефективними, але позитивний ефект від їх впровадження відтермінований у часі. Необхідно зазначити, що на ефективність організаційних заходів також впливають неминучі кадрові зміни колективу, коли у нового працівника необхідно формувати «безпекову свідомість», яка, в свою чергу, пов'язана з особливістю конкретного підприємства, організації.

Другий шлях не є традиційним для існуючих СУОП, однак спроможний забезпечити швидкий позитивний ефект (у часі) за умови адаптації автоматизованої системи безпеки, що розробляється, до специфіки підприємства.

З урахуванням різноманіття видів економічної діяльності підприємств, особливостей технологічних процесів та інших факторів, є очевидним, що основною вимогою до розробки автоматизованих систем безпеки є їх універсальність. Тобто спроможність їх адаптування до складу будь-якої існуючої технічної системи.

З аналізу літературних джерел відомі наступні автоматизовані системи, що спрямовані на мінімізацію професійних ризиків [11-14].

Система автоматизованого контролю і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища (Патент UA № 93386) дозволяє оперативно контролювати та управляти санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища (освітленість робочої поверхні, температура, відносна вологість, чистота та швидкість руху повітря робочої зони); удосконалити процес атестації робочих місць та зменшити витрати підприємства на її проведення. Недоліком даної системи є те, що вона спрямована виключно на мінімізацію шкідливих факторів виробничого середовища. Система не може застосовуватись для мінімізації професійних ризиків, що пов'язані з НШВФ психофізіологічної групи [11].

Система управління підприємством (Патент UA № 53194) – багатозадачна і мультифункціональна система управління підприємством, яка є платформою, що містить у собі всі необхідні рішення для бізнесу, що дозволяє працювати тільки в системі без залучення сторонніх програмних продуктів і без створення нових робочих місць. Системою передбачено, поряд з іншим, контроль за використанням працівниками

робочого часу, оповіщення про відхилення і порушення в роботі працівниками. Основним недоліком даної системи є її інформативний характер, що не передбачає наявності в складі системи дієвих важелів впливу, спрямованих на мінімізацію психофізіологічних факторів [12].

Система автоматизованого контролю за умовами праці на робочих місцях і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища (Патент UA № 97894) дозволяє підвищити рівень професійної безпеки на підприємствах, створити та підтримувати протягом всього технологічного процесу комфортні і безпечні умови праці, значно поліпшити процес атестації робочих місць. Розроблена система є удосконаленим варіантом патенту UA № 93386, однак має схожі з розглянутим прототипом недоліки [13].

Ергономічне крісло оператора (РФ 2209022). Розробка, яка призначена для оператора ЕОМ, забезпечує оптимальні ергономічні умови на робочому місці, підвищує працездатність, рівень комфорту на робочому місці, сприяє профілактиці захворювань опорно-рухового апарату. Крісло містить датчики контролю за положенням тіла працівника та виконуючі пристрої, які постійно в автоматичному режимі коректують кути нахилу спинки, підголівника, підлокітників та підставки під ноги відповідно до зміни положення тіла працівника. Дана розробка є досить вузько спрямованою, в контексті мінімізації професійних ризиків, що пов'язані з негативним впливом на людину психофізіологічних НШВФ [14].

Загальними недоліками існуючих систем можна вважати відсутність:

- засобів оперативного контролю за додержанням працівниками раціональних режимів праці та відпочинку;
- комплексного підходу до мінімізації професійних ризиків, що пов'язані з негативним впливом НШВФ психофізіологічної групи;
- можливості для розробки, впровадження та управління, в межах однієї системи, раціональними режимами праці та відпочинку на кожному робочому місці;
- заходів та засобів щодо попередження втоми працівника;
- можливості впровадження профілактичних заходів, спрямованих на попередження виникнення професійних ризиків.

З метою усунення зазначених недоліків, авторами запропоновано власну автоматизовану систему, яка спрямована на мінімізацію професійних ризиків.

Система автоматизованого контролю і управління організацією робочого місця зображена рис 3, 4. Система автоматизованого контролю і управління організацією робочого місця містить персональні комп'ютери (ПК), установлені, наприклад, на двох робочих місцях працівників; виконуючі пристрої і датчики положення тіла, розміщені на робочих кріслах працівників; підсилювачі сигналів; нормуючі перетворювачі; керуючий мікропроцесорний пристрій (КМП), а також персональний комп'ютер чергового оператора служби охорони праці.

Як виконавчі пристрої застосовуються масажери з функцією вібрації. Вони розміщені на кожному робочому кріслі в зоні ший, попереку, сідниць, стегон працівників під оббивкою. Вмикаються або вимикаються масажні пристрої у відповідності до режиму, який розробляється згідно висновків та рекомендацій планових медичних оглядів для кожного працівника окремо. Датчик положення тіла також розташований на робочому кріслі працівника в зоні сідниць під оббивкою.

Система автоматизованого контролю і управління організацією робочого місця працює наступним чином. Сигнали від персональних комп'ютерів через нормуючі перетворювачі надходять до КМП, обробляються і передаються на персональний комп'ютер чергового оператора служби охорони праці. При цьому починається відлік робочого часу для працівника з відповідного робочого місця, а на екрані монітору чергового оператора служби охорони праці виводиться інформація про: початок роботи першого та/або другого працівника, розроблені відповідно до нормативної документації

режими праці та відпочинку для першого та/або другого працівника; рекомендовані нормативною документацією варіанти вправ виробничої гімнастики.

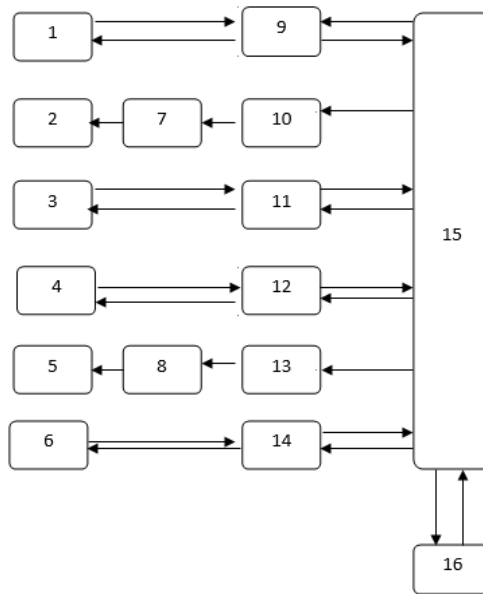


Рис. 3. Принципова схема роботи системи автоматизованого контролю і управління організацією робочого місця: 1, 4 – персональні комп'ютери (ПК); 2, 5 – виконуючі пристрої; 3, 6 – датчики положення тіла працівника; 7, 8 – підсилювачі сигналів; 9–14 – нормуючі перетворювачі; 15 – керуючий мікропроцесорний пристрій (КМП); 16 – персональний комп'ютер чергового оператора служби охорони праці

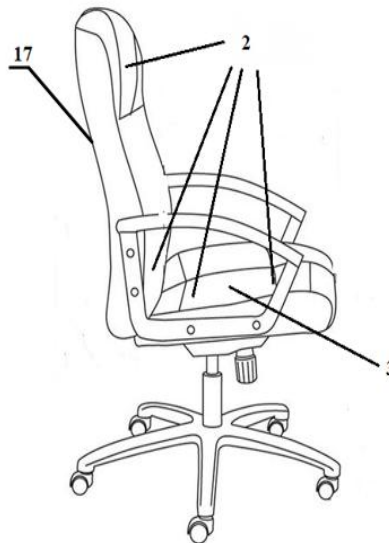


Рис. 4. Вид крісла (17) працівника, на якому розташовані виконуючі пристрої (2) і датчик положення тіла (3)

Сигнал від чергового оператора служби охорони праці надходить до КМП, обробляється та через нормуючі перетворювачі надходить на персональні комп'ютери на робочих місцях, на датчики положення тіла працівника, на виконуючі пристрої і блокує або розблоковує (вмикає або вимикає) їх.

Система працює в автоматичному режимі, однак передбачено також й ручне керування системою на випадок позаштатної ситуації.

Впровадження розробленої системи дозволить:

– зменшити кількість випадків виробничого травматизму та професійних захворювань за організаційними та психофізіологічними причинами, які займають перше та друге місце відповідно серед всіх причин виникнення нещасних випадків;

– керувати встановленими на підприємстві раціональними режимами праці та відпочинку;

– підвищити соціальну привабливість підприємства;

– підвищити культуру праці на виробництві, підприємстві, в організації;

– досягти збільшення економічного ефекту на підприємстві за рахунок підвищення рівня продуктивності праці, зменшення кількості виплат за соціально-страховими випадками.

Апробація результатів: за результатами дослідження, авторами отримано позитивне рішення про видачу патенту України на розроблену автоматизовану систему (заявка № u201711561).

Висновки.

1. Проведений аналіз показав, що за останні шість років кількість нещасних випадків, які пов'язані з психофізіологічними причинами, стабільно зростає разом зі збільшенням питомої ваги робочих місць дослідної групи. Це може свідчити про недосконалість існуючих, в рамках СУОП, заходів і засобів, що спрямовані на мінімізацію небезпечних та шкідливих виробничих факторів психофізіологічної групи.

2. Аналіз відомих автоматизованих систем, що спрямовані на мінімізацію професійних ризиків, виявив низьку недоліків загального характеру, а саме відсутність:

- засобів оперативного контролю за додержанням працівниками раціональних режимів праці та відпочинку;

- комплексного підходу до мінімізації професійних ризиків, що пов'язані з негативним впливом НШВФ психофізіологічної групи;

- можливості для розробки, впровадження та управління, в межах однієї системи, раціональними режимами праці та відпочинку на кожному робочому місці;

- заходів та засобів щодо попередження втоми працівника;

- можливості впровадження профілактичних заходів, спрямованих на попередження виникнення професійних ризиків.

3. Розроблена система дозволить комплексно мінімізувати основні професійні ризики, що пов'язані з негативним впливом на працівника НШВФ психофізіологічного походження.

Література

1 Основні показники соціально-економічного розвитку України за 2012 – 2017 рр. Державна служба статистики України [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

2 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.

3 Bochkovskyi, A. P. Promising direction for improving regulatory legal framework on labour protection for enterprises production food and beverages [Text] / A. P. Bochkovskyi, N. Y. Sapozhnikova // Environmental safety and sustainable resources management. – 2015. – № 2 (12). – P. 85–93. DOI: 10.13140/RG.2.1.4156.3927.

4 Бочковський, А. П. Формалізація системи автоматизованого контролю і підвищення безпеки виробництв [Текст] / А. П. Бочковський, Н.Ю. Сапожнікова // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2017. – № 15 – С. 114–123 DOI: 10.13140/RG.2.2.11062.29762.

5 Bochkovskyi, A. P. Legal and organizational issues of improving the labor protection and industrial safety level at the Ukrainian enterprises [Text] \ A.P. Bochkovskyi, N.Yu. Sapozhnikova, V. D.Gogunskii // Scientific Bulletin of National Mining University, 2017. № 5 (161). – P.100-108 doi:10.13140/RG.2.2.33613.23528 (Scopus).

6 Бочковський, А. П. Науково-практичні аспекти мінімізації ризиків виникнення професійних небезпек [Текст] / А. П. Бочковський, Н.Ю. Сапожнікова // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2017. – № 2 (16) – С. 92–101 DOI:10.13140/RG.2.2.36574.13124.

7 Yangho Kim. Creating a culture of prevention in occupational safety and health practice [Text] \Yangho Kim, Jungsun Park, Mijin Park \ Safety and Health at Work, 2016. – Vol. 7.- Issue 2. – P. 89-96 doi.org/10.1016/j.shaw.2016.02.002.

8 Сатюкова, Л.А. Предупреждение травматизма и профессиональных заболеваний работников АПК за счёт организационно-технических мероприятий [Текст] : автореф. дис. ... к-та техн. наук / Л.А. Сатюкова. – СПб., 2010. – 278 с.

9 Аналіз страхових нещасних випадків та професійних захворювань в Україні в 2007 – 2016 рр. Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань в Україні [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.social.org.ua/activity/stat>

10 Профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань за 2017 р. Фонд соціального страхування України [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/category/919872>.

11 Система автоматизованого контролю і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища МПК G06F3/048 [Текст] / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. - № 93386; опубл. 25.09.2014, Бюл. № 18 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=204947&chapter=biblio>.

12 Система управління підприємством МПК G06Q 90/00, G06F 17/00 [Текст] / Семененко К.М., Мамойко Я.А. - № 53194; опубл. 27.09.2010, Бюл. № 18 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://uapatents.com/6-53194-sistema-upravlinnya-pidpriemstvom.html>.

13 Система автоматизованого контролю за умовами праці на робочих місцях і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища МПК G06F 3/048 [Текст] / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. - № 97894; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 7 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=211092>.

14 Ергономічне крісло оператора МПК A47C1/02 [Текст] / Косик Л.А., Косик А.Л., Косик Т.Л. - № 2209022; опубл. 27.07.2003 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.freepatent.ru/patents/2209022>

© А. П. Бочковський,
Н. Ю. Сапожнікова

*Надійшла до редакції 17 квітня 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. М. Семчук*

УДК 504.06

*Р. А. Засць
Черкаський інститут пожежної безпеки
імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ТА РИЗИКУ ВТРАТИ ЕКОСИСТЕМИ ІРДИНСЬКОГО БОЛОТНОГО МАСИВУ

У статті наведено результати досліджень стійкості та масштабів трансформації екосистеми Ірдинського болотного масиву та ризику її втрати в умовах впливу торф'яної пожежі. Розглянуто основні підходи до оцінки стійкості екосистем. Визначено наслідки впливу пожежі, як екологічного фактору. Проаналізовано можливість відновлення болотної екосистеми та проведено суцесійне прогнозування постпірогенних рослинних угруповань.

Ключові слова: водно-болотні угіддя, стійкість екосистеми, постпірогенні угруповання, біорізноманіття, суцесія, оцінка ризику.

The article represents the results of research of the sustainability and scale of transformation of the Irdinsky marsh massif ecosystem and the risk of loss in the conditions of peat fire impact. The

6 Бочковський, А. П. Науково-практичні аспекти мінімізації ризиків виникнення професійних небезпек [Текст] / А. П. Бочковський, Н.Ю. Сапожнікова // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2017. – № 2 (16) – С. 92–101 DOI:10.13140/RG.2.2.36574.13124.

7 Yangho Kim. Creating a culture of prevention in occupational safety and health practice [Text] \Yangho Kim, Jungsun Park, Mijin Park \ Safety and Health at Work, 2016. – Vol. 7.- Issue 2. – P. 89-96 doi.org/10.1016/j.shaw.2016.02.002.

8 Сатюкова, Л.А. Предупреждение травматизма и профессиональных заболеваний работников АПК за счёт организационно-технических мероприятий [Текст] : автореф. дис. ... к-та техн. наук / Л.А. Сатюкова. – СПб., 2010. – 278 с.

9 Аналіз страхових нещасних випадків та професійних захворювань в Україні в 2007 – 2016 рр. Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань в Україні [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.social.org.ua/activity/stat>

10 Профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань за 2017 р. Фонд соціального страхування України [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/category/919872>.

11 Система автоматизованого контролю і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища МПК G06F3/048 [Текст] / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. - № 93386; опубл. 25.09.2014, Бюл. № 18 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=204947&chapter=biblio>.

12 Система управління підприємством МПК G06Q 90/00, G06F 17/00 [Текст] / Семененко К.М., Мамойко Я.А. - № 53194; опубл. 27.09.2010, Бюл. № 18 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://uapatents.com/6-53194-sistema-upravlinnya-pidpriemstvom.html>.

13 Система автоматизованого контролю за умовами праці на робочих місцях і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища МПК G06F 3/048 [Текст] / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. - № 97894; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 7 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=211092>.

14 Ергономічне крісло оператора МПК A47C1/02 [Текст] / Косик Л.А., Косик А.Л., Косик Т.Л. - № 2209022; опубл. 27.07.2003 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.freepatent.ru/patents/2209022>

© А. П. Бочковський,
Н. Ю. Сапожнікова

*Надійшла до редакції 17 квітня 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. М. Семчук*

УДК 504.06

*Р. А. Засць
Черкаський інститут пожежної безпеки
імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ТА РИЗИКУ ВТРАТИ ЕКОСИСТЕМИ ІРДИНСЬКОГО БОЛОТНОГО МАСИВУ

У статті наведено результати досліджень стійкості та масштабів трансформації екосистеми Ірдинського болотного масиву та ризику її втрати в умовах впливу торф'яної пожежі. Розглянуто основні підходи до оцінки стійкості екосистем. Визначено наслідки впливу пожежі, як екологічного фактору. Проаналізовано можливість відновлення болотної екосистеми та проведено суцесійне прогнозування постпірогенних рослинних угруповань.

Ключові слова: водно-болотні угіддя, стійкість екосистеми, постпірогенні угруповання, біорізноманіття, суцесія, оцінка ризику.

The article represents the results of research of the sustainability and scale of transformation of the Irdinsky marsh massif ecosystem and the risk of loss in the conditions of peat fire impact. The

main approaches of ecosystem sustainability assessment are considered. The consequences of the fire influence as an ecological factor are determined. The possibility of marsh ecosystem recovery and succession forecasting of post-pyrogenic plant groups have been analyzed.

Key words: wetlands, ecosystem sustainability, post-pyrogenic plant groups, biodiversity, succession, risk assessment.

Постановка проблеми. Протягом останніх десятиліть вплив діяльності людського суспільства на біосферу загалом та окремі екосистеми зокрема зростає прогресуючими темпами і здатен спричинити безповоротні зміни у деяких природних комплексах. Одними з найбільш вразливих екосистем планети є водно-болотні угіддя. Ці природні перезволожені комплекси є життєвим середовищем для багатьох характерних, рідкісних та зникаючих видів, важливими біотопами для водоплавних птахів під час сезонних міграцій, регуляторами і стабілізаторами гідрологічного режиму, а також ресурсом культурного, наукового і рекреаційного значення.

В цілому, законодавчому регулюванні питань, пов'язаних з водно-болотними угіддями, надається дедалі більша увага, вони активно вивчаються науковими колективами багатьох країн. Збереження й раціональне використання торфових боліт – одне з пріоритетних завдань міжнародної політики з охорони навколишнього середовища та протидії негативним наслідкам змін клімату. У сучасних умовах одним з найбільш уразливіших типів водно-болотних угідь є торфові болота, що перебувають під загрозою деградації, і є надзвичайно важливими екосистемами з унікальним біорізноманіттям, мають фіто-історичне, ботаніко-географічне значення, виконують функцію регулювання гідрологічного режиму.

Антропогенна діяльність призвела до порушення динамічної рівноваги у водно-болотних екосистемах, трансформації структури та порушення зв'язків між їх основними компонентами, що зумовлено низькою стійкістю таких екосистем до різких коливань природних умов, їх генезисом і ландшафтним розподілом [1].

В Україні пожежі на торфовищах найчастіше виникають у межах Українського Полісся, Передкарпаття, Малого Полісся, де зосереджені головні масиви торфових ґрунтів. В Черкаській області більше всього торф'яних пожеж виникає в межах Ірдинського болотного масиву, що обумовлено, як його розмірами, так і розташуванням, а саме наявністю поблизу населених пунктів і, відповідно, активною господарською діяльністю.

З огляду на вищезазначене, дослідження пірогенного впливу на екосистему Ірдинського болотного масиву та визначення стійкості і ризику її втрати є актуальною науковою проблемою.

18 вересня 2017 року в Черкаському районі, біля селища Ірдинь, в адміністративних межах Білозірської об'єднаної територіальної громади, виникла пожежа торфу на площі близько 51 га. Ліквідація даної надзвичайної ситуації тривала більше місяця і завершилась 20 жовтня 2017 року.

Аналіз досліджень і публікацій. Забруднення, руйнування ґрунтового та рослинного покриву, фрагментація місць існування видів спричинюють порушення природних потоків речовини, енергії та інформації. Екологічні умови болотних угідь та, відповідно, флора і фауна зазнають значної трансформації [2].

Пожежі природного та антропогенного походження — один із важливих і закономірних факторів, які впливають на різноманітні компоненти екосистем. Питання методологічного аналізу розвитку вразливих торфових екосистем, водно-болотних угідь у період глобальних змін навколишнього природного середовища дуже важливі та пріоритетні, враховуючи їх вагоме значення щодо ландшафтоутворення, водозабезпечення, специфічного біорізноманіття, фіторесурсного потенціалу, депонування парникових газів, біофільтрації забруднених речовин.

Проблемою попередження та гасіння пожеж на торф'яниках та торфорозробках займалось багато вчених: Гришин А. М., Ключ П. П., Шкарабура М.Г., Єлагін Г. І., Мигаленко К. І. та інші, але недостатню увагу приділялось питанням задимленості територій під час торф'яних пожеж та їх впливу на біоценоз та екосистему загалом [3].

Серед низки небажаних процесів, що простежуються на торфових болотах, є їх деградація під впливом пірогенного фактору. В особливо посушливі роки затяжні пожежі на торфовищах регіону можуть відбуватись впродовж тривалого часу, завдаючи значних матеріальних збитків та порушуючи екологічну рівновагу довкілля [4].

Характеристика будь якої екосистеми була б неповною без оцінки її стійкості. Автори [5] визначають стійкість екосистем як здатність зберігати свою структуру і характер функціонування в просторі та часі за впливу змін умов зовнішнього середовища. Теоретичні основи стійкості знайшли обґрунтування в класичних працях Пуанкаре, Ляпунова, Лагранже, Свіріжева та Логофета, які ґрунтуються на оцінках засвоєння і трансформації енергії та інформації, тобто законах термодинаміки функціонування екосистем, синергетики, показниках ентропії, що застосовуються до відкритих систем [6, 7]. Цими авторами було доведено, що природний розвиток екосистем хоч і спрямований до рівноважного стану, але у такому стані вони існувати не можуть, а потребують додаткової енергії, що забезпечується за рахунок дисипативних процесів. Такі зміни характеризуються послідовністю фаз конфлікту, кризи і власне катастрофи [8].

Щодо оцінки стійкості екосистем, то одним із ефективних і перспективних підходів у цьому відношенні є теорія біотичної регуляції [9-11]. Сутність механізму біотичної регуляції полягає в тому, що вона ґрунтується на законах організації та функціонування природного навколишнього середовища та обмеження господарського втручання і спрямована на підтримку екологічної рівноваги.

Цінність теорії біотичної регуляції та проведених на її основі розрахунків полягає в тому, що вони дозволили визначити кількісну оцінку меж та порогів стійкості біосфери. На основі використання різних і незалежних методів було встановлено, що межа, за якої функціонування екосистем регулюють умови довкілля, не повинна перевищувати знищення 1% чистої первинної продукції, яку накопичує біота [12].

Глибокі зміни, що зачіпають біосферу в цілому, порушили механізм біотичного регулювання навколишнього середовища, спричинили незворотні зміни, вихід системи за межі природних функцій, наростання швидкості процесів, якісних стрибків, негативних явищ турбулентності та наближення до катастрофічного стану.

На основі аналізу таких матеріалів та проведених розрахунків В. Г. Горшковим та А. М. Макар'євою [9] було сформульовано низку ключових висновків теорії біотичної регуляції.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Не зважаючи на важливість біосферної ролі боліт, проблема їх пірогенної деградації є маловивченою, а механізми забезпечення, принципи та методи оцінки стійкості відносно різних типів систем ще недостатньо розроблені. Водно-болотні угіддя є одними з найбільш вразливих екосистем планети, але ще й досі не визначена стратегія їх раціонального використання, реабілітації та збереження.

Формулювання мети статті. Метою дослідження є дослідження впливу пожежі, що виникла 18 вересня 2017 року в Черкаському районі, біля селища Ірдинь, в адміністративних межах Білозірської об'єднаної територіальної громади на екосистему Ірдинського болотного масиву, а саме:

- проаналізувати можливість відновлення болотної екосистеми та провести сукцесійне прогнозування постпірогенних рослинних угруповань;
- визначити стійкість та ризик втрати досліджуваної екосистеми, масштаб трансформації ценозів.

Виклад основного матеріалу дослідження. В основу роботи покладені матеріали досліджень, що проводилися маршрутними та стаціонарними методами в контрольних

точках, вибраних за матеріалами аеровізуальних спостережень з квадрокоптера для детальних досліджень впродовж вересня-листопада 2017 року на території Ірдинського болотного масиву.

Ірдинське болото – найбільший болотний масив в Черкаській області, що простягнувся у центральній частині Придніпровської височини, Дністровсько-дніпровської провінції лісостепової зони. Топографічно він приурочений до долини річки Ірдинки. Воно займає старе русло Дніпра, яке відокремилось від його сучасної заплави другою і третьою терасами, і тягнеться аж до плато. Болото належить до староруслових, на більшій частині є евтрофним. З центральної частини болота Ірдинь у протилежних напрямках беруть початок річки Ірдинь та Ірдинка. Різноманітність природних умов визначає різноманітність рослинності. На болоті вона представлена евтрофними лісовими, чагарниковими, трав'яними і трав'янисто-моховими угрупованнями.

Як правило, торфові пожежі не надають довготривалої і необоротної дії на болотні екосистеми. Виняток становлять невеликі за площею торфові болота і заболочені ділянки. Вони можуть вигоряти практично повністю, відновлюватись лише в сприятливих для болотоутворення кліматичні періоди. У результаті згорання корневих залишків поверхня ґрунту стає нерівною з утворенням поглиблень в місцях розповсюдження кореневої маси і гетерогенної структури, представленою сухою сумішшю попелу з частинками рослинних матеріалів, що обвуглилися.

Належний стан видового різноманіття забезпечується відповідністю сукупності факторів середовища існування екологічній ніші виду. Провідна роль у цьому розумінні належить лімітуючим факторам середовища, одним із яких виступає пожежа.

Цілком зрозуміло, що природні пожежі, незалежно від причини виникнення, які стихійно розповсюджуються по території досить складно оцінювати. Їх параметри невідомі, а про їх інтенсивність можна робити висновки лише по опосередкованим показникам.

При ґрунтових пожежах, безполум'яне горіння поширюється в шарі підстилки або торфу. Торфові пожежі виникають у результаті необережного поводження з вогнем, рідше – запалювання від блискавки і ще рідше – самозаймання торфу.

Торфові пожежі можуть виникати незалежно від лісових, у районах торфових боліт. Горіння проникає у більш глибокі шари торфу і цьому сприяє наявність у ґрунті коріння. Рослини при цьому повністю гинуть, внаслідок оголення і обгорання коренів.

Небезпека торф'яних пожеж у тому, що в процесі горіння утворюються порожнини (часто з жаром) у вигорілому торфі, в які можуть провалюватися люди, тварини, техніка. Під час пожежі задимлюються великі території та утворюється велика кількість попелу, а тління торфу може продовжуватись декілька місяців.

Пожежі можуть суттєво впливати на розподіл і чисельність тварин. При цьому вони не мають прямого знищувального впливу, однак впливають на кількість та співвідношення видів внаслідок пірогенних сукцесій рослинного покриву та зміни кормової бази. На згарищах порівняно з вихідними біотопами зменшується питома вага насіннієдних видів і збільшується кількість споживачів зелених кормів [13].

Слід, також, розрізняти наслідки, що виникають безпосередньо в процесі горіння – наслідки пожежі першого порядку, і ті, що з'являються після пожежі через певний проміжок часу – наслідки пожежі другого порядку. Перші виникають під час горіння або ж відразу після нього. Це результат безпосереднього теплового впливу процесу горіння на компоненти екосистем. Наслідки пожежі другого порядку – це наслідки, що виникають після пожежі протягом тривалого періоду часу (дні, місяці, роки). До них належать: трансформація ґрунтів, ґрунтової флори і фауни, випадання деревної рослинності, накопичення біомаси, пірогенна сукцесія.

Таким чином, пожежі як екологічний фактор бувають різних типів і залишають після себе різні наслідки. Аналіз зазначених вище літературних джерел уже дозволяє виокремити певні наслідки дії вогню.

Позитивні наслідки випалювання: відбувається більш ранній розвиток травостою, більш тривалий період триває вегетація рослин, стимулюється ріст рослин, збільшується густота травостою, збільшується кількість рослин на одиницю площі, стимулюється плодоносіння, тобто більше число видів та особин проходять повний цикл розвитку, ніж на невипалених ділянках, посилюється у травостої роль злаків, зростає відносна роль бобових рослин, краще розвиваються однорічні рослини.

До негативних наслідків слід віднести наступні: пожежі вносять свій вклад у загальні зміни клімату на планеті, відбувається істотна трансформація екосистем, зникають із травостою або зменшуються кількісно деякі види цінних у кормовому відношенні трав, порушується коренева система рослин, слабкіше затримується сніг і менша кількість вологи потрапляє до ґрунту, посилюється вітрова ерозія, зменшується висота травостою, хоча він стає густішим, зникають трави з поверхневим корінням, знищується моховий та лишайниковий покрив.

Суттєві порушення чи знищення рослинності визначають її розвиток у напрямку більш-менш стабільного стану, характерного для конкретної зони, через ряди або серії перемінних станів кожного угруповання. Осмислення такої зміни рослинних угруповань у часі, її зв'язку із загальнометодологічною проблематикою розвитку в органічному світі пов'язане із широкими екологічними та біогеоценологічними дослідженнями й синтезом уявлень про функціонування та розвиток угруповань організмів.

Враховуючи вищезазначене та провівши аналіз літературних джерел можемо спрогнозувати зміни в екосистемі болотного масиву, які за відсутності антропогенного чинника відбуватимуться згідно направленості розвитку наступних угруповань: у перші роки з'являться, в основному, рудеральні види; через 2–4 роки сформується куничниково-очеретяна постпірогенна стадія, що зміниться вербово-очеретяно-осоковою і вербово-осоковою; на 12–16 рік утвориться вільхово-березово-осокові і березово-вербово-осокові лісо-болотні ценози з численними флористичними і ценотичними особливостями, що характеризують різні шляхи постпірогенних змін.

В аспекті забезпечення переходу суспільства на засади сталого розвитку важливим є оцінка ризиків втрати, знищення екосистем, що тісно пов'язано з їхньою стійкістю. Стійкість екосистем розглядається як здатність зберігати свою структуру і характер функціонування в просторі та часі за впливу змін в умовах зовнішнього середовища.

Чим ближче знаходиться система до стійкого, рівноважного, клімаксового стану, тим вищий ризик її втрати, а якщо система знаходиться на піонерних стадіях розвитку, далеко від рівноважного стану, то ризик втрати її низький.

Виходячи з такого розуміння, ключове місце в оцінці ризику посідає у дослідженні сукцесійного розвитку екосистем. Сукцесія розглядається як такий процес розвитку, що відбувається завдяки реалізації біоти потенційних можливостей перебудови структури екосистем відносно зміни навколишнього середовища.

За методикою авторів [14], з метою оцінки біотопів нами використовувалось 12 ознак (табл.), за якими проводилась оцінка досліджуваного біотопу. Усі ці характеристики дозволяють з різних боків оцінювати ступінь стійкості та масштаби трансформації ценозів (біотопів) у просторово-часовому вимірі.

При оцінці всіх ознак ми отримуємо бальні показники, які розділяємо на п'ять класів, що мають різницю 7 балів ($R=20\%$):

I клас (48–42 бали) – дуже рідкісні, що мають «вузьке» поширення, погане відтворення, дуже високий ($R>83\%$) показник ризику знищення, дуже чутливі до зміни екологічних факторів і потребують особливих комплексних заходів охорони;

II клас (41–35 балів) – рідкісні, що мають обмежене поширення, слабе відтворення, високий ($R=63-83\%$) показник ризику знищення, чутливі до впливу антропогенного фактору і потребують певних цільових заходів щодо їх охорони;

III клас (34–28 балів) – спорадично поширені, під впливом дії антропогенних факторів мають тенденції до скорочення, характеризуються недостатнім, повільним

відновленням, мають середній ($R=43-63\%$) показник ризику знищення і потребують часткової охорони;

IV клас (27–21 бал) – звичайно поширені, типові угруповання, нормально відновлюються в даних умовах, мають низький ($R=23-43\%$) показник ризику знищення, стійкі до антропогенного впливу, хоча і не потребують заходів з охорони, але можуть бути знищені при надмірній антропогенній діяльності;

V клас (19–12 балів) – досить розповсюджені або вторинні біотопи, достатньо адаптовані до дії антропогенних факторів або формуються під їхньою дією, мають дуже низький ($R<23\%$) показник ризику знищення і не потребують охорони.

Таблиця

Ознаки та характеристики для оцінки стану біотопів [14]

Ознаки		Категорія			
		4	3	2	1
1	Вплив антропогенної трансформації	знищується повністю і відновлюється від піонерних стадій	змінюється структура домінантів	змінюється видовий склад	зміни не помітні
2	Відновлюваність	дуже слабка (понад 100 років)	слабка (десятки років)	задовільна (до 15 років)	добра (кілька років)
3	Положення у сукцесійному ряду (відносно антропогенних сукцесій)	кінцеві клімаксові та субклімаксові стадії	стадії ендоекогенезу, впливають на зміну мікроклімату та ґрунту	серійні сингенетичні стадії, не впливають на зміну показників ґрунту та мікроклімату	піонерні, короточасові стадії
4	Регіональна репрезентативність	поширений у межах одного або кількох округів	трапляється в межах провінції	трапляється в межах геоботанічної області чи фізико-географічної зони	охоплює кілька геоботанічних областей або фізико-географічних зон
5	Характер поширення	відомі окремі локалітети невеликого розміру	має диз'юнктивне поширення	на межі суцільного ареалу має спорадичне поширення	трапляється звичайно в оптимальних умовах
6	Екологічна амплітуда	має вузьку ($<5\%$) амплітуду відносно шкал кількох едафічних факторів	має вузьку ($<5\%$) амплітуду відносно шкали одного фактору та $<10\%$ – більшості едафічних факторів	має звужену ($<10\%$) амплітуду відносно шкал понад один едафічний фактор	амплітуди $>10\%$ відносно шкал різних едафічних факторів
7	Екологічні умови поширення	у специфічних, екстремальних екологічних умовах	вузьке поширення через рідкісність біотопу	спорадичне поширення в оптимальних умовах	трапляється звичайно в оптимальних умовах
8	Наявність інвазійних видів	відсутні інвазійні види	наявні інвазійні види	наявні інвазійні види як діагностичні	інвазійні види відіграють роль домінанта
9	Ступінь гемеробності (ha,%)	а-, олігогемеробні (ha<25)	мезогемеробні (ha = 25–50)	еугемеробні (ha = 50–75)	полі-, метагемеробні (ha > 75)
10	Співвідношення між типами стратегії (S/R)	$>1,7$	1,2–1,7	0,7–1,2	$<0,7$
11	Созологічна значущість	значну кількість видів занесено до ЧКУ та інших списків	домінуючий вид занесено до ЧКУ	наявні види, занесені до ЧКУ	відсутні рідкісні види
12	Синфітосозологічний статус	занесені до міжнародних та державних списків	занесені до Зеленої книги України	занесені до списку EUNIS, CORINE або Natura 2000	не внесені до жодних списків, бо не потребують охорони

Відповідно до даної методики оцінки досліджуваного біотопу отримуємо 34 бали, що відповідає III класу (мають середній показник ризику знищення і потребують часткової охорони). Як бачимо, отримані нами результати мають граничне значення для

біотопів III класу ризику, що в перспективі подальшого впливу може призвести до збільшення рівня ризику знищення притаманного II класу біотопів і необхідності цільових заходів щодо їх охорони.

На основі аналізу біорізноманіття екосистеми, що знаходяться в екстремальних умовах бачимо, що вона добре зберігає свою структуру, але при її порушенні руйнується екотоп, що відновлюється через тривалий час. Для угруповань цього типу не характерні всі стадії сукцесій, а піонерні одночасно мають вигляд стійких. Для багатьох угруповань цього типу характерний високий ендемізм, тобто в їхньому історичному розвитку флорогенез переважає над процесами трансгенезу, що супроводжується поступовим відновленням екотопу. Екологічні амплітуди біотопів такого типу досить вузькі, а, відповідно, ступені ризику їх втрати найвищі.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

На підставі проведеного теоретичного аналізу та польових досліджень можна зробити наступні висновки:

З'ясовано, що за відсутності антропогенного чинника зміни екосистеми болотного масиву відбуватимуться згідно направленості розвитку наступних угруповань: у перші роки з'являться, в основному, рудеральні види; через 2–4 роки сформується куничниково-очеретяна постпірогенна стадія, що зміниться вербово-очеретяно-осоковою і вербово-осоковою; на 12–16 рік утвориться вільхово-березово-осокові і березово-вербово-осокові лісо-болотні ценози з численними флористичними і ценотичними особливостями, що характеризують різні шляхи постпірогенних змін.

При оцінці стійкості та ризиків втрати екосистеми, визначено, що характерні для спорадично поширених екосистем, які під впливом дії антропогенних факторів мають тенденції до скорочення, характеризуються недостатнім, повільним відновленням, мають середній показник ризику знищення з тяжінням до рідкісних екосистем, що мають обмежене поширення, слабе відтворення, високий показник ризику знищення, чутливі до впливу антропогенного фактору і потребують певних цільових заходів щодо їх охорони.

Результати проведеного дослідження можуть бути використані для подальшої розробки природоохоронних заходів досліджуваної території та болотних масивів загалом.

Література.

- 1 Зайдельман Ф. Р., Шваров А. П. Пірогенная и гидротермическая деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры земледелия, рекультивация / Ф. Р. Зайдельман. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. – 168 с.
- 2 Ситник О. І. Болота Черкаської області та їх значення для збереження біорізноманіття / О. І. Ситник, А. В. Рак // Північне Приазов'я: проблеми регіонального розвитку у міжнародному контексті: матер. Всеукр. наук.-практ. конф. із міжнар. уч., (14-15 вересня 2017 р., Мелітополь). – Мелітополь, 2017. – С. 58-57.
- 3 Мигаленко К. І. Розвиток пожеж на торф'яниках і торфорозробках: монографія / К. І. Мигаленко, Є. С. Ленартович, С. В. Поздєєв, М. М. Семерак – Вид. 1-е. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2016. – 140 с.
- 4 Гаськевич В. Г., Нецик М. В. Пірогенна деградація ґрунтів Малого Полісся: ґрунтово-екологічні та соціально-економічні аспекти// Вісн. Львів. ун-ту. – Сер. геогр., 2008, вип. 35. – С. 49-57.
- 5 Бигон М. Экология: особи, популяции и сообщества / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таусенд. – М.: Мир, 1989. – 477 с.
- 6 Гленсдорф П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций / П. Гленсдорф, И. Пригожин. – М.: Мир, 1973. – 280 с.
- 7 Светлосанов В. А. Экосистемы: устойчивость, риск, хаос / В. А. Светлосанов, В. Н. Кудин, А. Н. Куликов // Изменение природной среды на рубеже тысячелетий : тр. Международной электронной конференции. – Тбилиси–Москва, 2006. – С. 161–164.
- 8 Дідух Я. П. Поняття про стійкість екосистем / Я. П. Дідух // Основи біоіндикації. – К.: Наук. думка, 2011. – С. 288–297.
- 9 Горшков В. В. Биотическая регуляция окружающей среды / В. В. Горшков, В. Г. Горшков, А. М. Макарьева // Экология и образование. – 1999. – № 1/2. – С. 11–18.

- 10 Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни / В. Г. Горшков. – М. : ВИНТИ, 1995. – 470 с.
- 11 Li B.-L. Allometric scaling as an indicator of ecosystem state: a new approach / B.-L. Li, V. G. Gorshkov, A. M. Makarieva // I. Petrosillo et al. (eds.) Use of Landscape Sciences for the Assessment of Environmental Security, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Springer, the Netherlands, 2008. – P. 107–117.
- 12 Дронова О. Л. Фактори ризику техногенних надзвичайних ситуацій в Україні / О. Л. Дронова. – К.: Ін-т географії НАН України, 2011. – 269 с.
- 13 В. Ю. Некос, Ю. О. Пічугіна / Проблема впливу пожеж на стан рослинного покриву // Людина і довкілля. Проблеми неоекології : журнал наукових праць / ХНУ імені В. Н. Каразіна. – 2008. – Вип. 1–2. – С. 21–25.
- 14 Дідух Я. П. Оцінка стійкості та ризиків втрати екосистем / Я. П. Дідух // Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія. – 2014. Т. 158. – С. 54–61.

© Р. А. Заєць

*Надійшла до редакції 31 травня 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. О. Адаменко*

УДК 502.17:620.92 (477.86)

*Н. М. Москальчук
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ОБ'ЄКТІВ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ ТА ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЯ НА ПРИКЛАДІ ВЕС ШЕВЧЕНКОВЕ-1

Розроблено методику оцінки впливу на довкілля (ОВД) об'єктів вітроенергетики. Запропоновані параметри значущості впливів: ймовірності, простору, часу та інтенсивності, які дають можливість бальної оцінки залишкових впливів. Проведена ОВД ВЕС «Шевченкове-1». В результаті отримано висновок, що ВЕС «Шевченкове-1» завдасть незначного впливу на довкілля. Помірний негативний вплив на птахів та кажанів потребує моніторингових досліджень та застосування додаткових пом'якшувальних заходів.

Ключові слова: Оцінка впливу на довкілля (ОВД), вітроелектростанція (ВЕС), значущість впливу, пом'якшувальні заходи, ВЕС Шевченкове-1

The method of environmental impact assessment (EIA) of wind energy objects is proposed. The parameters of impacts scale: probability, spatial, temporal and intensity, which give the possibility of ballroom evaluation of residual effects are proposed. The EIA of the wind farm "Shevchenkove-1" was conducted. As a result, it was concluded that the wind farm Shevchenkove-1 will have a negligible impact on the environment. Moderate negative impacts on birds and bats require monitoring and additional mitigation measures.

Keywords: Environmental Impact Assessment (EIA), wind farm, impacts scale, mitigation measures, wind farm Shevchenkove-1

Постановка проблеми. 18 грудня 2017 року введено в дію Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (ОВД), яким передбачається запровадити оцінку впливу на довкілля у процесі прийняття рішень про провадження господарської діяльності, яка може мати значний вплив на довкілля, з урахуванням державних, громадських та приватних інтересів. За положеннями згаданого закону оцінці впливу на довкілля підлягають вітрові парки та вітрові електростанції, що мають дві і більше турбіни або висота яких становить

- 10 Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни / В. Г. Горшков. – М. : ВИНТИ, 1995. – 470 с.
- 11 Li B.-L. Allometric scaling as an indicator of ecosystem state: a new approach / B.-L. Li, V. G. Gorshkov, A. M. Makarieva // I. Petrosillo et al. (eds.) Use of Landscape Sciences for the Assessment of Environmental Security, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Springer, the Netherlands, 2008. – P. 107–117.
- 12 Дронова О. Л. Фактори ризику техногенних надзвичайних ситуацій в Україні / О. Л. Дронова. – К.: Ін-т географії НАН України, 2011. – 269 с.
- 13 В. Ю. Некос, Ю. О. Пічугіна / Проблема впливу пожеж на стан рослинного покриву // Людина і довкілля. Проблеми неоекології : журнал наукових праць / ХНУ імені В. Н. Каразіна. – 2008. – Вип. 1–2. – С. 21–25.
- 14 Дідух Я. П. Оцінка стійкості та ризиків втрати екосистем / Я. П. Дідух // Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія. – 2014. Т. 158. – С. 54–61.

© Р. А. Заєць

*Надійшла до редакції 31 травня 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. О. Адаменко*

УДК 502.17:620.92 (477.86)

*Н. М. Москальчук
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ОБ'ЄКТІВ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ ТА ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЯ НА ПРИКЛАДІ ВЕС ШЕВЧЕНКОВЕ-1

Розроблено методику оцінки впливу на довкілля (ОВД) об'єктів вітроенергетики. Запропоновані параметри значущості впливів: ймовірності, простору, часу та інтенсивності, які дають можливість бальної оцінки залишкових впливів. Проведена ОВД ВЕС «Шевченкове-1». В результаті отримано висновок, що ВЕС «Шевченкове-1» завдасть незначного впливу на довкілля. Помірний негативний вплив на птахів та кажанів потребує моніторингових досліджень та застосування додаткових пом'якшувальних заходів.

Ключові слова: Оцінка впливу на довкілля (ОВД), вітроелектростанція (ВЕС), значущість впливу, пом'якшувальні заходи, ВЕС Шевченкове-1

The method of environmental impact assessment (EIA) of wind energy objects is proposed. The parameters of impacts scale: probability, spatial, temporal and intensity, which give the possibility of ballroom evaluation of residual effects are proposed. The EIA of the wind farm "Shevchenkove-1" was conducted. As a result, it was concluded that the wind farm Shevchenkove-1 will have a negligible impact on the environment. Moderate negative impacts on birds and bats require monitoring and additional mitigation measures.

Keywords: Environmental Impact Assessment (EIA), wind farm, impacts scale, mitigation measures, wind farm Shevchenkove-1

Постановка проблеми. 18 грудня 2017 року введено в дію Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (ОВД), яким передбачається запровадити оцінку впливу на довкілля у процесі прийняття рішень про провадження господарської діяльності, яка може мати значний вплив на довкілля, з урахуванням державних, громадських та приватних інтересів. За положеннями згаданого закону оцінці впливу на довкілля підлягають вітрові парки та вітрові електростанції, що мають дві і більше турбіни або висота яких становить

50 метрів і більше. Вказані об'єкти віднесені до другої категорії об'єктів, які можуть мати значний вплив на довкілля [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед вітчизняних науковців проблемою оцінки впливу на довкілля займалися Я. О. Адаменко, В. А. Андронов, Є. О. Варивода, Л. М. Архипова, І. Д. Пушкарьова, Т. А. Сафранов та ін.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. На сьогодні особливо акцентуються питання вивчення і розробки технічних особливостей використання відновлювальних джерел енергії, однак не досить глибоко досліджені питання екологічного впливу відновлювальних джерел енергії на навколишнє середовище. На даному етапі не розроблено підзаконних нормативно-правових актів, які б регламентували процедуру ОВД, зокрема п.5 статті 6 Закону України «Про ОВД» – опис і оцінку можливого впливу на довкілля планованої діяльності.

Постановка завдання. Для оцінки можливого впливу на довкілля об'єктів вітроенергетики, пропонується методика на основі визначення чотирьох параметрів: ймовірності впливу, просторового, часового та інтенсивності впливу. Кожен з чотирьох параметрів обчислюється за спеціальною шкалою з використанням критеріїв для відповідних градацій шкали. Оскільки дію багатьох факторів, які впливають на природне та соціально-економічне середовище, неможливо оцінити кількісно запропонований бальний метод оцінки впливів на довкілля з використанням методу матриць дасть змогу порівняти різні впливи планованої діяльності та альтернативних варіантів.

Виклад основного матеріалу. Запропонована *Методика ОВД об'єктів вітроенергетики* пропонує проведення ОВД за чотирма етапами:

1. Визначення потенційних впливів (скринінг);
2. Заходи з пом'якшення негативних впливів і посилення (для соціально-економічного середовища) позитивних впливів;
3. Оцінка величини і значущості залишкових впливів;
4. Інтегральна оцінка залишкових впливів

1. Порівняльний аналіз Закону України «Про ОВД», Директиви 2011/92/ЄС «Про оцінку наслідків певних державних та приватних проектів для навколишнього природного середовища», раніше діючих ДБН А.2.2-1-2003 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд» та «Програми фінансування альтернативної енергетики в Україні (USELF). Стратегічний екологічний аналіз» [8,4,16,14] на предмет *визначення першочергових впливів (скринінгу)* об'єктів вітроенергетики дав можливість запропонувати такі складові природного середовища: повітря, геологічне середовище, ґрунти, води, флора, фауна та біорізноманіття, ландшафт; та соціально-економічного середовища: здоров'я населення, соціально-економічна ситуація (зайнятість, комунальна інфраструктура, транспорт, використання ресурсів), історико-культурна спадщина. Кожен компонент довкілля може складатись з декількох об'єктів впливу. Наприклад компонент природного середовища води включатиме такі об'єкти оцінки як ресурси поверхневих вод, забруднення поверхневих вод тощо.

2. Згідно Закону України «Про ОВД» звіт з оцінки впливу на довкілля повинен включати «...опис передбачених заходів, спрямованих на запобігання, відвернення, уникнення, зменшення, усунення значного негативного впливу на довкілля, у тому числі (за можливості) компенсаційних заходів».

3. Значущість впливу, яка є результативним показником впливу на конкретний компонент довкілля, визначається параметрами ймовірності, просторового, часового масштабу та масштабу інтенсивності, які диференціюються по градаціях (табл.1-4). Для оцінки всієї сукупності наслідків запланованої діяльності, приймається 4-рівнева градація з 1 до 4 балів, з негативним чи позитивним знаком, ранжуються як негативні, так і позитивні фактори впливу. Для природного середовища не враховується нульовий вплив, тому що при будь-якій діяльності буде відбуватися вплив на природне середовище.

Нульовий вплив буде лише за відсутності запланованої діяльності. Для соціально-економічного середовища може бути присутній нульовий вплив, якщо негативні впливи компенсуються тим же рівнем позитивних впливів.

Таблиця 1

Шкала оцінки ймовірності впливу на довкілля

Градація	Ймовірність впливу, %	Бал
Нульовий вплив	0	0
Дуже мало ймовірний	<10	1
Мало ймовірний	10-50	2
Помірно ймовірний	50-90	3
Високо ймовірний	>90	4

Таблиця 2

Шкала оцінки просторового масштабу (площі) впливу на довкілля

Градація	Критерій		Бал
	Природне середовище	Соціально-економічне середовище	
Нульовий вплив		Вплив відсутній	0
Точковий вплив	Фації, урочища / площа впливу до 1 км ²	Територія розміщення об'єкту	1
Локальний вплив	Групи урочищ, місцевість / площа впливу до 10 км ²	Територія прилеглих населених пунктів	2
Місцевий вплив	Ландшафт / площа впливу від 10 до 100 км ²	Територія одного або кількох адміністративних районів	3
Регіональний вплив	Ландшафтні округи, провінції / площа впливу більше 100 км ²	Території області чи регіону	4

Таблиця 3

Шкала величини тривалості впливу на довкілля

Градація	Критерій	Бал
Нульовий вплив	Вплив відсутній	0
Короткотривалий вплив	Менше 3 місяців	1
Середньотривалий вплив	Від одного сезону (більше 3-х місяців) до 1 року	2
Тривалий вплив	Впродовж тривалого періоду (більше 1 року, але менше 3-х років), зазвичай охоплює часові рамки будівництва	3
Довготривалий (постійний) вплив	Більше 3 років	4

Значущість впливів є комплексною (інтегральною) оцінкою. Визначення значущості впливу здійснюється в кілька етапів.

1. Для визначення значущості впливу на окремі компоненти довкілля необхідно використати таблиці з критеріями впливів (табл. 1-4).

Значущість впливу (виду діяльності) на i -й компонент довкілля визначається формулою (1):

$$Q_i = Q_i^p \cdot Q_i^t \cdot Q_i^s \cdot Q_i^j \quad (1)$$

де: Q_i^p – бал ймовірності впливу на i -й компонент довкілля; Q_i^t – бал часового впливу на i -й компонент довкілля; Q_i^s – бал просторового впливу на i -й компонент довкілля; Q_i^j – бал інтенсивності впливу на i -й компонент довкілля.

Таблиця 4

Шкала величини інтенсивності впливу на довкілля

Градація	Критерій		Бал
	природне середовище	соціально-економічне середовище	
Нульовий вплив	Вплив відсутній		0
Незначної інтенсивності	Зміни в природному середовищі не перевищують існуючі межі природної мінливості / Змін зазнає менше 10% об'єкту впливу	Відхилення відповідають існуючим до початку реалізації проекту коливанням мінливості цього показника / Змін зазнає менше 10% об'єкту впливу	1
Слабкої інтенсивності	Зміни в природному середовищі виходять за межі природної мінливості, природне середовище повністю самовідновлюється / Змін зазнає 10-50% об'єкту впливу	Відхилення перевищують існуючі тенденції в зміні умов проживання в населених пунктах / Змін зазнає 10-50 % об'єкту впливу	2
Помірної інтенсивності	Зміни в природному середовищі, які перевищують межі природної мінливості, порушують окремі компоненти природного середовища. Природне середовище зберігає можливість до самовідновлення / Змін зазнає 50-90 % об'єкту впливу	Відхилення перевищують існуючі умови середньо районного рівня / Змін зазнає 50-90 % об'єкту впливу	3
Значної інтенсивності	Зміни в природному середовищі призводять до значного порушення компонентів природного середовища та/або екосистем. Окремі компоненти природного середовища втрачають здатність до самовідновлення / Змін зазнає більше 90 % об'єкту впливу	Відхилення перевищують існуючі умови середньо обласного чи середньо регіонального рівня / Змін зазнає більше 90 % об'єкту впливу	4

Оціночні бали значущості визначаються окремо для негативних і окремо для позитивних ймовірностей, просторових, часових впливів і впливів інтенсивності.

2. Для кожного компонента, що розглядається, визначають інтегральний бал за допомогою підсумовування комплексних оціночних балів значущості негативних чи позитивних впливів.

3. Категорія значущості визначається інтервалом значень залежно від балу, отриманого при обчисленні (табл. 5). Категорії значущості визначаються для всіх компонентів довкілля, є однаковими і можуть порівнюватись при визначенні компоненту довкілля, який зазнає найбільшого впливу.

Якщо значущість впливу, що визначається для певного компонента природного середовища (повітря, фауна тощо) є єдиною, то вона безпосередньо використовується для оцінки результуючої значущості впливу – інтегральної (середньої) оцінки від впливу (виду діяльності). Та, якщо на один компонент природного середовища впливають різні джерела (види діяльності), то аналіз впливів на компоненти досить зручно проводити за

допомогою оціночних матриць. Окремі складові матриці для різних об'єктів можуть відрізнятися. Матриця може включати компоненти природного середовища, етапи діяльності, те і інше разом

Таблиця 5

Категорії значущості впливів на довкілля

Підсумковий бал	Підсумковий вплив
від +1 до +16	Незначний позитивний вплив
від +17 до +81	Помірний позитивний вплив
від +82 до +256	Значний позитивний вплив
0	Вплив відсутній
від -1 до -16	Незначний негативний вплив
від -17 до -81	Помірний негативний вплив
від -82 до -256	Значний негативний вплив

Реалізація методики ОВД. ВЕС Шевченкове-1 знаходиться на відстані 14 км на південь від м. Долини в межах земель запасу с. Шевченкове на землях Шевченківської сільської ради Долинського району. Територія складається з окремих ділянок з розташуванням на них споруд, що формують комплекс ВЕС, а саме: вітроелектроустановок (ВЕУ), трансформаторного пункту (ТП) технологічних проїздів; лінії електропередач (ЛЕП). Планується використання вітрогенераторів «NORDEX» двох типів потужністю 600 кВт та 1300 кВт. Комплекс ВЕС формують 7 ділянок по 0,25 га загальною площею 1,75 га, які відводяться в оренду на 49 років [3].

Природне середовище.

Повітря. *Забруднення повітря* Деякі негативні наслідки проекту можуть спостерігатися на етапі будівництва ВЕС, зокрема в процесі будівництва мережі технологічних доріг та допоміжних споруд. Ці дії включають забруднення повітря від будівельної техніки і транспортних засобів, а також від створення пилу. Також ймовірними є викиди шкідливих речовин при пожежах. Об'єкти ВЕС обладнані системами автоматичної сигналізації та пожежогасіння [3].

Геологія і ґрунти. Можливим є вплив на *гірські породи* від розчищення ділянки та викопування ям для фундаменту (глибина 2,6 м) та прокладання в залізобетонних лотках кабельних ліній (глибина 1,9 м), що поєднують ВЕУ. Іншим геологічним об'єктом впливу можуть бути *зсувонебезпечні ділянки*, оскільки рельєф місцевості складний, гірський, відмітки землі на різних ділянках проектування коливаються в межах 504,0–590,9 м. Зокрема, враховуючи те що будівництво ведеться на схилах, де можливий розвиток зсувів або необхідне їх закріплення використовуватиметься палевий фундамент – куц буро набивних паль об'єднаних ростверком. Даний вплив значно зменшиться застосуванням пом'якшувальних заходів, які виконуватимуться в процесі інженерної підготовки території, а саме організацію поверхневого стоку за допомогою відкритої водовідвідної системи – лотків та каналів з влаштуванням містків або труб в місцях пересічення їх з проїздами [3]. Також виникнення зсувів корелюється з крутизною схилів, зокрема на схилах крутизною 15-20° зареєстровано найбільшу кількість зсувів [11], а досліджувана ділянка розташована в підгірській зоні, яка характеризується значно меншими показниками. *Деградація ґрунту* від видалення верхнього шару рослинності. Дані впливи зменшаться застосуванням пом'якшувальних заходів – рекультивацією поверхневого шару ґрунту та відновлення рослинного покриву, створенням мережі технологічних доріг на базі існуючих ґрунтових доріг сільськогосподарського призначення [3]. *Забруднення ґрунту* можливе від використання будівельної техніки, потраплянь у ґрунт паливно-мастильних матеріалів та не належного поводження з відходами, що утворюватимуться на етапі будівництва ВЕС. Пом'якшувальні заходи, зокрема розташування окремих огорожених майданчиків, де під накриттям зберігатимуться стабілізатор ґрунту LBS та

паливно-мастильні матеріали та окремих майданчик для зберігання земляних мас дасть змогу зменшити даний вплив [3].

Води. Вплив на *ресурси поверхневих вод* можливий у вигляді зміни у обсягах поверхневого-зливового стоку і надходженні більшої кількості води та наносів у місцеві водотоки через порушення ґрунтового покриву та вилученні рослинності під час будівництва. Потраплянню поверхнево-зливових стоків на дорогу Р-21 перешкоджатиме запроєктована система каналів. Також вплив проявляється у вигляді *забруднення поверхневих вод* завислими речовинами особливо у ході будівництва. Вплив на *ресурси і забруднення підземних вод* проявлятимуться у вигляді збільшення надходження через деградацію ґрунтового покриву та проникнення забруднених речовин.

Флора, фауна та біорізноманіття. Аналіз значущості базується на врахуванні чутливості компонентів та рецепторів, що особливо стосується флори, фауни та біорізноманіття. Високою чутливістю характеризуються території та види, що перебувають під охороною. Найближчими об'єктами ПЗФ місцевого значення є ландшафтний заказник «Ріка Свіча з притокою Мізунькою» та орнітологічний заказник Шевченківський. Зважаючи на відстань до чутливих територій (1-2 км) вплив на *флору* відбуватиметься в основному при підготовці території будівництва у зв'язку з виїмкою ґрунту. Будівництво об'єктів ВЕС та інфраструктури не передбачає вирубування лісів. Вплив буде пом'якшений проведенням рекультивації поверхневого шару ґрунту та відновленням рослинного покриву, застосуванням технологічних проїздів. *Загорання рослинності* при пожежах мінімізується застосуванням комплексу заходів з пожежопередження та пожежогасіння.

Зменшення біорізноманіття, зокрема і на особливо чутливих територіях, тісно пов'язане з впливом на *орнітофауну*, який є найбільш значним. У широколистяних лісах, на рівнинах Долинського району можна зустріти таких птахів як – шпак, горобець, синиця, галка, сойка, у горах – глухаря карпатського, шишкаря ялинового, лелеку гірського [12]. Найбільш небезпечним є вплив ВЕС при розташуванні їх на території об'єктів ПЗФ або в безпосередній близькості до них, оскільки збільшується ймовірність впливу на особливо чутливі *види, що охороняються*. У довколишніх лісах Вигодського лісництва зустрічаються занесені до Червоної книги лелека чорний, глухар, рябчик, тетерук [6]. У безпосередній близькості до ВЕС на території орнітологічного заказника «Шевченківський» гніздується сіра чапля. *Витіснення з ареалів птахів, що охороняються*. Літературні дані, зокрема [18], в якому автор проаналізував 180 праць стосовно впливів ВЕС на птахів та кажанів свідчать про певні видові особливості поведінки. В період гніздування вітрові турбіни мають невеликий вплив на птахів, окрім качок, гусей та деяких інших видів водних птахів та птахів відкритих просторів, які уникали турбін на кілька сотень метрів. *Загибель при зіткненні з ВЕС*. Деякі види, зокрема сіра чапля, хижі птахи, шпаки, ворони часто спостерігалися поруч і навіть в межах вітрових електростанцій, що частково сприяло підвищенню ймовірності зіткнення з ВЕС та загибелі. ВЕС, розташовані поруч з водоймами (у даному випадку у межиріччі рр. Свіча і Мізунка) чи голими гірськими хребтами, спричиняють більше жертв, ніж інші. Також показники зіткнення птахів корелюються із висотою турбін. У середньому на вітрову турбіну висотою 100 м припадає 5 убитих птахів за рік. *Втрата місць відпочинку та годівлі для мігруючих птахів*. Україною проходить південний континентальний євразійський, а досліджуваною територією проходять північно-західний пролітний шлях весняної міграції та карпатський пролітний шлях осінньої міграції [1, 14, 2]. Вітрові турбіни мають дуже великий вплив на мігруючих птахів поза сезоном гніздування, витісняючи їх з місць відпочинку та годівлі. Деякі види показують суттєві зв'язки між висотою турбіни та відстанню уникнення. *Зіткнення птахів з ВЕС під час міграції*. Існують відмінності у висоті весняної міграції птахів різних видів на території ВЕС [26]. Зокрема горобцеподібні пролітали переважно на висоті до 40 м, качкові, журавлині – на висотах вищих 120 м, хижі – однаково часто на різних висотах. Будівництво ВЕС може

привести до витіснення кажанів з їх ареалів через втрату місць харчування або порушення коридорів руху. ВЕС, розташовані поблизу лісів, мають високі показники зіткнення для кажанів. Показники зіткнення на цих чутливих територіях були у рази вищі, так, наприклад, деякими вітровими турбінами було вбито більше 100 кажанів за рік [18]. Окрім того, кажани – одна з найбільш вразливих груп ссавців, більшість видів, що мешкають на території України занесені до Червоної Книги.

Вплив на водні екосистеми від ВЕС під час будівництва може відбуватися через надходження із поверхнево-зливовим стоком у місцеві водотоки твердих наносів та накопичення їх у руслах змінюючи тим самим стан водних середовищ та впливаючи на водну біоту. Втрата середовища існування через вилучення земель під ВЕС буде зачіпати наземні екосистеми. Проте, даний вплив буде пом'якшений проведенням рекультивації поверхневого шару ґрунту та відновлення рослинного покриву, уникненням будівництва на території ПЗФ, розташуванням ВЕС на не залісненій території.

Ландшафт. Спорудження ВЕС може негативно впливати на якість ландшафту та естетичний вигляд ландшафтів. В Україні немає норм щодо розмірів територій, які зазнають візуального впливу від ВЕС. Аналіз закордонних джерел, зокрема [25] вказує на необхідність досліджень візуального впливу в радіусі до 20-30 км, залежно від висоти ВЕУ, на відстані до 16 км ВЕУ є центром візуального сприйняття. *Ландшафти-об'єкти ПЗФ та неорганізовані особливо цінні ландшафти.* Візуальний вплив на ландшафти буде обмежуватись рельєфом (з півдня територія розташування ВЕС відділяється вищими низькогір'ям, а з півночі горбогір'ям, які унеможливають візуалізацію ВЕС за ними) та не надто високою висотою ВЕУ 50-60м. Землі, які є природоохоронними об'єктами, і високоякісні ландшафти можуть бути особливо вразливими до впливів. Найближчим об'єктом ПЗФ, в якому охороняються ландшафти, є ландшафтний заказник місцевого значення «Ріка Свіча з притокою Мізунькою. Візуальний вплив буде відчутним на 9-10 км р. Свіча (с. Підліски – с. Ангелівка – с. Максимівка – с. Шевченкове – с. Пацків). В межах р. Мізунка, поруч з якою проходить туристичний маршрут «Карпатський трамвайчик», незначний вплив буде тільки в окремих точках, оскільки візуалізація обмежуватиметься забудовою, відстанню (в середньому 5 км), орографічним підвищення між ВЕС та р. Мізунка, а в районі с. Новий Мізунь – лісовими насадженнями. Також на захід від території ВЕС розташована оглядова точка г. Лиса (1120 м), проте ВЕС не надто впливатиме на візуальну привабливість ландшафту з цієї точки, оскільки, окрім ВЕС, з півночі до сходу можна спостерігати території сільської забудови прилеглих сіл та ЛЕП 400 кВ, яка проходить територією ВЕС. Для оцінки впливу рельєфу на видимість ВЕУ було побудовано карту зони видимості з ВЕУ 6 у радіусі 10 км (рис. 1).

Соціально-економічне середовище.

Здоров'я населення. За даними [23], в якому проведено критичний аналіз 162 наукових праць, вказується, що немає доказів того, що шум вітрових турбіни асоціюється з будь-яким чітко визначеним результатом захворювання. Проте, різні співвідношення людей, які проживають біля об'єктів ВЕС, скаржаться на ВЕУ або шум від них. Скарги на шум більш поширені при будівництві ВЕС, ніж при експлуатації.

Шум при будівництві. Шумове забруднення буде присутнє на етапі будівництва, зокрема від транспорту. Як засіб пом'якшення впливу на працівників передбачено використання засобів захисту слуху під час будівництва, також будівельні роботи проводитимуться у денний час.

Шум при експлуатації ВЕС. При роботі електротехнічного обладнання електростанції (турбіни, інвертори, трансформатори) спостерігається шумове забруднення. Для зменшення шумового навантаження передбачено застосування обладнання, конструкцією яких передбачені заходи по зменшенню шумів. Оперативні шуми від експлуатації ВЕС негативно не впливатимуть на людей, які житимуть поблизу ВЕС. Згідно ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму [10] для територій, які безпосередньо прилягають до житлових будинків допустимий

еквівалентний рівень звукового тиску складає вдень 55 дБА, вночі 45 дБА, максимально допустимий рівень звукового тиску відповідно – 70 дБА, 60 дБА.

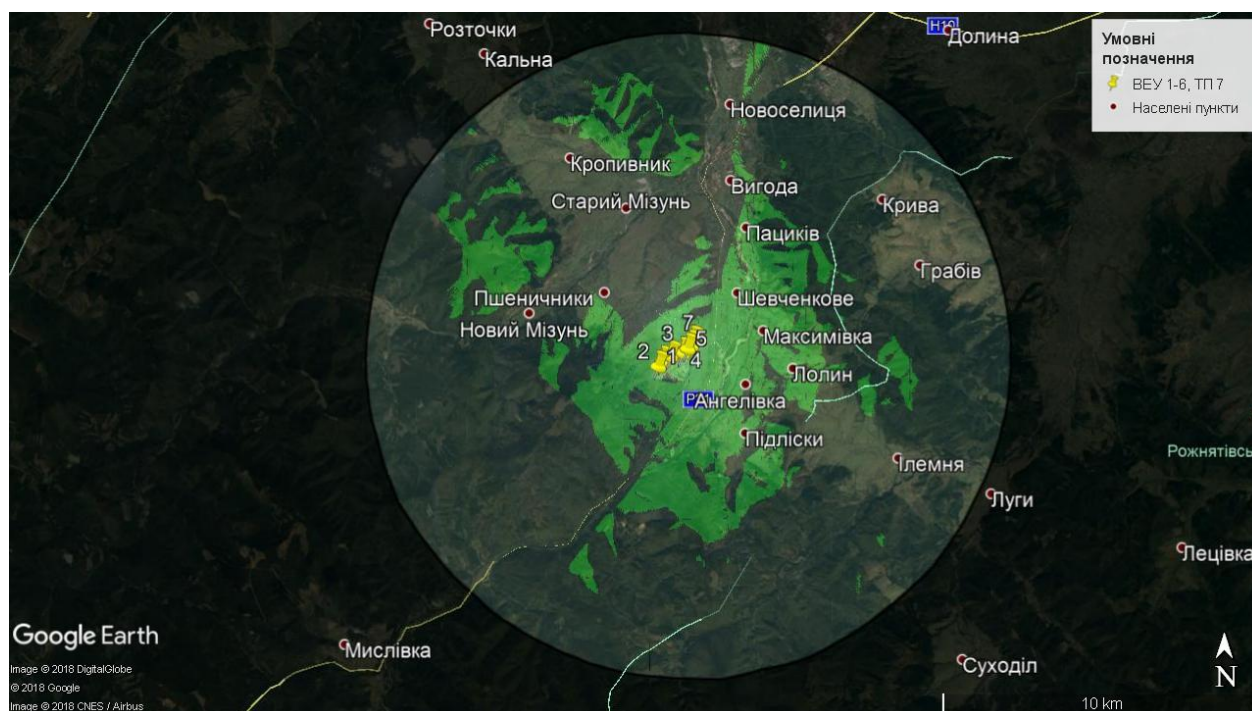


Рис. 1. Зона видимості з БЕУ 6 ВЕС Шевченкове-1 висотою 50 м.

Звуковий тиск від вітрової турбіни послаблюється логарифмічно по відношенню до відстані. БЕУ NORDEX N43 600 NORDEX N60 1300 створюють рівні звукової потужності 102-105 дБА. Згідно [24] для вітрової турбіни висотою 50 м зі звуковою потужністю 102 дБА звуковий тиск 55 дБА досягатиметься уже в 80 метрах від турбіни, 45 дБА – 250 м. Для турбін зі звуковою потужністю 104 дБА, звуковий тиск у 55 дБА відчувається на відстані 90 м, і 45 дБА на відстані 320 м. Також за даними досліджень рівня шуму Інституту громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМН України пропонується СЗЗ у розмірі 700 м для ВЕС з БЕУ потужністю 2-3 МВт [15]. Відстань до найближчої забудови близько 1 км.

Вібрації. Чутливість до нижньої частоти вібрації значно варіюється між людьми, проте рівень вібрації, що генерується вітряними турбінами, лежить нижче порога чутливості. **Електромагнітне випромінювання.** Об'єкти ВЕС (БЕУ, ТП, ЛЕП та кабельні лінії) можуть створювати підвищені рівні електричного та магнітного поля. В Україні рівні електромагнітного випромінювання нормуються «Державними санітарними нормами і правилами захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» [7]. Згідно цього документу санітарно-захисною зоною вважається територія, на якій напруженість ЕП перевищує 1 кВ/м і встановлюється для повітряних ліній від 300 кВ, для ЛЕП 10 та 35 кВ, які будуть на території ВЕС СЗЗ не передбачено. Результати закордонних досліджень також показують, що рівні магнітного поля в районі вітрових турбін були нижчими, ніж ті, що виробляються багатьма звичайними побутовими електроприладами і були значно нижчими за будь-які існуючі нормативи щодо здоров'я людей [20]. БЕУ Шевченківської ВЕС поєднуються з ТП підземними кабельними лініями, що прокладені в залізобетонних лотках на глибині 1,8 м, що також знижує потенційний вплив ЕМВ.

Тінь мерехтіння. Ефект мерехтіння тіні виникає, коли лопаті ротора турбіни, обертаючись, періодично відкидають тінь на прилеглі житлові об'єкти, яка є видимою через отвори в будівлі, найчастіше – вікна. Ця проблема виникає при комбінації таких умов: ясна погода, сонце знаходиться низько над горизонтом, вітрова турбіна знаходиться

на шляху між сонцем і житловим приміщенням, відсутні інші перешкоди між сонячними променями і житлом, крім турбіни [9]. Визначено, що окремо взятий ефект мерехтіння викликає у деяких людей, зокрема епілептиків, запаморочення, втрату рівноваги, нудоту, коли вони спостерігають рух тіні від ротора, чи рух самих лопатей. В Україні не існує жодних правил, щодо мерехтіння тіні. Закордонні рекомендації щодо планування ВЕС [21] керуються такими положеннями як: дотримання достатньої відстані; дія ефекту мерехтіння тіні на будівлі в зоні впливу впродовж певного нормативного часу; застосування пом'якшувальних заходів, зокрема вимкнення турбін у певний час, насадження дерев на території між ВЕУ та будівлями. Відстань, на яку може відчуватися вплив ефекту мерехтіння тіні залежно від ВЕУ для ВЕС Шевченкове, складає 400-600 м, оскільки вплив на відстані більший 10 діаметрів є несуттєвий [17]. На схід від ВЕУ 6 (діаметр лопастей 43 м) розташована найближча забудова с. Шевченкове, однак відстань до виробничих приміщень щонайменше – 900 м, а до житлових – 1100 м. Відстані до забудови інших населених пунктів є значно більшими. Це дає можливість зробити висновок про відсутність впливу ефекту мерехтіння тіні.

Розкидання льоду. За від'ємної температури повітря на лопастях ВЕУ може утворюватися лід, який може відколюватись і падати, що може бути причиною травм. Найважчі частини до 10 кг падають біля самої турбіни, а легші фрагменти можуть бути віднесені на відстань до 600 м [19]. Як правило, таке відбувається за екстремально низьких температур, кілька днів на рік. За даними [22] безпечна відстань від ВЕУ до об'єкта розраховується як $1,5 \times (\text{висота башти} + \text{діаметр ротору})$, для ВЕУ ВЕС Шевченкове-1 вона складатиме 140-180 м. В даній зоні ризику немає будівель, однак є сільськогосподарські угіддя, ґрунтові дороги, також на ВЕС працюватиме обслуговуючий персонал. Для запобігання травматизму можливе встановлення заборони на діяльність та перебування людей в радіусі 200 м від ВЕУ [15].

Соціально-економічна ситуація. Шевченківська ВЕС матиме позитивний вплив на сс. Шевченкове та Мислівка, які є в складі Шевченківської сільської ради, як при будівництві – через зайнятість місцевого населення, так і при експлуатації – у вигляді орендної плати за земельні ділянки, податків до місцевого бюджету, зайнятості технічного обслуговуючого персоналу. *Зайнятість* під час будівництва та монтажних робіт буде обмеженою і носитиме тимчасовий характер, таким чином не представлятиме постійної зміни для місцевого населення, чисельність якого за даними Далинської районної ради складає: с. Шевченкове – 2048, Мислівка – 312 [5]. Загальна кількість робітників різних спеціальностей, що будуть задіяні на період спорудження вітроелектростанції складає 200 працівників. Будівництво та експлуатацію ВЕС здійснює – ТОВ «Вінд Енерджі». Для експлуатації впродовж як мінімум 20 років робіт будуть залучені кваліфіковані електротехнічні працівники, які можуть бути представниками місцевої громади чи інших районів. *Доходи.* Ділянки під будівництво площею 1,75 га виділені в довготермінову оренду на 49 років. В результаті до місцевого бюджету надходитимуть від орендної плати, а також податок на землю.

Комунальна інфраструктура. Постачання електроенергії в мережу. Номінальна потужність ВЕУ Шевченківської ВЕС складає 600 та 1300 кВт. 1 чергою ВЕС у с. Шевченкове – 1 ВЕУ NORDEX N43 600 кВт вироблено у січні 2018 р. 20 тис. кВт·год (дата встановлення "зеленого" тарифу – 11 січня 2018р.), в лютому – 10 тис. кВт·год, березні 47 тис. кВт·год [13]. Передача електроенергії від ВЕУ 6 1 черги здійснюватиметься через точку підключення до ЛЕП 10 кВт на 520 м на північ від ВЕС, II черга передбачатиме будівництво ТП та під'єднання до ЛЕП 35 кВт АТ «Прикарпаттяобленерго» що проходить паралельно газопроводам та дорозі Долина-Хуст на 760 м на захід від ВЕС [3].

Навантаження на транспортну мережу. Монтаж та будівництво ВЕС спричинить додаткове навантаження на місцевому транспортну мережу. Для транспортування матеріалів та обладнання в період будівництва, а також для проїзду транспорту для експлуатації ВЕС передбачено створення мережі технологічних доріг на базі існуючих

грунтових доріг сільськогосподарського призначення. Створення такої мережі доріг також надасть можливість доступу пожежних бригад до ділянок лісового фонду. Транспортування обладнання, будівельної техніки планується здійснювати по дорозі національного значення Стрий-Івано-Франківськ Н-10 та по регіональній дорозі Долина-Хуст Р-21.

Відходи. Будівельні роботи призводитимуть до накопичення безпечних твердих відходів і, можливо, незначної кількості небезпечних відходів. В процесі виробництва електричної енергії на ВЕС не використовується паливо, мастильні матеріали, хімічні речовини. Будівельне сміття по завершенню будівельно-монтажних робіт та побутові відходи в процесі експлуатації будуть зберігатися в спеціально відведених контейнерах із подальшим їх вивезенням з узгодженням з санітарно-епідеміологічною станцією району [3]. При розгляді ВЕС як об'єкта, що може *перешкоджати прийому та передачі електромагнітних сигналів* слід сказати, що лопасті турбін виготовлені з синтетичних матеріалів, які мають мінімальний вплив на передачу електромагнітного випромінювання. Електрична система не є потенційною проблемою для телекомунікацій, оскільки гондола добре ізольована. Достатня відстань від житлової забудови (більше 1 км) виключає можливість впливу на ТБ. Щодо впливу на цивільну та військову авіацію в Україні немає норм щодо віддаленості ВЕС від аеропортів. З світового досвіду, зокрема в Канаді [20], при проектуванні ВЕС, що складаються з декількох ВЕУ висотою понад 52 м в 15 км зоні від аеропортів вимагаються додаткові дослідження щодо можливих впливів. Дозволяється розміщення 1 ВЕУ на відстані не меншій 5 км від аеропортів, до 6 ВЕУ-10 км. Відстань від Шевченківської ВЕС до найближчого міжнародного аеропорту «Івано-Франківськ» складає близько 60 км.

Використання ресурсів. Технологічний процес виробництва енергії ВЕС не передбачає використання паливних, водних та інших природних ресурсів. *Вплив на ресурси ґрунту* – вилучення цінних земель, ерозії ґрунту від використання техніки можливий при підготовці території будівництва ВЕС та полягає у виїмці ґрунту при влаштуванні підземних частин будівель, зокрема фундаменту веж ВЕУ, автошляхових покриттів, підземних мереж, а також родючого ґрунту для озеленення території. Для території ВЕС типовими є буроземно-підзолисті ґрунти з низьким вмістом гумусу та складним гірським рельєфом, відмітки землі на різних ділянках проектування коливаються в межах 504,0–590,9 м. *Економія органічного палива.* При роботі електростанції електрична енергія виробляється без використання органічного (чи ядерного) палива, що забезпечує відповідне зменшення споживання палива на традиційних теплових чи атомних електростанціях. Річний вітроенергетичний потенціал від однієї турбіни NORDEX N43-600 на висоті 50 м за даними метеостанції Долина складе 330,5 тис кВт·год./рік або 40,7 тон умовного палива. ВЕС Шевченкове розташована в кращих вітрокліматичних умовах, складатиметься з 4-х ВЕУ номінальною потужністю 600 кВт та 2-х – 1300 кВт, що дасть змогу значно більшої економії викопних ресурсів.

Історико-культурна спадщина. На території ВЕС та прилеглих населених пунктів відсутні пам'ятки державного значення, однак є місцеві пам'ятки, зокрема містобудування і архітектури – сакральні споруди (дерев'яні церкви II пол. XIX–поч. XX ст. у сс. Лолин, Максимівка, Новий Мізунь, Новошин, Підліски) та археології (сс. Новий Мізунь, Шевченкове, Новошин). Однак, достатня відстань до них виключає можливість даного впливу.

Для комплексної оцінки об'єктів та характеристик впливів від ВЕС дані аналізу подано у вигляді зведеної таблиці (табл.6).

Висновки. В цілому, аналізуючи результати можна дійти висновків, що вплив від ВЕС Шевченкове-1 на довкілля є незначний. ВЕС Шевченкове може чинити значний негативний вплив на кажанів, викликаючи їх загибель. Також є помірний негативний вплив орнітофауни у зв'язку з відносною близькістю розташування до лісових та водно-болотних угідь. Зважаючи на це, необхідними є постійні моніторингові дослідження в

період будівництва та експлуатації за змінами в популяціях, фіксування фактів загибелі від ВЕУ та, за необхідності, зупинки ВЕУ чи застосування заходів з попередження і відлякування птахів для зменшення ризиків у період міграції. Також слід зазначити, що використання балів не націлене на представлення конкретної величини інтегральної оцінки, а в полегшенні диференціації впливів на основі їх значущості з подальшим застосуванням додаткових заходів з пом'якшення, альтернативних варіантів розміщення, можливості дозволу реалізації запланованої діяльності.

Таблиця 6

Оцінка впливу ВЕС Шевченкове на довкілля

Об'єкт впливу	Характеристика впливу	Значущість впливу
1	2	3
Природне середовище		
Повітря		
Забруднення повітря	Забруднення повітря від техніки і ТЗ під час будівництва ВЕС	-12 Незначний негативний вплив
	Забруднення повітря при пожежах	-2 Незначний негативний вплив
Геологічне середовище		
Гірські породи	Розчищення ділянки та викопування ям для фундаменту та прокладання кабелів	-9 Незначний негативний вплив
Зсувонебезпечні ділянки	Впливи на зони підвищеного ризику в результаті будівельних робіт	-3 Незначний негативний вплив
Ґрунти		
Склад ґрунту	Деградація внаслідок видалення рослинності	-18 Помірний негативний вплив
Забруднення ґрунту	Надходження шкідливих речовин під час будівництва	-6 Незначний негативний вплив
Води		
Ресурси поверхневих вод	Зміна у обсягах поверхневого стоку через порушення ґрунтового та рослинного покриву	-12 Незначний негативний вплив
		-4 Незначний негативний вплив
Забруднення поверхневих вод	Надходження завислих речовин та забруднювачів, зміни у гідрохімічному режимі	-12 Незначний негативний вплив
		-4 Незначний негативний вплив
Ресурси підземних вод	Збільшення надходження води в підземні води під час будівництва внаслідок порушення ґрунтового покриву.	-3 Незначний негативний вплив
Забруднення підземних вод	Надходження забруднювачів в підземні води під час будівництва	-3 Незначний негативний вплив
Флора, фауна та біорізноманіття		
Флора	Порушення рослинного покриву при будівництві ВЕС	-24 Помірний негативний вплив
	Загорання рослинності і лісів при пожежах	-3 Незначний негативний вплив
Види птахів, що охороняються	Витіснення з ареалів видів, що охороняються	-32 Помірний негативний вплив
	Загибель видів, що охороняються, через зіткнення з ВЕУ	-72 Помірний негативний вплив
Мігруючі птахи	Втрата місць відпочинку та годівлі мігруючих птахів	-36 Помірний негативний вплив
	Зіткнення птахів з ВЕУ під час міграції	-36 Помірний негативний вплив
Кажани	Витіснення кажанів з їх ареалів	-48 Помірний негативний вплив
	Загибель кажанів	-96 Значний негативний вплив

Продовження табл. 6

1	2	3
Водні екосистеми	Погіршення якості водойм при будівництві через ерозію і поверхнево-зливовий стік	-12 Незначний негативний вплив
Наземні екосистеми	Втрата природного середовища через вилучення земель під ВЕС	-24 Помірний негативний вплив
Ландшафти		
Ландшафти-об'єкти ПЗФ, неорганізовані мальовничі ландшафти	Зменшення візуальної привабливості території через встановлення ВЕС та ЛЕП	-32 Помірний негативний вплив
Соціально-економічне середовище		
Здоров'я населення		--11 Незначний негативний вплив
Шум	Вплив на здоров'я від техніки й транспорту під час будівництва	-12 Незначний негативний вплив
	Вплив на здоров'я від ВЕС при експлуатації	-16 Незначний негативний вплив
Вібрації, електромагнітне випромінювання		-8 Незначний негативний вплив
Мерехтіння тіні		Вплив відсутній
Розкидання льоду		-8 Незначний негативний вплив
Соціально-економічна ситуація		+21 Помірний позитивний вплив
Зайнятість та доходи	Зайнятість місцевого населення при будівництві та експлуатації	+12 Незначний позитивний вплив
	Доходи від орендної плати та податків	+16 Незначний позитивний вплив
Комунальна інфраструктура	Постачання електроенергії в мережу	+32 Помірний позитивний вплив
	Навантаження на місцеву транспортну мережу при будівництві	+64 Помірний позитивний вплив
	Відходи	-24 Помірний негативний вплив
	Перешкоджання прийому та передачі електромагнітних сигналів	-12 Незначний негативний вплив
Використання ресурсів	Втрата родючих ґрунтів через вилучення земель для будівництва, ерозії ґрунту від використання техніки	Вплив відсутній
	Економія органічного палива	-9 Незначний негативний вплив
Історико-культурна спадщина		+64 Помірний позитивний вплив
Інтегральна оцінка на довкілля		Вплив відсутній
		-11 Незначний негативний вплив

Література

- 1 Атлас міграції птахів України (складений за даними кільцювання).Київ. 2016. URL: <http://mail.izan.kiev.ua/atlas%20of%20bird%20migration-ua-2016.pdf> (дата звернення 01.05.2018)
- 2 Грищенко В.Н. Пролётные пути и эволюция птиц. Беркут. Т. 3. Вып. 2. 1994. С. 128-135.
- 3 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.
- 4 Директива 2011/92/ЄС «Про оцінку наслідків певних державних та приватних проєктів для навколишнього природного середовища». URL:<http://enref.org/docs/dyrektyva-2011-92-es-pro-otsinku-vplyvu-okremykh-derzhavnyh-i-pryvatnyh-proektiv-na-navkolyshnje-seredovysche> (дата звернення 01.05.2018)

5 Інформація про Шевченківську сільську раду. Долинська районна рада. URL: <http://region.dolyna.info/rajonna-rada/mistsevi-rady/informatsiya-pro-shevchenkivsku-silsku-radu> (дата звернення 01.05.2018)

6 Список видів тварин занесених до Червоної книги України, що населяють територію ДП "Вигодський лісгосп". Державне підприємство «Вигодське лісове господарство» <http://www.vygodalis.com/?m0prm=12&m1prm=9&m2prm=25> (дата звернення 01.05.2018)

7 ДСН 239-96 Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. База даних «Законодавство України». ВР України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96> (дата звернення 01.05.2018)

8 Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 № 2059-VIII. База даних «Законодавство України». ВР України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення 01.05.2018)

9 Запорожець О.І. Розрахунок відстані від вітроенергетичних установок для зменшення ефекту мерехтіння тіней на здоров'я людини / О.І. Запорожець А. В. Литвинюк // Наукові технології, 2012, № 4 (16). С. 121-126

10 Захист територій, будинків і споруд від шуму. ДБН В.1.1-31:2013 2014. URL: http://www.acoustic.ua/img/pdfs/pdf_file_131.pdf (дата звернення 01.05.2018)

11 Кузьменко Е.Д., Штогрин Л.В., Чепурний І.В. Аналіз впливу геологічної будови гірських порід на характеристики зсувів. Геофізика. Львівський політехнічний. 2014. С 112-124.

12 Мій рідний край – Прикарпаття: Навч. посібник. Івано-Франківськ. 2000. 358 с.

13 Інформація про об'єкти альтернативної енергетики, яким встановлено "зелений" тариф. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг URL: http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/elektro/energo_pidpryemstva/stat_info_zelenyi_taryf/2018/ (дата звернення 01.05.2018)

14 Програма фінансування альтернативної енергетики в Україні. Екологічний звіт 2012. URL: http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/Strategic_Environmental_Review_UKR.pdf (дата звернення 01.05.2018)

15 Розвиток вітроенергетики та гігієнічні проблеми щодо розміщення будівництва та експлуатації вітрових електростанцій в Україні. Кірейва І.С. та ін. ДУ ІГМЕ. Гігієна населених місць. № 59. 2012. С 3-13

16 Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. ДБН А.2.2-1-2003/ розроб. В. Г. Чуніхін [та ін.] ; Державний комітет України з будівництва та архітектури. - Вид. офіц. - К. : Держбуд України, 2004. - 23 с.

17 Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise) Stand: 13.03.2002. URL: https://www.lung.mv-regierung.de/dateien/wea_schattenwurf_hinweise.pdf (дата звернення 01.05.2018)

18 Hötter H. The impact of repowering of wind farm on bird and bats. Bergenhusen, October 2006. 38 p. URL: https://bergenhusen.nabu.de/imperia/md/images/bergenhusen/impact_of_repowering.pdf (дата звернення 01.05.2018)

19 Ice ejection from rotating wind turbine blades. Ground impact probability distribution and danger level estimate. Björn Montgomerie, Sweden. 2014 URL: http://windren.se/WW2014/P15_101_A%20tool%20for%20the%20assessment%20of%20stochastic%20danger%20levels%20from%20ice%20ejected%20from%20wind%20turbine%20blades.pdf (дата звернення 01.05.2018)

20 Measuring electromagnetic fields (EMF) around wind turbines in Canada: is there a human health concern? Lindsay, Melissa L Whitfield As Lund, Environ Health. 2014; 13: 9. Published online 2014 Feb 15. doi: 10.1186/1476-069X-13-9 (дата звернення 01.05.2018)

21 Update of UK Shadow Flicker Evidence Base Final Report. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/48052/1416-update-uk-shadow-flicker-evidence-base.pdf (дата звернення 01.05.2018)

22 Wind Energy Production in Cold Climate. B. Tammelin, FMI M. Cavaliere. 1998 URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/203e/01c012a2d8366a76a20809326f78ccb7a674.pdf> (дата звернення 01.05.2018)

23 Wind Turbines and Health: A Critical Review of the Scientific Literature Mc Cunney, Robert J. MD, MPH; Mundt, Kenneth A. PhD; Colby, W. David MD; Dobie, Robert MD; Kaliski, Kenneth BE, PE; Blais, Mark PsyD Journal of Occupational and Environmental Medicine: November 2014 - Volume 56 - Issue 11 - p e108–e130. URL: https://journals.lww.com/joem/Fulltext/2014/11000/Wind_Turbines_and_Health_A_Critical_Review_of_the.9.aspx (дата звернення 01.05.2018)

24 Wind Turbine Noise Issues. 2004. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/5255/5f69ef796ca9619b4e90967cc2c80c4d8254.pdf> (дата звернення 01.05.2018)

25 Wind Turbine Visibility and Visual Impact Threshold Distances in Western Landscapes URL: <http://blmwyomingvisual.anl.gov/docs/WindVITD.pdf> (дата звернення 01.05.2018)

26 Zielinski P., Bela G., Marchlewski A. Report on monitoring of the wind farm impact on bird sin the vicinity of Gniedewo (gmiana Puck, pomor ski evolved ship). Gdansk, June 2010. 31p. URL: http://www.polenergia.pl/pol/sites/default/files/attachments/page/annex_no_1_0.pdf (дата звернення 01.05.2018)

© Н. М. Москальчук

Надійшла до редакції 23 травня 2018 р.

Рекомендував до друку

докт. техн. наук Я. О. Адаменко

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

УДК 629.015: 625.7 (07)

Л. С. Шелудченко
Подільський державний
аграрно-технічний університет

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА АВТОДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ, ЯК ВІДКРИТОЇ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ

На підставі аналізу відкритої термодинамічної системи “автотранспортна мережа – автотранспортний потік” встановлено, що для обмеження впливу автотранспортного комплексу на природно-техногенну геоекосистему необхідно мінімізувати інтенсивність переносу координат стану (узагальнених зарядів) термодинамічної системи “автотранспортна мережа – автотранспортний потік” за межі контрольної поверхні цієї системи, яка в даному випадку визначена границею резервно-технологічної смуги автомобільної дороги. Встановлено екологічну доцільність створення двобічних геохімічних бар’єрів в межах резервно-технологічних смуг автодоріг у вигляді газо-пилізахисних лісосмуг.

Ключові слова: термодинамічна система, автотранспортний потік, мережа автомобільних доріг, лісовий масив, газо-пилізахисна лісосмуга.

On the basis of the analysis of the open thermodynamic system "road network - motor transport flow" it was established that in order to limit the influence of the motor transport complex on the natural and technogenic geoecosystem, it is necessary to minimize the intensity of the transport of the coordinates of the state (generalized charges) of the thermodynamic system "road network - motor transport flow" beyond the control surface of this system, which in this case is determined by the boundary of the reserve and technological lane of the highway. The ecological expediency of creation of bilateral geochemical barriers within the limits of the reserve technological bands of highways in the form of gas-dust protection forest bogs is established.

Key words: thermodynamic system, motor transport, network of highways, forest, gas-dust protection forest belt.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв’язок із важливими практичними завданнями. З точки зору системного термодинамічного аналізу динаміки процесів енерго-масопереносу, система мережі автомобільних доріг є відкритою термодинамічною системою, для якої відбувається обмін енергією і речовиною з навколишнім середовищем, а отже закон неспадання ентропії S (другий закон термодинаміки) є несправедливим, як для системи, що перебуває у стані далекому від стану макроскопічної рівноваги. Надходження енергії до автотранспортної мережі у вигляді хімічної енергії палива автотранспортних засобів і зумовлює, в першу чергу, синергетичні процеси організації автотранспортних потоків [1, 3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв’язок даної проблеми. Макроскопічний стан термодинамічної системи “автотранспортна мережа – автотранспортний потік” в певний момент часу визначається n параметрами стану залежності поміж $n+1$ термодинамічних параметрів як [2, 4]:

$$f(Z_1, Z_2, \dots, P_i, E_i, \dots, Z_n, Z_{n+1}) = 0, \quad (1)$$

де Z – узагальнені координати або потенціали термодинамічної системи;

P – потенціали системи, які є однозначними функціями координат E стану системи:

$$P_i = \varphi'(E_1, E_2, \dots, E_n), \quad (2)$$

і навпаки, E – координати стану системи однозначно визначаються через їх потенціали:

$$E_i = \varphi''(P_1, P_2, \dots, P_n). \quad (3)$$

В рівнянні (1) величини Z можуть бути як координатами, так і потенціалами термодинамічної системи, але як мінімум одна з пар Z , а саме P_i, E_i має бути суміщеною. Рівняння (1), (2), (3) визначають, що різниця потенціалів P по обидва боки контрольної поверхні системи призводять до зміни координат E стану системи і тому, по суті є рушійними силами динамічних змін стану системи “автодорожня мережа – автотранспортний потік”. При цьому під категорією “контрольна поверхня системи” розуміємо умовну граничну поверхню на якій відбувається зміна величини потенціалів P , які мігрують в систему ззовні і в зворотному напрямку з системи в навколишнє середовище [2].

Виділення раніше невирішених частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Зміна внутрішньої енергії системи “автодорожня мережа – автотранспортний потік”, яка відбувається з одного боку в результаті хімічних реакцій спалювання автотранспортними засобами палива, що призводить до виконання механічної роботи руху автотранспортних потоків, а з іншого – зумовлена процесами енерго-масопереносу через контрольну поверхню за межі розглядуваної системи (за межі резервно-технологічної смуги автомобільної дороги), призводить до зміни потенціалів P по обидва боки контрольної поверхні системи. Якщо сукупність координат стану системи E виразити через певний узагальнений заряд U як:

$$U = \varphi'''(E_1, E_2, \dots, E_n), \quad (4)$$

то значення U є по-суті внутрішньою енергією системи “автодорожня мережа – автотранспортний потік”.

В результаті переносу зарядів через контрольну поверхню системи “автодорожня мережа – автотранспортний потік” відбувається зміна внутрішньої енергії системи, яка вимірюється добутком різниці потенціалів P на величину перенесеного заряду. Цей добуток є узагальненою роботою функціонування системи. Елементарна кількість роботи dA буде:

$$dA = P \cdot dE, \quad (5)$$

де P – різниця потенціалів;

dE – перенесений заряд.

В залежності від знаку P та dE визначається і знак dA .

Робота не є властивістю системи, а характеризує лише процес переносу заряду через контрольну поверхню системи “автодорожня мережа – автотранспортний потік”. Як тільки припиняється процес переносу заряду, припиняється і виконання роботи. Тому, при застосуванні позначення dA , воно розглядається не як диференціал A , не як приріст A , а лише як деяку елементарну кількість виконуваної роботи.

Формулювання мети статті. Встановити основні критерії та принципи екологічно безпечної ландшафтної організації комунікаційної системи мережі автомобільних доріг з урахуванням особливостей рельєфу території смуги впливу автодороги, наявностей лісових масивів, напрямів водотоків та контурів берегів поверхневих водних об’єктів тощо.

Виклад основного матеріалу. Диференціальне рівняння стану системи “автодорожня мережа – автотранспортний потік” в нашому випадку (dU – приріст внутрішньої енергії системи) буде:

$$dU = P \cdot dE. \quad (6)$$

При цьому швидкість V_{E_i} зміни координати стану (узагальненого заряду) системи “автотранспортний потік” – це потік цієї координати (заряду). Потік заряду і різниця потенціалів, яка викликає цей потік є спряженими величинами. За Л. Онзагером – потік є похідною параметру стану системи (узагальненого заряду):

$$V_{E_i} = \dot{E}_i. \quad (7)$$

При цьому, система яка перебуває в стані динамічної рівноваги з навколишнім середовищем може розглядатись як ізольована внаслідок усталеності ΔP , що підтримує стабільність (незмінюваність) координат E стану системи, тобто $E_i = \text{const}$.

З точки зору захисту природно-техногенної геоекосистеми від впливу автотранспортної мережі необхідно мінімізувати перенос зарядів dE_i , які визначають структуру та обсяги шкідливих викидів, за межі контрольної поверхні системи “автотранспортний потік” (в даному випадку – за межі резервно-технологічної смуги автомобільної дороги). Разом із цим, необхідно враховувати, що до системи “автотранспортний потік” безперервно надходить із зовнішнього середовища деяка маса речовини у вигляді маси палива, яке споживається автотранспортним потоком і перетворюється в енергію з приростом dU . Безперервний відтік зарядів dU_i в навколишнє середовище призводить до неупинного зростання ентропії S природно-техногенної геоекосистеми в цілому.

Таким чином, виходячи з вище викладеного походить, що застосування будь-яких систем інженерного захисту автотранспортної мережі в жодному разі не дозволяє ізолювати (відокремити) підсистему “автотранспортний потік” від природно-техногенної геоекосистеми.

Очевидно, що у випадку, коли на певній визначеній ділянці автомобільної дороги відбувається синхронізація колективного руху автотранспортних засобів [7], в системі “автотранспортний потік” відбувається процес самоорганізації [5], який виявляється у зрівноваженості характеристики інтенсивності q автотранспортного потоку. В цьому випадку маємо розглядати координату стану системи $E_{\text{палива}}$ як таку, що є заданою частиною розглядуваної системи “автотранспортний потік”. Тобто, приріст $dU_{\text{палива}}$ з зовнішнього середовища до системи відсутній ($E_{\text{палива}}$ є ознакою системи “автотранспортний потік”). Це твердження базується на висновку Г. Хакена про те, що “довготривалі системи підпорядковують собі системи з коротшим періодом існування” [5].

Отже, система “автотранспортний потік” має розглядатись як така, для якої обмін зарядами dU_i з навколишнім середовищем через контрольну поверхню відбувається виключно через процеси масообміну (міграції) викидів, які продукуються автотранспортним потоком.

Таким чином, максимально можливий захист природно-техногенної системи від газо-пилових викидів, які продукуються автотранспортним потоком, має передбачати наявність такої контрольної поверхні системи “автотранспортний потік”, яка б задовольняла умові мінімізації потоку dU_i за межі резервно-технологічної смуги автомобільної дороги.

При цьому, як оптимальне рішення щодо конструкції такої контрольної поверхні, має розглядатись варіант в якому було б максимально використано природні ландшафтні об'єкти природно-територіального комплексу (особливості рельєфу території смуги впливу автодороги, наявність лісових масивів, напрям водотоків та контури берегів поверхневих водних об'єктів тощо) [6].

Реалізація результатів досліджень. Найхарактернішими прикладами використання елементів природного ландшафту, як контрольної поверхні системи “автотранспортний потік” є ділянки автомобільних доріг, які перетинають лісові масиви.

За результатами картографічного оцінювання встановлено, що при загальній залісненості території України 15,9% [7], протяжність автомобільних доріг, які лежать в межах лісових масивів, є безпосередньо дотичними (суміщеними) до них, або перетинають ці масиви, становить близько 1,5% (без урахування протяжності газо-пилозахисних лісосмуг автодоріг). Це, в першу чергу такі автомобільні дороги міжнародного значення як: М01 (Е95), М02 (Е101, Е391), М06 (Е40, Е471), М07 (Е373), М08, М09 (Е372), М10, М11, М12 (Е50), М23 (Е58, Е81) тощо. Приклад поперечного профілю автомобільної дороги, яка розташована в межах лісового масиву, наведено на рис.1.

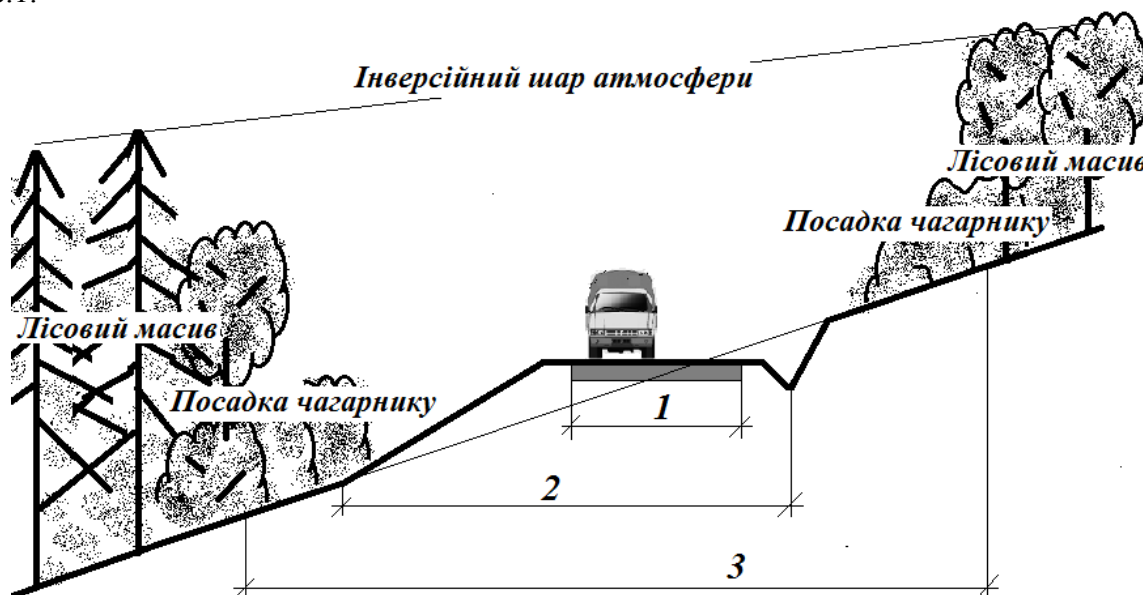


Рис. 1. Поперечний профіль автомобільної дороги, яка розташована в лісовому масиві: 1 – проїжджа частина, 2 – земляне полотно, 3 – резервно-технологічна смуга

Конструкційним розвитком найефективнішого (з точки зору захисту природно-техногенної геоекосистеми від впливу автотранспортної мережі) ландшафтного варіанту комунікаційної системи “автодорожня мережа – автотранспортний потік”, яка передбачає прокладення траси автомобільної дороги за межами лісового масиву, є варіант створення штучних лінійно-двобічних геохімічних бар’єрів у вигляді газо-пилозахисних деревно-чагарникових лісосмуг, як складової частини інженерної інфраструктури автомобільно-комунікаційного комплексу.

При цьому конструкція лісової газо-пилозахисної смуги, яка визначена характеристиками відповідних транспортних потоків (щільність та інтенсивність потоку і його когерентна швидкість), а також відповідною категорією автодороги, за своїми фрактально-інваріантними ознаками має бути узгоджена з фрактально-інваріантними ознаками ландшафту природно-техногенної геоекосистеми, що забезпечує мінімізацію трансформаційних змін природно-територіального комплексу регіонів з розвиненими мережами автомобільних доріг.

Приклад конструкції профілю поперечного перерізу такої газо-пилозахисної лісосмуги ізолюючого типу, структура якої складається з дерев головної та супутньої порід і чагарнику, для автомобільних доріг категорій 1-а та 1-б наведено на рис.2.

Висновок. Встановлено, що для обмеження впливу автотранспортного комплексу на природно-техногенну геоекосистему необхідно мінімізувати інтенсивність переносу координат стану (узагальнених зарядів) термодинамічної системи “автодорожня мережа – автотранспортний потік” за межі контрольної поверхні цієї системи, яка в даному випадку визначена границею резервно-технологічної смуги автомобільної дороги.

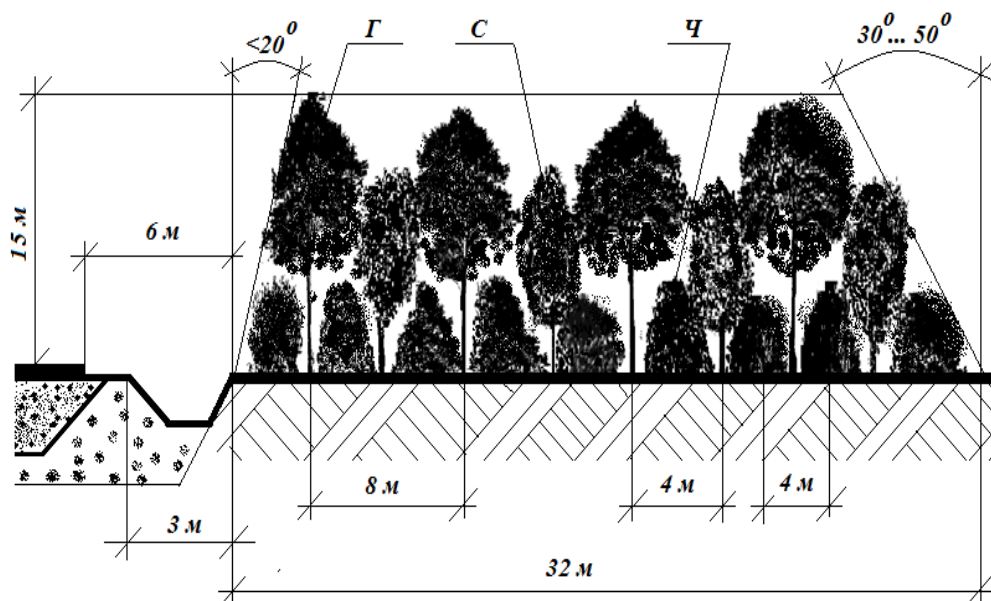


Рис. 2. Фрагмент проектної документації на закладення газо-пилозахисної лісосмуги автомобільної дороги категорії 1-а, 1-б (профіль поперечного перерізу лісосмуги): Г – головна деревна порода, С – супутня деревна порода, Ч – чагарник

Література

- 1 Внукова Н.В. Вплив автомобільних доріг на екобезпеку комплексу “автомобіль – дорога – середовище” / Н.В. Внукова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – №5/3(53). – С. 43-46.
- 2 Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. – М.: Изд. лит. по строительству, 1971. – 368 с.
- 3 Озарків І.М. Основи аеродинаміки і тепломасообміну / І.М. Озарків, Л.Я. Сорока, Ю.І. Грицюк – К.: ІЗМН, 1997. – 280 с.
- 4 Путилов К.А. Термодинамика / К.А. Путилов. – М.: Наука, 1971. – 376 с.
- 5 Хакен Г. Синергетика / Г. Хакен. – М.: Издательство «Мир», 1980. – 404 с.
- 6 Шелудченко Б.А. Вступ до конструювання природно-техногенних геоекосистем (ландшафтно-територіальний аспект) / Б.А. Шелудченко. – Кам’янець-Подільський: Вид-во ПДАТУ, 2014. – 170 с.
- 7 Шелудченко Л.С. Обґрунтування еколого-ландшафтних параметрів та розроблення конструкцій газо-пилозахисних смуг автодорожньої мережі: дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01. / Л.С. Шелудченко. – Кам’янець-Подільський, 2013. – 181с.

© Л. С. Шелудченко

*Надійшла до редакції 05 лютого 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Л. І. Челядин*

ЗБАЛАНСОВАНЕ РЕСУРСОКОРИСТУВАННЯ

УДК 504.06 : 662.756.3 : 656.13

В. М. Мельник

*Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА НА ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ

Виконано дослідження ефективності використання біодизельного палива на основі RME у сумішах з товарним дизельним паливом на двигунах внутрішнього згоряння. За результатами досліджень побудовано графічну залежність зміни ціни товарного палива у залежності від відсоткового вмісту в ньому RME. Для прийнятих цін на дизельне паливо та RME з проведених досліджень випливає, що із збільшенням процентного вмісту RME в паливних сумішах досягається збільшення ефективності їх застосування (за рахунок використання у сумішах дизельного палива з низьким цетановим числом).

Ключові слова: альтернативне паливо, суміші, ефективність, автомобільні двигуни, застосування, економія.

The research on the efficiency of the use of RME based biodiesel fuel in mixtures with commercial diesel fuel on internal combustion engines has been carried out. According to the results of the research, graphic dependence of the change in the price of commodity fuel was constructed, depending on the percentage content in the RME. For accepted diesel prices and RME from the studies, it follows that increasing RME content in fuel mixtures results in an increase in the cost-effectiveness of their use due to the use of low-cetane diesel fuel mixtures.

Keywords: alternative fuel, blends, efficiency, automobile engines, application, economy.

Постановка проблеми. Україна належить до країн, які мають дефіцит власних енергоносіїв. За останні роки в Україні частка імпорту нафтопродуктів сягнула 78%.

У 2017 році скорочення внутрішнього виробництва бензину та дизельного палива продовжувалося. Очікується, що за підсумками 2018 року воно становитиме близько 3,0 млн т (зокрема бензину 1,5 млн т). Отже, близько 80% споживаного ресурсу надійде на Україну за імпортними контрактами.

На сьогодні, відомо десятки видів альтернативних вуглеводневим видів палива, як для бензинових, так і для дизельних двигунів.

Технологія одержання будь-якого альтернативного палива передбачає дві головні стадії:

- процес екологічно безпечного утворення (синтезу) нового моторного палива з певними фізико-технічними та експлуатаційними характеристиками, що апріорі не вимагатиме в наступному внесення змін до конструкції системи живлення двигунів;
- процес використання (спалювання) одержаного моторного палива в двигунах з дотриманням екологічних нормативів щодо складу відпрацьованих газів.

Ефективність використання альтернативних палив, що впливає на їх попит, у більшості випадків не відома, а її дослідження ускладнюється тим, що більшість альтернативних палив застосовуються у сумішах з товарними паливами.

А, отже, для України та світу досить актуальним є питання раціонального застосування альтернативних видів палива і дослідження ефективності їх використання як у чистому вигляді так і в результаті їх змішування з товарними вуглеводневими паливами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біодизельне паливо було відоме з початку минулого сторіччя, але ним зневажали через наявність дешевих нафтових палив. Дане паливо отримують за допомогою процесу етерифікації із залученням реакції зі спиртом у присутності каталізатора. Продукти ефіру різні (RME - ріпаковий метилефір, KME – конопельний метилефір тощо). Через вміст кисню це паливо є дуже чистим і дає на 50% менше викидів вуглецю, ніж товарне дизельне паливо, а також меншу кількість азоту і монооксидів вуглецю [1].

Тверді речовини, що викидаються при згорянні біодизельного палива, на відміну від тих, що викидаються при згорянні нафтодизельного палива, не є канцерогенними. Біодизельне паливо не містить сірки, крім тієї, якою заражений ґрунт, яка міститься у кислотних дощах або комерційному промисловому спирті, що використовується при переробці [1].

В сезоні 2017/18 років Франція розраховує зібрати 4,7 млн тонн, а Німеччина збільшить виробництво ріпаку на 4,6% до 4,78 млн тонн.

Польща займає 3-є місце в ЄС за обсягами виробництва ріпаку і цього року розраховує зібрати 2,9 млн тон, що на 31% більше, ніж було зібрано в минулому році.

Велика Британія збере 1,9-2,0 млн тон ріпаку проти 1,77 млн тон в 2016/17 роках.

У США розвиток виробництва біологічного палива у великих масштабах почався з етанолу, а саме з виробництва 4,4 мільярдів літрів (1999 р.) у рік (понад 3,5 млн тонн) і забезпечило 200 тис. робочих місць у сільськогосподарському секторі. За інформацією, отриманою після проведення Міжнародного семінару з розвитку паливного етанолу (Вашингтон, 27 вересня 2001 року) у 2000 році виробництво етанолу із зерна в США досягнуло понад 4,8 млн тонн. Також у США є 57 заводів, які виробляють етанол з зерна, щорічною потужністю понад 5,7 млрд. літрів (4,6 млн тонн) які розташовані у 19 штатах, крім того будуються ще заводи проектною щорічною потужністю біля 1,3 млрд. літрів [2].

Виробництво біодизельного палива в США було очолено Асоціацією виробників сої, створеної для задоволення потреби у соєвій олії. Протягом 2000 року виробництво біодизельного палива досягло майже 2 млн тонн – у два рази більше загальноєвропейського виробництва [2].

Зараз частка світового продажу біопалива становить 3,5% у загальному обсязі транспортного бензину, і передбачається, що до 2020 р. цей ринок розшириться до 3,9% [2].

Біодизельне паливо виробляється в Європі відповідно до прийнятого стандарту Австрійського Інституту специфікації біологічного палива E DIN 51606 [3], а у США - відповідно до специфікації B100 Національної лабораторії з поновлюваних джерел енергії.

Щоб оцінити, наскільки реальною і масштабною може бути заміна нафтового дизельного палива (ДП) біологічним паливом на основі ріпакової олії, необхідно проаналізувати два питання:

- на скільки ріпакова олія або продукти її переробки відповідають вимогам ДП;
- за яких умов можлива заміна дизельного палива ріпаковою олією або її похідними.

Для цього розглянуто властивості ріпакової олії як моторного палива, і порівняно їх з властивостями ДП наведені у [4].

Дані аналізу властивостей ріпакової олії свідчать про можливості застосування її як палива для дизелів. Разом з тим деякі властивості ріпакової олії не дозволяють застосовувати її безпосередньо в сучасних дизелях, які призначені для роботи на дизельному паливі. До таких властивостей належать в'язкість та температура спалаху, які у ріпакової олії вищі в 14–25 разів та в 2,8–3,1 рази відповідно. Ці властивості ріпакової олії призводять до погіршення розпилювання, сумішоутворення і згорання палива у

дизелі. Крім того, мають місце жирові відкладення в каналах паливної апаратури [4, 5].

Разом з тим при випробуваннях були виявлені: осад, сліди слизу і жиру на стінках колби, в якій зберігались суміші, що свідчить про слабку хімічну стабільність сумішей, що скорочує їх термін зберігання [5, 6].

Більш впевнено можна стверджувати про можливість широкого застосування продукту переробки ріпакової олії – складного ріпакового метилового ефіру (RME), який за своїми моторними якостями: цетанове число, в'язкість, температура википання та застигання, близький до дизельного палива. Його можна застосовувати на серійних дизелях без будь-яких змін. Перші дослідження з технології отримання та використання RME були проведені в Австрії [5].

Отримують RME шляхом хімічної переробки ріпакової олії при змішуванні 1000 л олії, 110 л метилового спирту і 16 л каталізатора (гідрооксиду калію або натрію) з наступною термічною обробкою. При цьому отримують 1000 л RME, 110 кг гліцерину і частково метанол. Проведені випробування на чотирьохциліндровому дизелі показали, що потужність дизеля на RME така ж, як і на дизельному паливі, але при роботі двигуна на такому паливі виявлено розрідження моторної оливи [5].

Широкомасштабні експерименти що до використання продукту переробки ріпакової олії – метилового складного ефіру (RME), як добавки до дизельного палива, були проведені у Франції [4, 5].

Лабораторні, стендові та експлуатаційні випробування на двигунах і автомобілях показали, що суміш RME (в кількості 5%) і ДП не впливає на довговічність деталей дизеля і автомобіля, стан його вузлів і систем, призводить до дуже незначного збільшення витрати палива, практично не впливає на екологічні показники двигуна, дещо погіршує пускові якості холодного дизеля в зв'язку з більшою в'язкістю. Ріпаковий метилетаноат розглядається як один із компонентів палив для дизелів.

Широкі дослідження щодо застосування сумішей ріпакової олії і ДП для живлення серійних дизелів проведені в Німеччині. При цьому для зниження в'язкості суміші застосовувалось підігрівання за допомогою систем охолодження та змащення двигуна. Особливий інтерес мають дослідження роботи дизеля на паливній суміші, яка складається з ДП і ріпакової олії (по 40%), води (19%) та рідкого емульгатора (1%) (вода сприяє зменшенню нагароутворення) [4, 7].

Випробування дизелів СМД-62 і Д-240 при роботі на суміші (75% ріпакової олії і 25% ДП), що названа “біодіз”, проведені в Росії. Ці випробування показали, що при незмінному регулюванні паливної апаратури потужність двигуна зменшується лише на 4,5% [8].

В м. Наісі (Франція) проведені випробування десяти автобусів при роботі на суміші, що складається з 70% ДП і 30% біопалива Diester, отриманого з ріпаку [8].

Велика увага в останні роки приділяється дослідженням щодо використання необробленої ріпакової олії в спеціально сконструйованих для цього дизелях. Зокрема, цей напрямок інтенсивно розробляється в Німеччині. Фірмою “Ельсбетт-Конструктiон” розроблений і серійно випускається дизель, який працюючи на ріпаковій олії та захищений від нагару. Цей напрямок використання ріпакової олії приваблює нескладним технологічним процесом підготовки біологічного палива, але пов'язаний з досить складними змінами конструкції дизелів і може бути вирішений лише на рівні двигунобудівної галузі [7, 8].

Відомі також сучасні технології одержання рідкого палива для дизельних двигунів із біомаси шляхом швидкого піролізу [9, 10]. Конструкція установок швидкого піролізу біомаси їх продуктивність приводиться [11–15].

Сьогодні відомі як комерційні так і промислові установки з широким діапазоном продуктивності, з допомогою яких можна одержати паливо для дизелів (піропаливо), характеристика та фізико-хімічні властивості якого наведені в [11, 16–18].

Порівняльна оцінка піропалива з традиційними паливами дизельних двигунів,

оцінка собівартості виготовлення біопалива, а також перспективи розвитку даного методу одержання палива наводяться у [19–23].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Отже, на основі проведеного аналізу останніх досліджень відомо, що розроблено велику кількість альтернативних біопалив, як для бензинових так і для дизельних двигунів. Проте у процесі їх застосування, а особливо у паливних сумішах з традиційними вуглеводневими паливами, виникає питання ефективності їх застосування на двигунах, що на сьогоднішній час майже не досліджено.

Мета роботи. Метою даної роботи є дослідження ефективності застосування RME у якості добавок до товарного ДП, що забезпечить вирішення проблеми раціонального природокористування.

Дослідження ефективності використання біодизельного палива на двигунах внутрішнього згоряння.

До основного показника ДП, що суттєво впливає на його вартість належить цетанове число (ЦЧ). Цей показник характеризує здатність ДП до самозаймання після його вприскування в камеру згоряє двигуна, і визначає період затримки самозаймання суміші від моменту вприскування в циліндр до початку горіння. Чим вище ЦЧ, тим легше паливо займається, тим коротший період затримки самозаймання і тим більш м'яко і плавно горить паливна суміш [1].

Більшість виробників двигунів рекомендує використовувати ДП з ЦЧ не менше 40. В Європі випускають дизельне паливо з ЦЧ близько 51, в Японії - приблизно 50 [1], проте збільшення ЦЧ понад 60 несе негативний вплив на потужності двигуна та його техніко експлуатаційні показники роботи.

На ефективність застосування RME при їх добавці до ДП з подальшим спалюванням на двигуні внутрішнього згоряння (ДВЗ) впливають фінансові витрати на паливо, тому, що інші витрати (на оливу, амортизаційні відрахування і т.д.), як під час роботи автомобіля на ДП так і на суміші ДП з RME, будуть практично однаковими [24].

Доцільність додавання RME до дизельного палива визначається за методикою [24] якщо:

$$\Pi_{\text{ТДП}} \geq (\Pi_{\text{ДП}} \cdot q_{\text{ДП}} + \Pi_{\text{RME}} \cdot q_{\text{RME}}) \cdot k, \quad (1)$$

де $\Pi_{\text{ТДП}}$ – роздрібна ціна однієї тонни товарного ДП, грн. /т;

$\Pi_{\text{ДП}}$ – роздрібна ціна однієї тонни ДП, що використовується в паливних сумішах, грн. /т;

Π_{RME} – роздрібна ціна однієї тони біодизеля, грн. /т;

$q_{\text{ДП}}$ – масова частка ДП в паливних сумішах;

q_{RME} – масова частка біодизельного палива в паливних сумішах;

k – коефіцієнт, який враховує збільшення витрати паливної суміші, і визначається з рівняння балансу теплоти, яка міститься в товарному ДП та паливних сумішах ДП і RME [24].

Нижчу теплоту згоряння паливних сумішей знаходимо за формулою: [24]:

$$h_{\text{НПС}} = h_{\text{НДП}} \cdot q_{\text{ДП}} + h_{\text{RME}} \cdot q_{\text{RME}}, \quad (2)$$

де h_{RME} – нижча теплота згоряння біодизельного палива, яка згідно досліджень складає $h_{\text{RME}}=39450$ кДж/кг, для RME з густиною $\rho=874$ кг/м³;

$h_{\text{НДП}}$ – нижча теплота згоряння ДП, $h_{\text{НДП}}=42600$ кДж/кг [1].

З урахуванням формули (2) отримуємо:

$$k = \frac{h_{\text{НДП}}}{h_{\text{НДП}} \cdot q_{\text{ДП}} + h_{\text{RME}} \cdot q_{\text{RME}}}. \quad (3)$$

Значення коефіцієнта k залежно від масової частки сивушних масел в паливних сумішах наводяться в табл. 1.

Для розрахунку ефективності застосування біодизеля на двигуні необхідно мати залежність зміни ціни товарного ДП від ЦЧ. Виходячи з роздрібних цін товарне ДП на час проведення розрахунків, вартість однієї тонни ДП в залежності від ЦЧ становила для ДП з ЦЧ не менше 41 – 29878 грн./т, при ЦЧ не менше 45 – 31086 грн./т, для ДП з ЦЧ не менше 51 – 32561 грн./т., що показано графічно на рис. 1.

Таблиця 1

Значення коефіцієнта k в залежно від масової частки RME в паливних сумішах

q_{RME}	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1
K	1,01	1,02	1,03	1,05	1,06	1,08

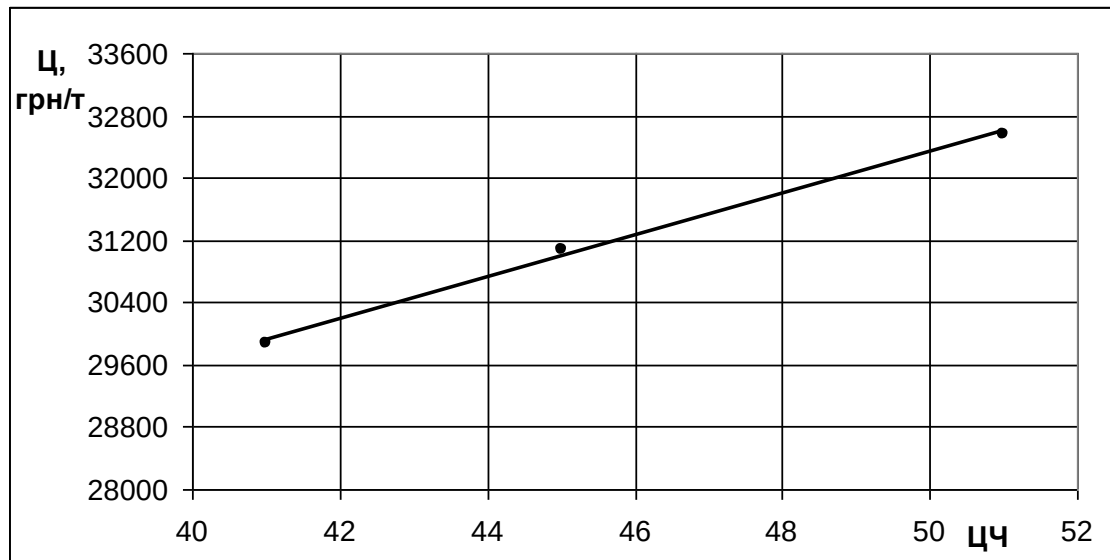


Рис. 1. Залежність зміни ціни товарного ДП в залежності від цетанового числа

Вартість ДП, використовуючи рис.1, можна описати рівнянням:

$$C_{\text{ТДП}} = 266,53 \cdot C_{\text{ТДП}} + 19003, \quad (4)$$

де $C_{\text{ТДП}}$ – цетанове число товарного ДП. При цьому коефіцієнт кореляції даної залежності рівний $R^2=0,99$.

Значення $C_{\text{ДП}}$, необхідного для змішування з біодизелем розраховують за залежністю:

$$C_{\text{ДП}} = C_{\text{ТДП}} - \Delta C_{\text{Ч}}, \quad (5)$$

де $\Delta C_{\text{Ч}}$ – приріст цетанового числа суміші ДП і RME, що визначається за процентним масовим вмістом RME в паливних сумішах і визначається за залежністю (8).

Ефективність застосування паливних сумішей оцінюється різницею цін однієї тонни товарного ДП і відповідної за теплою згоряння кількості паливної суміші RME і ДП та визначається за залежністю:

$$\Delta E_k = C_{\text{ТДП}} - (C_{\text{ДП}} \cdot q_{\text{ДП}} + C_{\text{RME}} \cdot q_{\text{RME}}) \cdot k. \quad (6)$$

В розрахунках прийнята вартість однієї тонни RME – 21000 грн./т.

У розрахунку ефективності застосування біодизеля, в результаті добавки до ДП і спалювання на ДВЗ, необхідною умовою має бути забезпечення однакових ЦЧ паливних сумішей у порівнянні з товарним ДП. За результатами дослідження, на рис. 2 показано графічну залежність зміни ЦЧ ДП від процентного масового вмісту в ньому RME.

Дана залежність описується наступним аналітичним рівнянням:

$$C_{\text{Ч}} = 0,1464 \cdot (\%RME) + 40,693, \quad (7)$$

де $C_{\text{Ч}}$ – цетанове число суміші RME і ДП. Коефіцієнт кореляції для аналітичної залежності (7) рівний $R^2=0,99$.

Залежність приросту $\Delta ЦЧ$ ДП (визначеного з рис. 2) від процентного вмісту в ньому RME зображена на рис. 3.

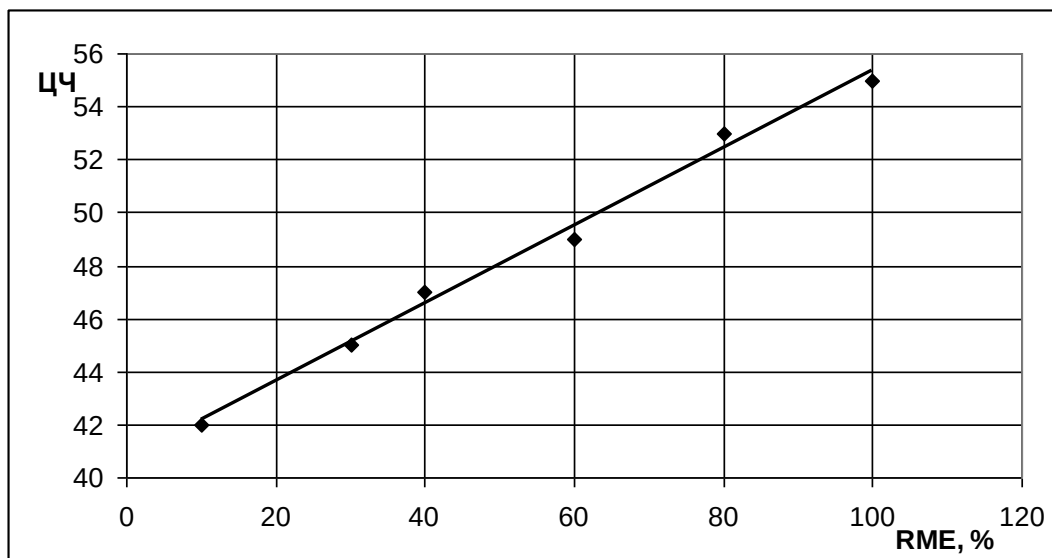


Рис. 2. Графік залежності зміни цетанового числа паливних сумішей від відсоткового масового вмісту в них RME

Аналітично залежність описується поліномом наступного виду:

$$\Delta ЦЧ = 0,1464 \cdot (\%RME) - 0,3072 \quad (8)$$

Коефіцієнт кореляції приведенного рівняння рівний $R^2=0,99$.

Як видно з рис. 1, із зменшенням ЦЧ ДП роздрібна ціна його зменшується, для досягнення ефективності використання паливних сумішей ДП і RME, спочатку з рівняння (8) визначають зміну $\Delta ЦЧ$ в залежності від процентного вмісту RME в паливних сумішах, а далі з рівняння (5) – цетанове число ДП, що доцільно використовувати в паливних сумішах.

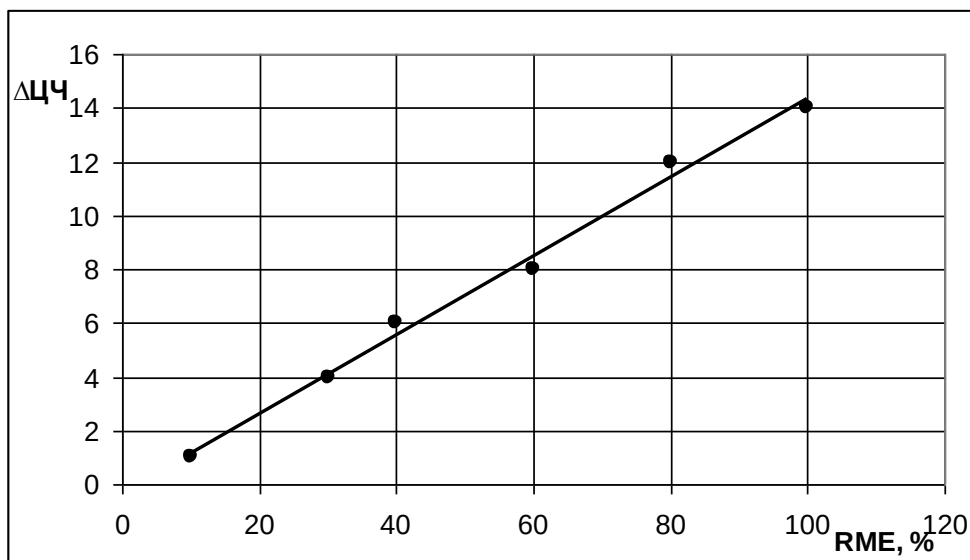


Рис. 3. Графік залежності приросту $\Delta ЦЧ$ паливних сумішей від відсоткового масового вмісту в них RME

Отже з рівняння (4) – одержуємо ціну ДП, що використовується в паливних сумішах.

Для оцінки ефективності використання паливних сумішей ДП і RME, були розраховані залежності зміни ціни ДП ($C_{ДП}$), що використовують згідно методики [24] в залежності від процентного вмісту RME (рис. 4-5).

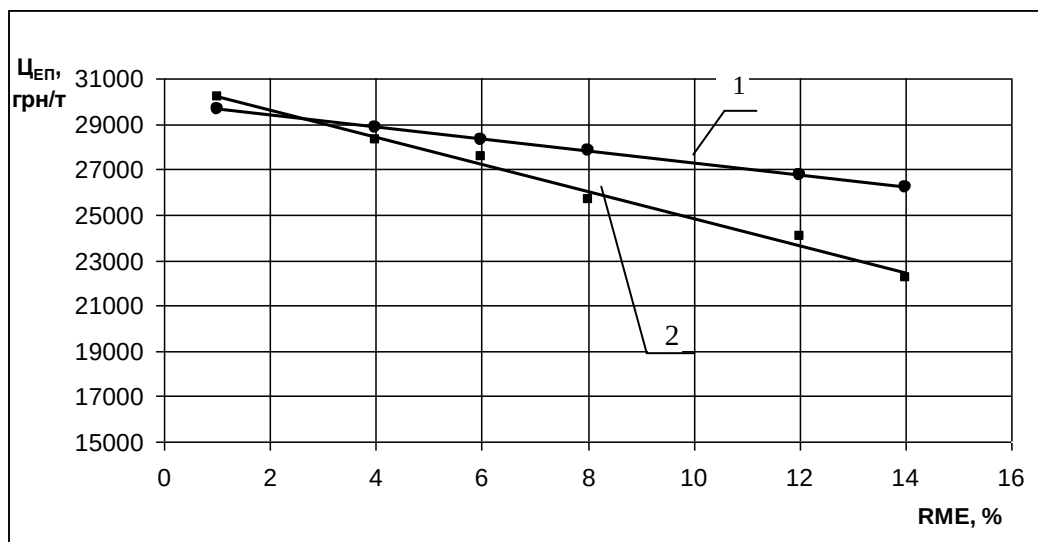


Рис. 4. Залежність зміни ціни ДП використаного в паливних сумішах від відсоткового вмісту в них RME (1-суміші ДП (ЦЧ-41) та RME; 2-суміші ДП (ЦЧ-45) та RME)

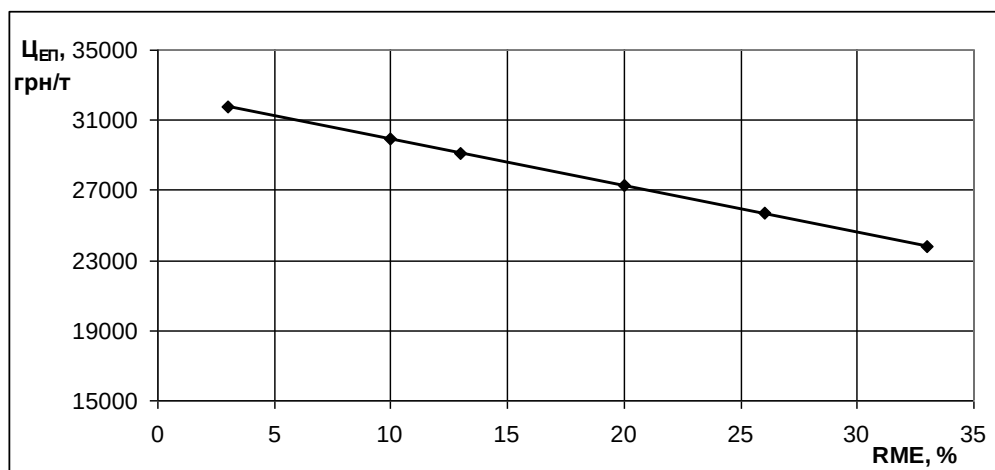


Рис. 5. Залежність зміни ціни ДП (ЦЧ-51) використаного в паливних сумішах від відсоткового вмісту в них RME

Залежності (4, 5) описується відповідно наступним аналітичним рівняння:

$$C_{ДП} = -596,63 \cdot (\%RME) + 30807 . \quad (9)$$

$$C_{ДП} = -266,53 \cdot (\%RME) + 29931 . \quad (10)$$

$$C_{ДП} = -266,53 \cdot (\%RME) + 32596 . \quad (11)$$

Коефіцієнт кореляції для рівнянь (9-11) рівний $R^2=0,99$.

Застосування різних паливних сумішей забезпечується додавкою до ДП різної кількості RME, а тому ефективність застосування різних паливних сумішей буде різною. При кожній добавці біодизеля до палива було проведено розрахунок ефективності, за даними розрахунку побудовано графічні залежності її зміни від процентного вмісту в паливних сумішах RME (рис. 6, 7).

Одержані графічні залежності ефективності використання RME в ЕП описуються наступними рівняннями:

$$\Delta E_k = -0,8804 \cdot (\%RME)^2 + 172,5 \cdot (\%RME) - 45,869 , \quad (12)$$

$$\Delta E_k = -0,3591 \cdot (\%RME)^2 + 110,08 \cdot (\%RME) - 191,01, \quad (13)$$

$$\Delta E_k = -0,8683 \cdot (\%RME)^2 + 187,26 \cdot (\%RME) - 169,07. \quad (14)$$

Коефіцієнт кореляції для рівнянь (12-14) рівний $R^2=0,99$.

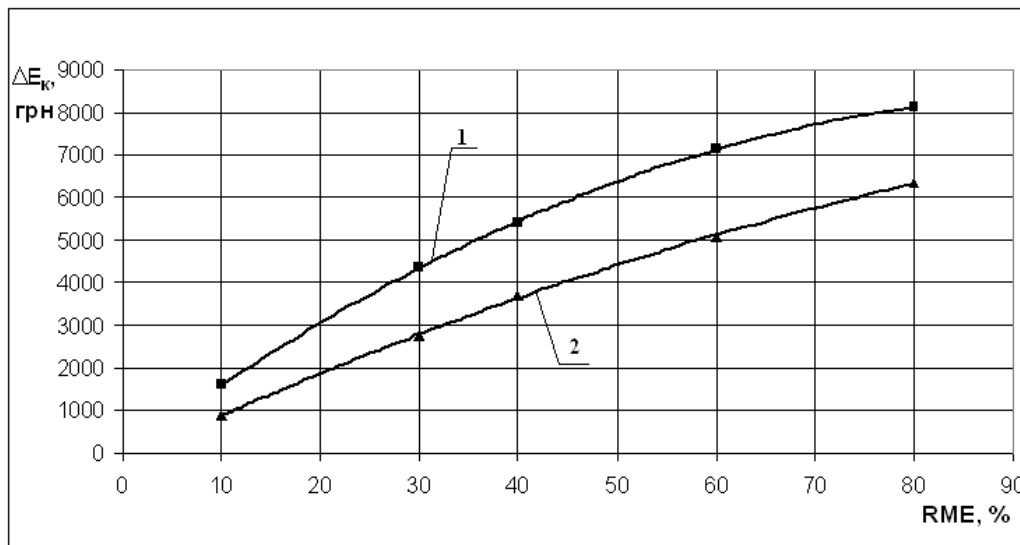


Рис. 6. Залежність ефективності застосування еквівалентних палив від відсоткового масового вмісту в них RME (1-суміші ДП (ЦЧ-45) та RME; 2-суміші ДП (ЦЧ-41) та RME)

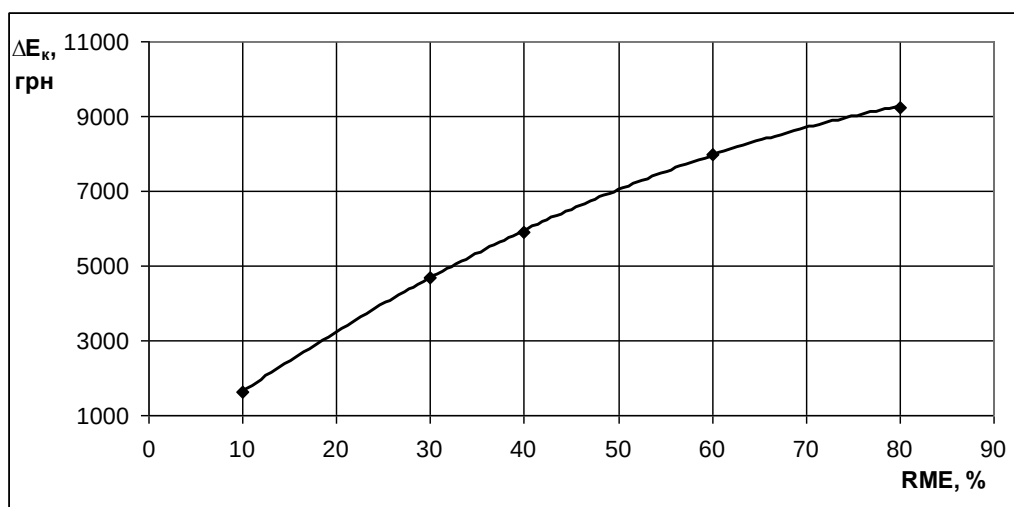


Рис. 7. Залежність ефективності застосування еквівалентних палив на базі ДП (ЦЧ-51) від відсоткового масового вмісту в них RME

Висновки. Отже, для прийнятих цін на ДП і RME та з проведених розрахунків видно, що із збільшенням процентного вмісту RME в паливних сумішах ДП і RME досягається збільшення ефективності їх застосування за рахунок використання в паливних сумішах ДП з низьким ЦЧ.

Тому при застосуванні добавок RME до товарних ДП з низьким ЦЧ в кількості до 100% масових часток можна досягнути зниження вартості ДП на кожній тоні до 7,5 тис. грн. Такий ефект, при використанні добавок RME до ДП вказує на перспективність даного напрямку використання RME та доцільність подальшого його дослідження.

Література

- 1 Колосюк Д.С. Автотракторные топлива и смазочные материалы / Д.С. Колосюк, А.В. Кузнецов. – К.: Высшая школа. – 1987. – 191 с.
- 2 Брей В.В. Біоетанол в Україні / В.В. Брей, І.В. Щуцький // Вісник НАН України. – 2016. - №

6. – с. 71-76.

3 DIN V 51606. Deutsches Institut für Normung e.V. (German Institute for Standardization).

4 Редзюк А.М. Проблема та перспективи використання рослинної олії як моторного палива / А.М. Редзюк, В.О. Рубцов, Ю.Ф. Гутаревич // Автошляховик України. – 1999. – №1. – с.4-6.

5 Широкомасштабные эксперименты по введению рапсового масла в дизельное топливо // Автомобильная промышленность США. – 1997. – №3. – с.5-8.

6 Испытания автобусов фирмы “Renault”: Экспресс-информ. Экологические проблемы на транспорте. – М.: ВИНТИ. – 1993. – № 10. – с.4-8.

7 Розробити обладнання для роботи дизельних двигунів на рослинних оліях: Звіт про науково-дослідну роботу. Інститут механізації та електрифікації сільського господарства; № ГР 019340322719. – Глеваха. – 1996. – 63 с.

8 Гутаревич Ю.Ф. К вопросу использования рапсового масла в качестве моторного топлива / Ю.Ф. Гутаревич, А.Т. Говорун, А.А. Корпач // Труды ТГАТА. Мелитополь. – 1998. – Т. 3, №2. – с. 60-64.

9 Гелетуша Г.Г. Обзор современных технологий получения жидкого топлива из биомассы быстрым пиролизом. Часть 1 / Г.Г. Гелетуша, Т.А. Железная // Экотехнологиии ресурсосбережение. – 2000. – №3. – с. 3-11.

10 Гелетуша Г.Г. Современных технологий получения жидкого топлива из биомассы быстрым пиролизом. Часть 2 / Г.Г. Гелетуша, Т.А. Железная // Экотехнологиии ресурсосбережение. – 2000. – №4. – с. 91-100.

11 Bridgwater A. V. The Status of Fast Pyrolysis of Biomass in Europe. Proc. of the 10th European Bioenergy Conference / A.V. Bridgwater. – Wurzburg, Germany, 8-11 June 1998. – CARMEN. – p. 268-271.

12 Bridgwater A.V. Fast pyrolysis for biomass / A.V. Bridgwater, G.V. Peacocke // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2000. – №4. – p. 1-73.

13 Ronghou L. Experimental research of corn stalk pyrolysis for liquid production in a fluidized bed reactor / L. Ronghou, N. Weisheng, Z. Chunmei. – Ibid. – p. 851-854.

14 Garcia-Perez M. The complex structure of bio-oils / M. Garcia-Perez, A. Chaala, H. Pakdel. – Ibid. – p. 725 -728.

15 Sipila K. Pyrolysis Oils for Power Plants and Boilers. Proc. of the 9th European Bioenergy Conference / K. Sipila, A. Oasmaa, V. Arpiainen, M. Westerholm. – Copenhagen. Denmark, 24 -27 June 1996. – Pergamon. – 1996. – Vol. 1, p. 302-307.

16 Nunoura T. The black gold from green waste project at the University of Hawaii. Proc. of the Second World Biomass Conference / T. Nunoura, M. Antal. – Rome, Italy, 10-14 May 2004. – ETA-Florence and WIP-Munich. – 2004. – p. 721-724.

17 Fantozi F. Micro scale slow-pyrolysis rotary kiln for syngas and char production from biomass and waste / F. Fantozi, U. Desideri. – Ibid. – p. 1102-1105.

18 Garcia C. Pyrolysis of meat and bone meal. Fixed bed reactor studies / C. Garcia, M. Aytton, J. Sanchez. – Ibid. – p. 837-840.

19 Conti L. Proposal of a waste treatment plant in Managua city / L. Conti, S. Mascia, O. de Valle, M. Stadthagen. – Ibid. – p. 2450-2452.

20 Bridgwater A.V. Biomass Pyrolysis Technologies / A.V. Bridgwater // Proc. of the 5th Europ. Bioenergy Conf., Lisbon, Portugal. 9-13 Oct., 1989. – Elsevier. –1989. – Vol. 2. – p. 489-496.

21 Churin E. Catalytic Upgrading of Pyrolysis Oils / E. Churin, P. Grange, B. Delmon. – Ibid. – p. 616-620.

22 Williams P. Aromatic Hydrocarbons in the Catalytic Upgrading of Biomass Pyrolysis Oils in the Presence of Steam / P. Williams, N. Nugranad // Proc. of the 10th Europ. Bioenergy Conf., Wurzburg, Germany, 8-11 June. 1998. – CARMEN. – 1998. – P. 1589 - 1592.

23 Steven G. Flash Pyrolysis Oil as Light Fuel Oil Replacement / G. Steven // Bioenergia. – 1996. – №2. – p. 34-35.

24 Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мороз О.Г. Оцінка ефективності додавання спиртових сполук до бензину . Автошляховик України. - 2004. - № 3. - С. 17-19.

© В. М. Мельник

*Надійшла в редакцію 28 лютого 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. М. Семчук*

В. С. Скрипник*Надвірнянський коледж
Національного транспортного
університету***РОЛЬ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЮРІЯ ПОЛЯНСЬКОГО ДЛЯ ДНІСТРОВСЬКОГО
ПРОТИПАВОДКОВОГО ПОЛІГОНУ**

Видатний український геолог, геоморфолог та археолог, професор Юрій Полянський (1892-1975) дослідив долину Дністра та запропонував одну із перших схем розчленування його терас, викопних ґрунтів та лесів і відкрив верхній палеоліт у Галицькому Поділлі.

Ключові слова: стратиграфія, плейстоцен, викопні ґрунти, леси, палеоліт, тераси

The prominent Ukrainian geologist, geomorphologist and archaeologist, professor Yuri Polyansky (1892-1975), explored the Dniester Valley and proposed one of the first schemes for the dismemberment of his trases, fossil soils and forests, and discovered the Upper Paleolithic in Galych Podillya.

Key words: stratigraphy, Pleistocene, fossil soils, forests, Paleolithic, terraces.

Актуальність теми. Верхня частина долини Дністра від гирла Стрия і до початку Дністровського каньйону періодично затоплюється катастрофічними паводками, які наносять значні збитки господарству та населенню. Затоплюється 400-450 км² земельних та лісових ресурсів, селитебних та природоохоронних територій. Висота підйомів паводкових вод сягає 10-12 м. Таким чином, у зону катастрофічних паводків попадають низька, середня та висока заплави, а також – надзаплавна тераса. Для розробки протипаводкових заходів, прогнозування екологічних ризиків затоплення необхідне складання ряду детальних карт: геоморфологічної, четвертинних відкладів, ландшафтної, екологічної та інших. Для цього треба мати обґрунтовані схеми стратиграфії та палеогеографії терасових рядів Дністровської долини, розрізів лесів та викопних ґрунтів. Важливу роль для детального вивчення території Дністровського протипаводкового полігону є дослідження геології, палеогеографії, геоморфології нашими попередниками, серед яких найбільш визначну роль мають роботи професора Юрія Полянського [5, 6, 14, 15].

Аналіз попередніх досліджень. Долина Дністра, особливо Галицького Поділля, Опілля, Дністровського каньйону привертала увагу геологів, геоморфологів, географів, археологів ще з XVII – XVIII століть, коли перші дослідники за завданнями військових служб вивчали рельєф та природні ресурси Прикарпаття та Поділля. Це роботи Боплана, Барбот де Марні, Маркотта та ін. [8]. У XIX ст. польськими природознавцями В. Тейссейром [17], А. Ломніцьким [13], Е. Головкевичем та ін. складений «Геологічний атлас Галичини», який не втратив свого значення дотепер. На початку XX ст. певний внесок у вивчення палеогеографії зробили Й. Чижевський, Е. Ромер, С. Рудницький та ін. [11, 16].

У 30-40 роки XX ст. розпочались площинні геологічні зйомки та пошуки корисних копалин. Цей процес значно активізувався у повоєнні роки. Важливий внесок у вивчення долини Дністра зробили Р. Виржиківський, К. Геренчук, Г. Ф. Лунгерсгаузен, И. Д. Гофштейн, М. Ф. Веклич, М. С. Демедюк, И. К. Іванова, О. П. Черниш [1, 2, 4, 9], а пізніше А. Б. Богущкий, М. Ланчонт, О. С. Ситник, А. М. Яцишин, П. Ф. Гожик, Л. Лінднер, Д. О. Зорін та багато інших [3, 7, 10].

Але дослідження Ю. І. Полянського на цьому фоні мають особливе значення для Дністровського протипаводкового полігону, тому що вони комплексно розкривають досить складну взаємодію алювію терас з покривними лесами та похованими в них

грунтах. Тим самим допомагають сучасним дослідникам розкрити внутрішню структуру четвертинного покриття Поділля та Прикарпаття.

Викладення основного матеріалу. Аналіз наукових праць Ю. Полянського показує, що, будучи за фахом геологом, він цікавився усім комплексом природничих наук і тому зробив вагомий внесок у розвиток наук про Землю. Олена Томенюк [8] справедливо загострює увагу на «...важливості відновлення українських пріоритетів та відродженні забутих імен, оскільки утвердження незалежної української держави зумовило потреби визначити внесок українських учених у розвиток науки, а особливо тих, чиї імена тривалий час перебували у забутті» [8, с.504]. Саме таким і є професор Юрій Полянський.

У 20-30 роки, Юрій Полянський [5, 6, 14, 15] вивчав стратиграфію плейстоцену, палеогеографію та тектоніку Поділля та Прикарпаття, рельєф та плейстоценові відклади Бесарабії, Полісся та Придністров'я. Але найвідоміша і найважливіша для Дністровського протипаводкового полігону праця Ю. Полянського була опублікована у 1929 р. Це – «Подільські етюди: тераси, леси і морфологія Галицького Поділля над Дністром» [6]. Ще перед виходом у світ цієї праці її автор публікує ряд своїх досліджень палеоліту, які утверджують його як археолога, першовідкривача багатьох стоянок. Ю. Полянського називали навіть «батьком західноукраїнського палеоліту» [8].

Але повернемося до «Подільських етюдів...» у яких найважливішим є кількість, морфологія та вік дністровських терас. Майже за 100-літню історію їх вивчення до цього часу не вироблено спільної позиції. За даними різних дослідників тут розвинуто від 6 до 16 терас [1, 2, 4, 11, 13, 16, 17]. Співставлення номенклатури терас, у тому числі і на подільському відтинку Дністровської долини, де працював Ю. Полянський, наштовхує на думку, що ця різниця зумовлена у першу чергу, розбіжностями серед авторів відносно кількості так званих надканьйонних терас, а також ролі різно-амплітудних неотектонічних рухів, що збільшують кількість терас у піднятих блоках літосфери. Як справедливо зауважив Д. Зорін [3], різночитання у морфології, кількості та віку дністровських терас у різних авторів залежить від оцінки ролі кліматичного та тектонічного чинників в утворенні терас. Саме на це вперше звернув увагу Ю. Полянський у своїх «Подільських етюдах». Важливу роль у формуванні терас мають також місцеві фактори, тому морфометричний метод співставлення терас не може бути ведучим, особливо у районах з диференційованими різнонаправленими рухами окремих блоків літосфери. А досліджувані Ю. Полянським Поділля та Прикарпаття якраз і є такими районами.

Проблема визначення віку терас також була важливою для Ю. Полянського. Він вважав, що це потрібно робити не по висоті терас, а за стратиграфічним розчленуванням їх алювію. Після Ю. Полянського такий підхід було підтверджено дослідженнями І. Г. Гофштейна [2], М. Ф. Веклича, Ф. Гожики, І. К. Іванової, А. Б. Богуцьким [10, 12] та багатьма іншими палеогеографами. При цьому необхідно також вивчати висоту цоколя, глибину врізу давніх долин та ін. Особливо повними у цьому плані були роботи А.Б. Богуцького, М. Ланчонт, А.М. Яцишина та ін. [12]. Вони показали, що головним чинником формування річкових терас у басейні Дністра є періодична повторюваність імпульсів тектонічних рухів, з якими взаємодіють кліматичні коливання льодовикових та міжльодовикових епох.

Ю. Полянський у Галицькому Поділлі та Прикарпатті виявив шість надзаплавних терас, вивчив склад їх алювію, особливо петрографічні особливості гальок із руслових фацій. За їх складом можна визначати області розмиву та виносу уламкового матеріалу. Покривні леси на алювії надзаплавних терас розглядались як окремі стратиграфічні горизонти, що було підтверджено Ю. Полянським знахідками фауни крупних ссавців та молюсків. Алювій найдавніших шостої і п'ятої (сучасні – це сьома і шоста) терас, представлений так званими карпатськими гальками, різко відрізняється від більш молодих терас, в алювії яких з'являється галька девонських червоноколірних пісковиків, що свідчить про поглиблення врізів р. Дністра та його допливів у поклади Східно-Європейської платформи. Активні неотектонічні рухи під час формування верхніх, так

званих надканьйонних терас, обумовили складний рельєф поверхні сьомої та шостої терас. Ю. Полянський підтвердив дані В. Тейссейра про наявність трансконтинентального розлому Бердо-Нароль [17]. Деякі положення Ю. Полянського про різновікові неотектонічні рухи при формуванні надканьйонних терас у районі с. Чернелиці були уточненні, але не спростованні І. Г. Гофштейном [2].

Ю. Полянський [5, 15] вивчав також розповсюдження палеолітичних знарядь як у покривних, так і в алювіальних відкладах. Так, він першим серед археологів звернув увагу на широкі меандри давніх долин Дністра, де нагромаджувались потужні відклади плейстоцену. Так, при вивченні кар'єру цегельні біля с. Маріямпіль він відкрив одну із «багатих» на кам'яні вироби палеолітичну стоянку. Цей розріз не втратив свого значення дотепер і періодично вивчається під назвою Маріямпіль 1 львівськими та польськими дослідниками під керівництвом А. Б. Богущького, О. С. Ситника, М. Ланчонт [12].

Наукова концепція Ю. Полянського відносно циклічності розвитку річкових долин розроблялась під час детальних польових робіт у 20-30^{ті} роки ХХ ст. у районі сс. Новосілка-Костюкови у Борщівському районі на Тернопільщині. Цю концепцію автор називав «Ділювіальною циклічною схемою полуденного Поділля» [15]. Наступними дослідниками І. Г. Гофштейном, П. Ф. Гожиком, а особливо А. Б. Богущьким і А. М. Яцишиним [10] така циклічність була підтверджена, а кількість палеогеографічних етапів зросла з двох (у Ю. Полянського) до семи (у А. Б. Богущького) [12].

Висновки. Отже, детальний фактичний матеріал, зібраний Ю. Полянським впродовж 1923-1929 рр., став основою його монографічної праці «Подільські етюди: тераси, леси та морфологія Галицького Поділля над Дністром». Ці дослідження не втратили свого значення і тепер. Їх широко використовували Р. Виржиківський, І. Гофштейн, І. Іванова, М. Демедюк та багато інших. У наші часи розвивають і збагачують новими ідеями досягнення Ю. Полянського львівські палеогеографи А. Б. Богущький, А. М. Яцишин, Р. П. Дмитрук, О. С. Ситник, О. Томенюк, а також польські вчені Л. Лінднер, М. Ландчонт, Т. Мадейська та інші. Матеріали Ю. Полянського продовжують слугувати основою для подальшого поглиблення та розкриття особливостей циклічного розвитку долини Дністра, накопичення лесово-грунтової формації, алювіальних відкладів руслової, старичної та заплавної фацій, покривних лесів еолово-делювіального походження, неотектонічного «втручання» у циклічні палеогеографічні етапи та інші особливості розвитку природи у долині Верхнього та Середнього Дністра.

Література

- 1 Геренчук К.И. Геоморфология Подолии // Учен. записки Черновиц. ун-та / К. И. Геренчук. – 1950, вып. 2. – №8. – С.89-111.
- 2 Гофштейн І.Г. Неотектоніка і морфогенез верхнього Придністров'я / І. Г. Гофштейн. – Київ: вид-во АН УРСР, 1962. – 131 с.
- 3 Зорін Д. О. Географічні інформаційні системи екологічної безпеки / Д. О. Зорін. – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2016. – 180 с.
- 4 Лунгерегаузен Г. Ф. Геологічна еволюція Поділля і південного Наддністров'я / Г. Ф. Лунгерегаузен // Праці молодих вчених. – Київ: вид-во АН УРСР, 1941. – С. 9-90.
- 5 Полянський Ю. І. Нові археологічні знахідки з Галичини / Ю. І. Полянський // Зап. НТШ. – Т. 149, 1928. – С. 1-36.
- 6 Полянський Ю. І. Подільські етюди: тераси, леси і морфологія Галицького Поділля над Дністром / Ю. І. Полянський // Зб. матем. – природ. – лікар. секції НТШ, 1929. – Т.20. – 191 с.
- 7 Ситник О. С. Юрій Полянський – перший дослідник західно-українського палеоліту / О. С. Ситник // Археологія, 2003. – вип. 1. – С. 140-144.
- 8 Томенюк О. Геоморфологічні дослідження професора Юрія Полянського / О. Томенюк // Матеріали і дослідження з археології Прикарпаття і Волині, 2012. – вип. 16. – С. 504-518.
- 9 Черниш О.П. Археологічна діяльність Юрія Полянського / О. П. Черниш // Мат-ли і дослідження з археології Прикарпаття і Волині, 1998. – вип. 7. – С.14-16.
- 10 Яцишин А. Методи дослідження четвертинних відкладів: навч. метод. посібник / А. М. Яцишин, Р. Д. Дмитрук, А.Б. Богущький. – Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2009 – 177 с.
- 11 Czyzewski I.Z historii doliny Dniestra // Prace geogr. E. Romera. – T.10, Lwow, 1928. – S. 33-62.

- 12 Lessy i paleolit Naddniestra halickiego (Ukraina) // *Studia geologica Polonica* / Pod red. T. Madeyskiej. – Krakow. 2002. – Vol.119. – Cz. III, 2002. – 391 s.
- 13 Lownicki A. Atlas Geologiczny Galicyi, Z. 18. – 1905. – 332 s.
- 14 Polanskyj Y. Staroaluwjalny teras Polesia i jego stanowisko w historii zatorflenia // *Obrobitka w wydawnictwa: Postep prac pzzy Meljoracji Polesia (Strawozdanie za lata 1932-1933).* – Brzese nad Bugiem. – 1933. – S. 1-10.
- 15 Polanskyj Y., Krukowski S. Die erste Palaolithstation in Nowosilka – Kostiukowa (Podolien) // 36. матем. – природ. – лікар. секції НТШ (Separatabdruck). – Т. 25, 1926. 23 с.
- 16 Romer E. Kilka przyczynkow do historji dolinu Dniestru // *Kosmos*, 1906.–Т. 31. – Z. 10-12.
- 17 Teisseyre W. Paleomorfologia podola (wiadomosc tymczasowa) // *Spraw. Komis. Fisiograf.* – Krakow, 1894. - №29. – S. 186-191.

© В. С. Скрипник

*Надійшла до редакції 02 квітня 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. геол.-мін. наук О. М. Адаменко*

ПРИРОДООХОРОННІ ТА РЕКРЕАЦІЙНІ ТЕРИТОРІЇ

УДК 504:379.852 (043.3)

О. В. Побігун

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

КАТЕГОРИЗАЦІЯ САДИБ СІЛЬСЬКОГО ЗЕЛЕНОГО ТУРИЗМУ ІВАНО- ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЯК НАПРЯМ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ТУРИСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

В статті досліджено основні чинники впливу на діяльність садіб зеленого туризму Івано-Франківської області, проаналізовано розвиток сільського туризму в Івано-Франківській області, визначено основні чинники державного регулювання у сфері зеленого туризму України; проаналізовано діяльність сільських садіб Івано-Франківської області, розглянуто досвід зарубіжних країн з питань екологізації садіб сільського туризму, запропоновано категоризацію садіб сільського туризму для Івано-Франківської області.

Ключові слова: сільський зелений туризм, категоризація, сільські садиби, екологізація.

In this article was investigated the main factors influencing the activity of the farmsteads of green tourism in the Ivano-Frankivsk region, analyzed the development of rural tourism in the Ivano-Frankivsk region, defined the main factors of state regulation in the field of green tourism in Ukraine; the activity of rural farmsteads of Ivano-Frankivsk region was analyzed, the experience of foreign countries on ecologization of farmsteads of rural tourism was considered, the categorization of farmsteads of rural tourism for Ivano-Frankivsk region was proposed.

Keywords: rural green tourism, categorization, rural estates, ecologization.

Постановка проблеми. Сьогодні як у світі, так і в Україні спостерігається тенденція до зростання зацікавленості відпочинком у формі проведення вільного часу серед природи. Актуальною на заході є тема розвитку сільських територій, збереження культурної спадщини села та міста, розвитку озелених територій відпочинку, пошук додаткових джерел доходу, створення нових робочих місць.

Функціонування зеленого туризму повинно стати цікавим і для України, оскільки він стимулює не тільки соціально-економічний розвиток, покращення комунікаційної структури, а й можливість розвитку людської індивідуальності. Івано-Франківська область є потужним рекреаційно-туристичним осередком, тут існує достатньо матеріальної бази, щоб безперечно стати сприятливим середовищем для розвитку територій відпочинку. Враховуючи динаміку розвитку та потенційні загрози від туристичної діяльності, з'явилась необхідність вивчення особливостей її впливів на довкілля, проведення комплексної оцінки впливу функціонування і розвитку різних видів туризму в регіонах, визначення основних шляхів їх екологізації, зокрема впровадження категоризації сільських зелених садіб. Одним із найважливіших проблемних питань Івано-Франківської області є незацікавленість власників сільських садіб у прийнятті для своєї садиби відповідної категорії [1].

Аналіз попередніх досліджень. Разом з тим сільський зелений туризм є предметом досліджень багатьох науковців, зокрема Бедзір В. О. присвятив праці у сфері зеленого туризму в Закарпатській області [2], Шпенік Т. К. – політика ціноутворення підприємств

сільського (зеленого) туризму [3], Кудла Н. В. – розвиток сільського туризму Карпатського регіону [4], також Борисенко Ю. В. оцінював стан підприємництва у сфері сільського зеленого туризму [5].

Проте, досліджуючи сільський туризм в Україні, слід звернути увагу на Карпатський регіон, який є осередком його розвитку, а саме – Івано-Франківська область.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Для підтримки сталого розвитку регіону є необхідність встановлення балансу між задоволенням соціально-економічних потреб суспільства, захистом інтересів майбутніх поколінь та забезпеченням якісного екологічного стану довкілля.

До основних екологічних принципів збалансованого туризму слід віднести: утилізацію відходів, зменшення рівня антропогенного навантаження, встановлення очисних систем та повторного використання води, впровадження альтернативних джерел енергії, розвиток екологічних видів туризму, зменшення рівня шумового забруднення.

Постановка проблеми. Реалізація цих принципів дозволить провести екологізацію туризму. Це допоможе досягнути балансу між реалізацією туристичного продукту та раціональним природоспоживанням. Ці питання зможе вирішити категоризація сільських садиб зеленого туризму. В області запропонована добровільна категоризація садиб, але вона потребує вдосконалення вимог щодо благоустрою, приміщень, технічного устаткування, доопрацювання вимог щодо оснащення кімнат меблями та інвентарем, а також щодо санітарно-гігієнічних вимог.

Викладення основного матеріалу. Слід зазначити, що основою екологізації є екологічна освіта, що, в свою чергу, є важливим засобом підвищення екологічної культури та розвитку екологічної свідомості населення. Екологізація дасть змогу впровадити нові рішення, які виведуть сільський туризм на рівень регіону, а згодом на рівень держави, світу.

Що стосується саме екологізації туризму, то вона є науково-обґрунтованою, екологічно-орієнтованою управлінською діяльністю, яка спрямована на покращення екологічного стану природних комплексів та об'єктів територій туристичної зацікавленості; збереження та відновлення порушених або змінених (деградованих) екосистем за рахунок зміни режиму (способу) їх використання; розрахунок та встановлення допустимої кількості туристів за певний туристичний сезон; модернізацію обладнання та очисних споруд, що застосовуються в туристичній інфраструктурі; підвищення культури виробництва туристичних послуг; екологічну освіту.

Враховуючи наведене можна запропонувати основні підходи для еколого-збалансованого розвитку (рис. 1).

Сьогодні тисячі жителів українських сіл самостійно надають послуги у сфері сільського зеленого туризму, однак офіційної легалізації вони не отримали; досі не визначено їх статус (підсобне господарство чи підприємництво); не впорядковані стосунки з контролюючими органами; не визначені санітарно-гігієнічні та екологічні обов'язки щодо надання високоякісних, екологічно-чистих продуктів та послуг, а також збереження довкілля. Ці та інші фактори значно стримують вихід даного виду туризму як на внутрішній, так і на зовнішні ринки [6].

Водночас спеціалісти констатують факт, що ринок зеленого сільського туризму в Карпатському регіоні має низку проблем та недоліків, які доведеться вирішувати вже найближчим часом, якщо Україна планує подальшу євроінтеграцію. До таких проблем в першу чергу належать недоліки в системі податкового законодавства.

Діяльність сільського господарства регламентується такими законодавчими актами як Закон України «Про особисте селянське господарство» від 15.05.2003р. [6], із змінами та доповненнями внесеними Законами України від 17.11.2005р., 25.12.2008 р., 15. 04.2009 р. та Проект Закону України «Про сільський зелений туризм» від 12.04.2007 р. [7]. В цих законодавчих актах дозволено відкрито займатися таким видом діяльності як сільський туризм, однак складною залишається проблема оподаткування. Більшість господарів, щоб

уникати бюрократичних процедур і сплати податків не подають документи на реєстрацію і працюють нелегально. Така діяльність вимагає додаткових витрат на організацію маркетингової та рекламної стратегії. Ще одна проблема самодіяльності в тому, що виключена можливість укладати договори про співпрацю із турфірмами в великих містах України, таких як Київ, Дніпропетровськ, Одеса, оскільки серйозні турагенти не працюють нелегально, а гарантії у сфері сільського туризму такі ж важливі, як і у будь-якому іншому бізнесі. Надалі не врегульованим залишається питання страхування клієнтів сільського туризму, які відпочивають без послуг туроператора.

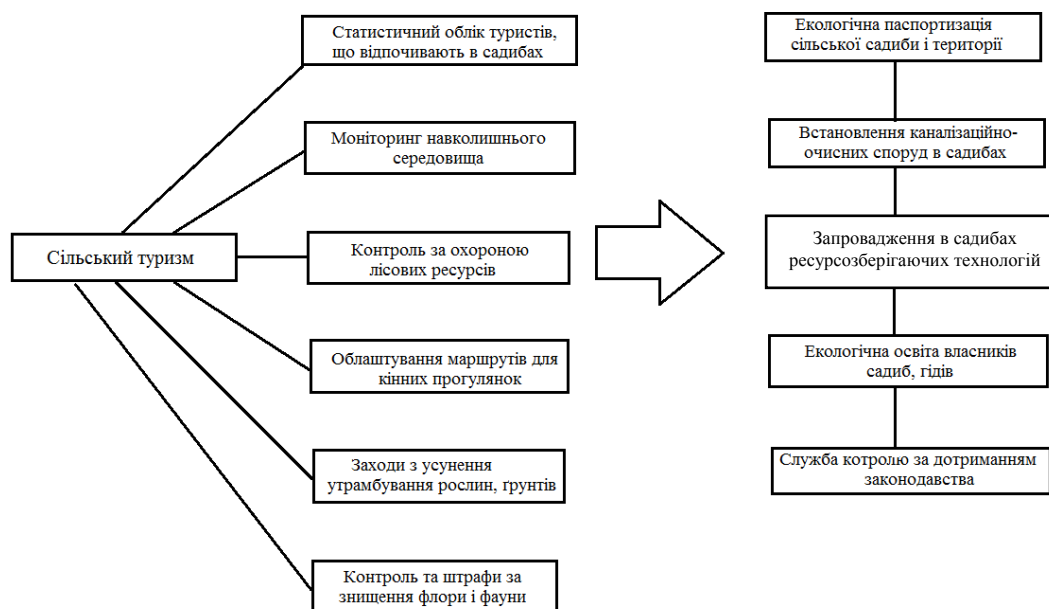


Рис. 1. Схема екологізації сільського туризму

Недоліком в умовах кризи є відсутність реального доступу до дешевих кредитних ресурсів, які можна спрямувати на покращення умов для прийому туристів.

Наступна проблема полягає у відсутності комплексного навчання господарів-власників садиб. Адже господар, який приймає туристів повинен володіти вміннями та навичками, які притаманні представникам понад 15 професій. Підготовка висококваліфікованих кадрів гостро відчутна, тому і надалі навчання і перекваліфікація господарів сільських садиб залишається актуальною.

Запозичуючи польський досвід, необхідно створити сталі групи тренерів, які б на постійній основі здійснювали профільне повне консультування, супровід та навчання зацікавлених осіб. Відповідно варто створити постійно діючий інформаційно-тренінговий центр, до якого міг би звернутися пересічний громадянин і отримати всю необхідну інформацію. Натомість, зараз в Івано-Франківській області та й в цілому в Україні, переважає кількість господарів, які працюють, не маючи спеціальних навичок, як вони самі кажуть «інтуїтивно». За інформацією управління по туризму та курортах Закарпатської ОДА, практично в усіх гірських районах області діють Асоціації зеленого туризму, в які об'єднуються власники садиб.

Закріпити такі позитивні тенденції і надати відчутний поштовх розвитку сільського туризму – допоможе категоризація. Яка полягає у:

- розробці нормативно-правової бази щодо визначення організаційних умов надання послуг з сільського зеленого туризму в межах особистого селянського господарства;

- наданні методичних рекомендацій для категоризації житла, передбаченого для розміщення відпочиваючих;

- впровадженні системи пільгового довгострокового кредитування сільського населення на розвиток сільського туризму;
- формуванні пропозицій щодо елементів фірмового стилю для ідентифікації українського сільського туризму;
- створенні інформаційних засобів та технологій з даними щодо клієнтської бази та інформування клієнтів про пропозиції з послуг відпочинку в селі;
- створенні державної інституції для просування за кордоном в'їзного туризму в Україну в цілому, в тому числі сільського зеленого туризму;
- продовженні підготовки профільних фахівців, навчання й перекваліфікації сільських господарів, незайнятого сільського населення для роботи в секторі сільського зеленого туризму в Школі сільського туризму, започаткованій Спілкою сприяння розвитку сільського зеленого туризму в Україні на базі Київського Університету біоресурсів і природокористування;
- створенні на рівні країни та областей комп'ютеризованої системи бронювання та резервування місць в домогосподарствах та послуг.

Реєстр садиб сільського зеленого туризму Івано-Франківської області є важливим джерелом інформації показників якості обслуговування, нормативно-правових вимог. Проведення категоризації садиб сільського зеленого туризму області використовується як маркетинговий інструмент, збільшує популярність садиби серед екологічно-свідомих туристів. Категоризація приватних садиб забезпечує: прозорість пропозиції для клієнта; контроль якості туристичного продукту; різноманітність пропозиції туристичних послуг та різницю в ціні. Знак надається Спілкою сприяння розвитку сільського зеленого туризму в Україні.

Приватні оселі Івано-Франківщини проходять категоризацію на рівень послуг («Гостинна садиба») та екологічність («Зелена садиба»), що сприяє підвищенню конкурентності тур продуктів (рис. 2) [9].



Рис. 2. Знак послуг «Гостинна садиба» та знак екологічності «Зелена садиба»

Тут туристичні садиби класифікуються за чотирма категоріями, яким відповідають символи – «3» вища категорія; «2» середня; «1» нижча; «С» найнижча (стандартна).

Проте, не всі області Карпатського регіону запровадили категоризацію садиб. Відсутні такі положення у Львівській та Чернівецькій областях. Можна спостерігати окремі положення щодо категоризації садиб у Закарпатській області:

– базова (найнижча) категорія (позначається без квітки) – садиба відповідає санітарно-гігієнічним, технічним, інвентарним вимогам, які встановлені до місць розміщення туристів.

– перша категорія  – садиба відповідає встановленим вимогам, що стосуються озеленення території, паркування автотранспорту, мінімальних розмірів ліжок, площ санітарних приміщень та проходження навчань власниками садиб.

– друга категорія  – садиба відповідає встановленим вимогам, які передбачають наявність підсвіченої вивіски, окремого входу для гостей, дитячого майданчика, сауни та доступу до мережі Інтернет.

– третя (найвища) категорія  – садиба відповідає встановленим вимогам, які передбачають наявність басейну, гаражу, телебачення у кожній кімнаті, телефону та

холодильника, оздоблення місць відпочинку натуральними матеріалами, цілодобове гаряче та холодне водопостачання [10].

Слід зазначити, що навіть присвоєння однієї з наведених вище категорій садибам зеленого туризму, не означає поінформованість про це туристів. Оскільки, таке «присвоєння» в Івано-Франківській області й надалі залишається в тіні, таким чином власники садиб не позиціонують свій бізнес як категоризований. Тобто, туристам невідомо, яким саме садибам присвоєно ту чи іншу категорію і що вона означає. Враховуючи теперішні вимоги до присвоєння певної категорії садибам, загальні положення досі мають застарілий та неактуальний на даний час характер. Тому на сьогоднішній день важливим є удосконалення наявної категоризації садиб для їх кращого функціонування.

Враховуючи вплив чинників на організацію сільського туризму, основними факторами успішної діяльності є професійна чітка маркетингова політика та рекламна діяльність; оптимальне співвідношення поняття «ціна-якість»; високий рівень сервісу; сегментація, визначення ніші ринку; спеціалізація, створення власного, унікального туристичного продукту; кластеризація бізнесу – організація взаємопов'язаних, взаємодоповнюючих діяльностей (наприклад вівчарство: туристичне дозвілля спостереження за тваринами, участь в догляді за ними, виготовлення сиро-молочної продукції, приготування страв з баранини, їх дегустація, сувеніри, продукція ручної роботи з овечої шерсті); співробітництво з іншими (супутніми) туристичними організаціями. Всі ці фактори можуть бути враховані після впровадження категоризації (рис. 3).



Рис. 3. Порівняльна характеристика до та після категоризації агроосель у Європі

Досвід впровадження категоризації в Європі можна розглянути на прикладі European Federation of Farm and Village Tourism – європейської федерації (об'єднання) закладів сільського зеленого туризму, що функціонують у сільській місцевості, в тому

числі на базі фермерських господарств. Учасниками EuroGites є 35 професійних організацій з 28 європейських країн, що пропонують близько 100 000 закладів для відпочинку у сільській місцевості. Країнами учасниками є: Австрія, Білорусія, Бельгія, Боснія-Герцеговина, Болгарія, Хорватія, Кіпр, Чеська Республіка, Естонія, Франція, Грузія, Німеччина, Греція, Угорщина, Ізраїль, Італія, Латвія, Литва, Люксембург, Норвегія, Польща, Португалія, Румунія, Росія, Сербія, Словаччина, Словенія, Іспанія, Великобританія, Швейцарія [10].

Сільський туризм в Європі базується на «трьох китах»: агротуризм – діяльність на базі діючих агротуристичних ферм в сільських територіях; сільський туризм – відпочинок в гостинних (зелених) садибах; туризм в сільських територіях – сільських готелях. Основні туристичні послуги сільського (зеленого) туризму: гастрономія, розміщення (послуги ночівлі), активний туризм, мальовничі краєвиди, пейзажі, історична спадщина, культура, події. Важливим є результат запровадження категоризацій, адже він служить загальному враженню споживача про конкретну агрооселю.

В більшості європейських країн функціонує система категоризації – визначення рівня матеріально-технічного оснащення, якості обслуговування закладів сільського зеленого туризму. При міністерствах туризму функціонують спеціальні інспекторські комісії, що мають ліцензію на здійснення перевірки, регулярного моніторингу сільських помешкань та присвоєння їм відповідної категорії (рівня сервісу).

Враховуючи те, що значна частина країн світу використовують подібні вимоги до присвоєння категорій агрооселям можна виділити найбільш застосовувані категоризації. А саме вимоги : США і Великої Британії, Норвегії та Ісландії, Чехії, Словаччини, Угорщини, Іспанії, Португалії.

У США і Великобританії поширюється концепція «Bed & Breakfast» тимчасове проживання в порожніх кімнатах будинків, незалежно від місця їхнього розташування. З часом зі спектру нічліжних закладів типу «B & B» виокремлюється відпочинок власне у сільських будинках та міні-готелях, розташованих у сільській місцевості.

Нині до сектора сільського зеленого туризму належать такі окремі категорії нічліжних закладів типу «B & B» :

– B & B cottage – це тимчасове проживання (здебільшого 6-7 діб) у повністю винайнятому котеджі, що знаходиться в курортно-рекреаційній зоні на території, яка має статус сільської місцевості (необов'язкова умова, тобто котеджі можуть бути і в курортних містах та передмістях).

– B & B farm vacation – це заклади, зорієнтовані на обслуговування родинного відпочинку з дітьми в мальовничій сільській місцевості з цінними рекреаційними ресурсами. Цільове сезонне перебування у них передбачено для міських дітей різних вікових груп під час шкільних канікул, де є можливість спілкуватися з ровесниками, пізнавати природу і відпочивати в «домашній» атмосфері окремо від батьків.

– B & B homestay – це тимчасове проживання (здебільшого 5-7 діб) в оселі сільського господаря спільно з його родиною у спеціально відведених для гостей кімнатах. Перебування в агрооселі супроводжується залученням гостя до традиційної життєдіяльності сільської родини, її побуту та духовної культури.

– B & B farmstay – це тимчасове проживання (здебільшого 5-7 діб) в оселі фермера або у кемпінгу на території фермерського господарства. Гості фермера мають можливість купувати й споживати його продовольчу продукцію та брати участь в окремих сільськогосподарських роботах на фермі.

Цікавий досвід категоризації сільського житла для туристів запровадила Ісландія – країна, де сільські території охоплюють понад 70% площі острова. Усі агрооселі країни поділено на I–III категорії, а також некатегорійні умови (сніданок обов'язковий):

I категорія: прості кімнати з ліжками, які щоденно прибирають, забезпечують чистими рушниками. Гості мають доступ до спільної вітальні;

II категорія: на доповнення до умов I категорії всі кімнати мають умивальники і краще мебльовані;

III категорія: на доповнення до умов II категорії всі кімнати мають ванну кімнату. Крім категоризації номерів, практикується також категоризація гостьових будинків (категорії A, B, C, D, E, F, G). Загальні вимоги до будинків такого типу зводяться до таких пунктів:

1 Будинок має бути охайним і в доброму стані з централізованим водопостачанням і WC;

2 Будинок має бути невеликого розміру і заселений максимум однією родиною;

3 Пухові ковдри мають видаватися фермером, хоча гості можуть приїжджати і з власною постільню;

4 Обов'язкові засоби приготування їжі та необхідний посуд;

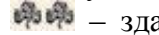
5 Категорії A, B, C, D, E, F і G відрізняються за розмірами, наявністю додаткових засобів обслуговування і комфорту, цінами за одне ліжко-місце.

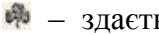
У країнах Північної Європи діє система категоризації осель, на зразок готельної – від 1 до 5 зірок. Оцінка будинків (без урахування інтер'єру):

 – здається не менше ніж 42 м² житлової площі з окремими спальнею (однією або двома), вітальнею і кухнею, камін. Гігієнічний вузол: душ, ванна, власна сауна, окремий туалет. Уся побутова техніка (електроплита, холодильник/морозильна камера, пральня і посудомийна машини, мікрохвильова піч);

 – здається не менше ніж 24 м² житлової площі з окремими спальнею (однією або двома), вітальнею і кухнею (додаткові ліжка можуть розташовуватися на даху), камін. Гігієнічний вузол: душ, ванна, власна сауна, окремий туалет, побутова техніка;

 – здається не менше ніж 24 м² житлової площі з окремими спальнею, вітальнею/кухнею (додаткові ліжка можуть розташовуватися у вітальні і на даху), камін. Гігієнічний вузол: власна сауна, окремий туалет, телевізор, електроплита, холодильник;

 – здається не менше ніж 12 м² житлової площі з окремими спальнею та вітальнею/кухнею, де розташовуються додаткові ліжка, зовнішній туалет, піч на дровах чи газова плита, телевізор, холодильник;

 – здається не менше ніж 12 м² житлової площі. Нафтова лампа чи газове освітлення, зовнішній туалет, піч на дровах чи газова плита. Зберігання продуктів у холодному підвалі.

У Швеції та Франції рівень якості послуг закладів сільського (зеленого) туризму визначається за допомогою символу пшеничного колоска (рис. 4).



Рис. 4. Символ якості послуг закладів сільського туризму у Швеції та Франції

Два пшеничних колоски означають мінімальний прийнятий рівень сервісу що відповідає стандартам EuroGites. Чотири колоски пшениці означають найвищий рівень сервісу. Категоризація гостинних садиб Словенії має символ яблука (рис. 5).

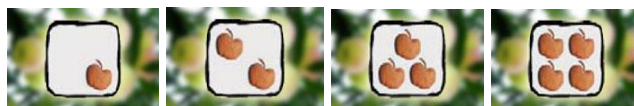


Рис. 5. Символ якості послуг закладів сільського туризму у Словенії

Зображення одного яблука означає мінімально облаштовані кімнати з ванною і туалетом на поверсі. Садиби з чотирма яблуками передбачають: наявність великих, комфортабельних кімнат з власною ванною кімнатою; доступ до надвірної зони (тераси,

балкони); додатковий сервіс та зручності (тенісний корт, басейн, конюшня); спеціальні тур програми. У Чехії затверджена категоризація від 1-4 зірок (рис.6).



Рис. 6. Символ якості послуг закладів сільського туризму у Чехії

* Tourist – гостьовий будинок, який є частиною сімейного житлового будинку;

** Economy – окремий будинок, здається кімната з диваном і міні-кухнею обладнана для тимчасового розміщення гостей;

*** Standard – окремий об'єкт розміщення (визначається як будівля для сімейного відпочинку), призначений для індивідуальних місць з відпочинком, санітарним вузлом і міні-кухнею;

**** First Class – будинок як мінімум з 2 і максимум 4 житловими кімнатами, санітарним вузлом, кухнею, вітальнею, лазнею або басейном.

В Іспанії існує поділ нічліжних закладів, розташованих у сільській місцевості, які підлягають оподаткуванню як суб'єкти агротуристичного підприємництва, на такі три класи:

HR (hotel rural) – сільський готель;

CA (castillo) – садиба в історичному помісті;

CR (casa rural) – сільський будинок [10].

Рівень закладу сільського (зеленого) туризму в європейських країнах має об'єктивний характер, відповідність присвоєння категорії контролюється державою.

Проведення категоризації садиб сільського зеленого туризму області використовується як маркетинговий інструмент, збільшує популярність садиби серед туристів. Доцільним було б запровадження єдиної добровільної категоризації для сільських садиб Івано-Франківської області. Це дасть змогу у прозорості пропозиції для клієнта, контролю якості туристичного продукту, різноманітності пропозиції туристичних послуг та різницю в ціні. Можна запропонувати першу, другу та третю категорії нічліжних закладів (рис. 7):



Рис. 7. Символ якості послуг садиб першої, другої та третьої категорій в Івано-Франківській області

Перша категорія - простий будинок, базові умови проживання. Душ, ванна та туалет загальні. Вимоги: освітлення та ознакування; задовільний стан оселі й подвір'я; наявність аптечки, туристичної інформації та інструкції з пожежної безпеки.

Окрім цього, у господарствах згаданої категорії мають бути: утримуваний під'їзд, місце для паркування транспортних засобів, ізоляційні та оздоблювальні зелені насадження, місце для розведення вогню, доступ до телевізора.

Друга категорія - вимоги як у попередньої категорії та додатково: щонайменше 50% кімнат з власним санітарним вузлом.

Третя категорія - вимоги, як для попередньої категорії, та додатково:

- щонайменше 90% кімнат із санітарним вузлом;

- житлова площа для однокімнатної кімнати 10 м², або 14 м² для двокімнатної кімнати.

Надання відповідної категорії зобов'язує до:

- встановлення на будинку та розміщення у популяризаційних матеріалах знаку (лого) спілки та символу, який визначає стандарт садиби;
- встановлення цін відповідно до призначеної категорії, загалом — вищих.

Переваги категоризації для виробника послуг:

- визначений стандарт дає змогу планувати розвиток;
- вірогідна інформація — менше реклаमाцій, задоволений клієнт;
- вірогідна оцінка — вірогідний виробник послуг;
- право розмішувати пропозицію у популяризаційних матеріалах, які співфінансуються з бюджетних ресурсів і засобів Спілки сприяння розвитку сільського туризму;
- можливість представлення пропозиції на вітчизняних і закордонних ярмарках;
- можливість презентації своєї пропозиції у системах туристичної інформації;
- можливість приналежності до системи бронювання туристичних пропозицій;
- реалізацію своєї пропозиції у пунктах продажу;
- заохочення власників до категоризації за умови безкоштовної утилізації відходів перші 2 роки;
- зниження ціни на оподаткування перші 2 роки.

Для клієнта:

- прозоре визначення стандартів;
- вірогідна інформація, попередньо перевірена;
- полегшення прийняття рішення про купівлю пропозиції;
- почуття безпеки.

Для сільського туризму в Україні, у тому числі всіх агротуристичних господарств: отримання вірогідності завдяки прозорому визначенню стандартів й функціонуванню професійної інспекції та нові можливості на регіональному, вітчизняному й закордонному ринках.

Система якості сільської нічліжної бази гарантуватиме відповідність пропонованої послуги декларованому рівню, сприятиме тому, що українське село стане бажаною метою здійснення подорожі.

Перша категорія присвоюється сільській садибі, якщо вона відповідає 60% вимогам; друга категорія присвоюється, якщо садиба виконала всі умови понад 70%; третя категорія, якщо садиба відповідає понад 85% вимог. Для того, щоб власники сільських зелених садиб не втратили інтерес до прагнення одержати певну категорію для свого закладу, їм надається термін впродовж 2 років удосконалити облаштування інтер'єру та присадибної ділянки, що в подальшому збільшить відповідність садиби вимогам кожної із категорій. Сертифікат та символ відповідної категорії видається на три роки з моменту присвоєння. Присвоєна категорія має право перевірятися на відповідність туристичної садиби вимогам рекомендованого стандарту категоризації.

Висновки та перспективи досліджень. Запропоновані зміни щодо вдосконалення категоризації і її процедури впровадження, які стосуються благоустрою території садиби, приміщень, технічного устаткування. Доопрацьовано пункти оснащення кімнат меблями та інвентарем, а також санітарно-гігієнічні вимоги садиб. Введено перелік основних та додаткових послуг, які можуть надаватися приватною садибою. Впроваджено вимоги щодо екологічного стану присадибної ділянки та охорони довкілля.

У світі категоризація має за мету визначення й приведення до уніфікованих стандартів надання послуг з розміщення, і є одним із найбільш дієвих інструментів розвитку екологічного туризму. Вона є управлінським інструментом здійснення контролю за якістю пропозицій туристичних господарств і є добровільною для здійснення. Садиби, які пройшли процедуру категоризації гарантують високу якість послуг, охочіше відвідуються екологічно свідомими туристами.

Література

- 1 Рутинський М.Й. Сільський туризм/ М.Й. Рутинський, Ю.В. Зінько. – К.: Знання, 2006. – 271 с.
- 2 Бедзір В.О. Відчуйте на собі Закарпатську гостинність/ В.О. Бедзір. Ужгород: Карпати, 2008. – 127 с.
- 3 Шпеник Т.К. Особливості політики ціноутворення в сільському (зеленому) туризмі/ Т.К. Шпеник // Галицький економічний вісник. – 2013. – №4(43). – с.172 – 178 – (фінансово-обліково-аналітичні аспекти)
- 4 Кудла Н.Є. Розвиток сільського туризму Карпатського регіону/ Н.В.Кудла – Львів: Львівський інститут економіки і туризму, 2015. – 5-7 с.
- 5 Борисенко Ю.В. Оцінка стану підприємництва у сфері сільського зеленого туризму/ Ю.В. Борисенко. Львів: Світ, 2012. – 127 с.
- 6 Закон України «Про особисте селянське господарство» станом на 15.05.2003 р./ Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Парлам. вид-во, 2003. – 232 с. – (Бібліотека офіційних видань)
- 7 Проект Закону України «Про сільський та сільський зелений туризм» станом на 23.10.2003 р./ Верховна Рада України.- Офіц. вид. – К.: Парлам. вид-во, 2003. – 22 с. – (Бібліотека офіційних видань)
- 8 Стецюк О.М. Суспільно-географічний аналіз розвитку сільського туризму Івано-Франківської області/ О.М. Стецюк. Львів: Світ, 2015. – 105 с.
- 9 Оновлена Програма добровільної категоризації у сфері сільського зеленого туризму «Українська гостинна садиба» / ГО «Спілка сільського зеленого туризму України», 2017. – Режим доступу: [http:// www.greentour.com.ua/posluga](http://www.greentour.com.ua/posluga)
- 10 Європейський досвід організації сільського зеленого туризму/ Все про туризм. Туристична бібліотека, 2017. – Режим доступу: <http://infotour.in.ua/siltur2.htm>

© О. В. Побігун

*Надійшла до редакції 10 травня 2018 р.
Рекомендувала до друку
докт. техн. наук Л. М. Архипова*

ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ВИХОВАННЯ

УДК 37.01

*Е. Б. Хоботова**Харківський національний
автомобільно-дорожній університет*

ВИХОВНА РОБОТА ПРИ ВИКЛАДАННІ ЕКОЛОГІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Наведено досвід вдосконалення методів виховання патріотизму та підвищення професійного рівня студентів на навчальних заняттях, прищеплення культури трудової і професійної діяльності, формування екологічної культури, здорового способу життя та навичок безпечної життєдіяльності. Показано, що підвищення ефективності виховної роботи можливо при її проведенні невідривно від процесу навчання і наукової роботи студентів. Наведено приклади щодо діяльності видатних вітчизняних вчених, розробок українських інженерів і досягнень галузей промисловості, що розширює науково-теоретичну базу студентів, підвищує професійний рівень знань і виховує патріотизм.

Ключові слова: виховна робота, патріотизм, наукова робота, професійний рівень знань, екологічна культура.

The experience of perfection of methods of patriotism education and increase of students professional level at training sessions, inculcation of culture of labor and professional activity, formation of ecological culture, healthy way of life and habits of safe vital activity are resulted. It is shown that the increase in the effectiveness of educational work is possible when it is carried out inseparably from the process of teaching and scientific work of students. Bringing examples from the activities of outstanding domestic scientists, the development of Ukrainian engineers and the achievements of industries extends the scientific and theoretical base of students, increases the professional level of knowledge, educates patriotism and shapes ecological culture and life safety skills.

Keywords: educational work, patriotism, scientific work, professional level of knowledge, ecological culture.

Постановка проблеми. Поглиблення світогляду студентів і підвищення професійної підготовки фахівців ґрунтується на результатах розвитку вітчизняної системи освіти. У зв'язку з цим виховна робота – це невід'ємна частина діяльності викладачів вищої школи. Метою виховної роботи є виховання високопрофесійної, творчої, морально зрілої та соціально компетентної особистості, активізація самореалізації та самовдосконалення молодих громадян України з установкою на майбутню професійну діяльність [1]. Організація і зміст виховної роботи повинні бути адаптовані до специфіки студентських колективів та орієнтовані на самоосвіту і самовиховання майбутніх фахівців [2-5].

Аналіз літератури. Основний час для проведення виховної роботи – це кураторські години, збори студентів, бесіди, зустрічі з представниками правоохоронних органів, учасниками бойових дій, екскурсії, конференції, засідання наукових гуртків, творчі заходи та заходи, приурочені до пам'ятних дат [6]. Однак виховна робота не повинна обмежуватися тільки позааудиторною діяльністю, можливо, і необхідно проводити її невідривно від процесу навчання [7, 8]. Зміст досліджуваних, перш за все, гуманітарних предметів (педагогіка, психологія, філософія, культурологія, політологія та ін.) формує загальну і професійну культуру, надає студентам знання, що допомагають

стати всебічно розвиненою особистістю, здатною адекватно брати участь в соціальному житті після закінчення університету, створювати наукою світогляд [9, 10]. Тому, в першу чергу, в зміст дисциплін гуманітарного циклу необхідно включити теми, присвячені патріотичному вихованню, підвищенню громадянської культури студентів.

У Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті (ХНАДУ) виховна робота виконується відповідно до основних розділів програми виховної роботи ВНЗ, відповідно до планів кафедр. Результативність виховної роботи досягається за рахунок об'єднання зусиль керівництва ХНАДУ, професорсько-викладацького складу кафедр, відділів та служб у створенні єдиного виховного поля і забезпеченні безперервності виховного процесу з усіма категоріями студентів і аспірантів [5, 10-12]. Важливою умовою ефективності подібної діяльності є єдність планування виховної та освітньої роботи.

Невирішені питання. Залишаються повністю невирішеними питання вдосконалення методів виховання патріотизму та підвищення професійного рівня студентів на навчальних заняттях, прищеплення культури трудової і професійної діяльності, об'єднання наукової роботи студентів і виховної діяльності, формування екологічної культури, здорового способу життя та навичок безпечної життєдіяльності.

Мета роботи – обмін досвідом щодо підвищення ефективності виховної роботи, проведеної невідривно від процесу навчання і наукової роботи студентів.

Виховання патріотизму та підвищення професійного рівня студентів на навчальних заняттях. Виховна робота повинна проводитися при читанні лекцій, проведенні практичних занять, лабораторних робіт, навчальних та виробничих практик, в ході індивідуальних консультацій. На лекціях викладач може ознайомити студентів з цікавими фактами з життя видатних учених, розповісти історію відкриттів в науці або винаходів, навести приклади досягнень вітчизняної науки [13, 14]. На практичних заняттях та лабораторних роботах можна уявити приклади використання відкриттів науки на практиці і їх впровадження у виробництво. Як приклад можна привести ілюстративний матеріал, який використовується на лекціях з окремих екологічних дисциплін. В курсі загальної екології можна привести приклад вітчизняної розробки екологічного палива з деревних відходів як приклад альтернативного палива (рис. 1). Екологічну спрямованість має розробка пневмоавтомобіля харківським інженером Олегом Збарським (рис. 2).



Екологічне паливо запропонував інженер із Славутича Володимир Мельников. Він розробив і здійснив техпроцес отримання паливних брикетів з відходів деревини. Піч під надвисоким тиском розігріває тирсу до 300 градусів, внаслідок чого утворюється рослинний клей. Вміст пресується під тиском. За своїми властивостями паливні

Рис. 1. Екологічне паливо з відходів деревини

При вивченні видів іонізуючих випромінювань в курсі «Радіоекології» студентам

корисно дізнатися, що справжнім першовідкривачем Х-променів, які згодом отримали назву рентгенівського випромінювання, був не В. Рентген, а український вчений Іван Пулюй (рис. 3).



Екоавтомобіль, що працює на повітрі
Інженер з Харкова Олег Збарський на основі «Жигулів» створив пневмоавтомобіль, що працює на стисненому повітрі (2009 р.). Швидкість руху машини 40 км/год, шкідливі відпрацьовані гази відсутні, так як автомобіль виділяє повітря. Розподільчий вал замінений спеціально виготовленим валом, карбюратор - кульовим краном, через який з балонів в двигун подається стиснене повітря. Змінення режиму роботи автомобіля на стиснене повітря здійснюється за 1 годину. Недоліком розробки є те, що з собою необхідно возити громіздкі балони. Двох балонів вистачає на 10 км траси. В перспективі інженер планує повне змінення роботи харківських мікроавтобусів, для чого на певній відстані необхідно встановити компресорні станції.

Рис. 2. Розробка пневмоавтомобіля



- **Відкриття Х-променів**
Загальновизнано, що першовідкривачем Х-променів (рентгенівських променів) є В. Рентген, за що він і отримав Нобелівську премію в 2001 р. Мало кому відомо, що за 14 років до відкриття Рентгена український вчений Іван Пулюй сконструював трубку, яка продукує Х-промені. Ця трубка стала прообразом сучасних рентгенівських апаратів. І. Пулюй проаналізував природу і механізми виникнення Х-променів і отримав з їх допомогою якісні знімки людського скелета. Його роботи були опубліковані.

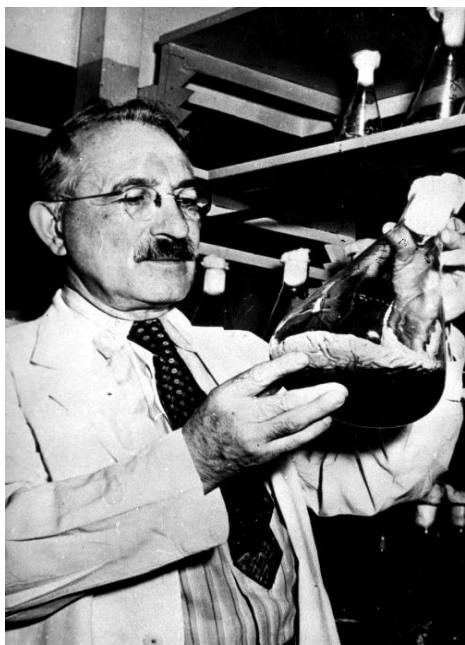


Рис. 3. Відкриття Х-променів І. Пулюєм

В курсі дисципліни «Екологія людини» при вивченні розділу «Здоров'я людини на сучасному етапі» можна познайомити студентів з історією деяких найбільших відкриттів, що сприяють продовженню людського життя і боротьбі з важкими захворюваннями. Наприклад, Зельман Абрахам Ваксман (США) відкрив стрептоміцин - антибіотик, який використовується в лікуванні туберкульозу (рис. 4). Батьківщиною Ваксмана була Україна.

Навчальна і виробнича практика студентів повинні бути організовані таким чином, щоб в максимальному ступені ознайомити студентів з сучасними вітчизняними досягненнями науки і техніки, показати передові виробничі підприємства, сучасні технології.

Важливим питанням є організація виховної роботи при самостійній роботі студентів (СРС). Методична література для СРС, яка розробляється, повинна включати виховні аспекти, сприяти формуванню професійних навичок майбутніх фахівців [15].



Уродженець міста Прилуки (Чернігівщина) Зельман Ваксман (1888-1973) зробив значимий внесок в перемогу над туберкульозом. Помітивши, що туберкульозні палички гинуть в ґрунті, Ваксман зробив висновок, що зникнення бацил пов'язано з мікробним антагонізмом. Для речовин, що продукуються бактеріями і вбивають інші мікроорганізми, він запропонував назву «антибіотики». У 1943 р Ваксман отримав потужний антибіотик стрептоміцин, який синтезується грибами з групи актиноміцетів. У 1952 році З. Ваксмана удостоїли Нобелівської премії в області фізіології і медицини «за відкриття стрептоміцину - першого антибіотика, ефективного при лікуванні туберкульозу».

Актиноміцети

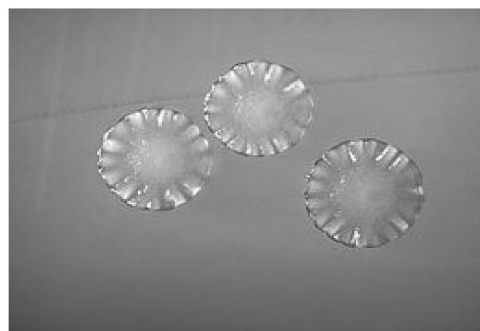


Рис. 4. Відкриття стрептоміцину

Виховання культури трудової і професійної діяльності. Важливим розділом виховної роботи у ВНЗ є заходи, спрямовані на формування професійної відповідальності, трудове виховання [10, 11], що допоможе нашим майбутнім фахівцям пристосуватися до інтелектуальної конкуренції, яка зараз існує на ринку праці, дасть переваги при зарахуванні на роботу.

У процесі навчальних занять в групах проводяться бесіди про правила і норми поведінки в навчальному закладі, роз'яснюються правила внутрішнього розпорядку університету, проводиться бесіда про дисциплінарну відповідальність учнів, працьовитість, сумлінне ставлення до навчання і прагнення досконало опанувати обрану спеціальність. Обговорюються питання навчальної та побутової дисципліни, правила поведінки в гуртожитку. Виконується аналіз успішності і відвідування занять і лекцій.

Зі студентами регулярно проводяться бесіди з метою виховання сучасного інженера-професіонала, про його моральне обличчя, необхідність виконання обов'язку перед суспільством, працевлаштування відповідно до обраної спеціальності [10]. Для забезпечення набуття студентами професійних навичок інженерів особлива увага приділяється оволодінню умінням етичного спілкування з молодшими технічними працівниками і робітниками. Виховна робота проводиться в ході проведення навчальних та виробничих практик. Виробничі практики проводяться на провідних підприємствах міста і області та в організаціях за обраною спеціальністю.

Єдність наукової роботи студентів і виховної діяльності. Студенти беруть активну участь в науково-дослідній роботі і залучаються до студентських наукових гуртків, робота в яких дисциплінує, дає можливість придбати додаткові знання і навички професійної діяльності. Завданнями роботи студентських наукових гуртків є: систематизація, закріплення і розширення отриманих при навчанні теоретичних знань; оволодіння практичними навичками самостійного вирішення поставлених завдань з виконанням експериментальної частини роботи і використанням різноманітних експериментальних методів і комп'ютерної техніки; професійне використання інформаційних технологій; розвиток і вдосконалення навичок роботи з вітчизняною і зарубіжною науковою літературою, включаючи патентну документацію; розвиток і поглиблення розрахунково-аналітичних навичок [16, 17].

На засіданнях студентських наукових гуртків обговорюються актуальні питання теорії і практики певної дисципліни, результати проведених наукових досліджень, готуються наукові доповіді для виступів. Результати студентських наукових робіт представляються на наукових конференціях і конкурсах студентських науково-дослідних робіт різного рівня. Щорічно в ХНАДУ проводиться квітнева студентська наукова конференція, в якій бере участь велика частина студентства. Конференція охоплює всі кафедри університету і є ефективним засобом при обміні досвідом, постановки дослідницького експерименту і науковими результатами. Захист результатів своєї наукової роботи на подібних заходах дозволяє придбати ораторські навички, вміння вести дискусію, відстоювати свою думку і т.д.

Розширення можливостей для наукової роботи студентів у ВНЗ можна показати на прикладі кафедри технології дорожньо-будівельних матеріалів і хімії ХНАДУ (ТДБМіХ). На кафедрі розвивається кілька наукових напрямків, в розробці яких беруть активну участь студенти. Певні наукові напрямки мають екологічну спрямованість. Експериментальною базою є навчальні та науково-дослідні лабораторії. Першою сходинкою в розвитку творчих наукових здібностей студентів є участь в науково-дослідній роботі (НДРС) на прикладі студентських наукових гуртків. Наукова робота студентів допомагає виробити відповідальність, розвиває творче і характерне мислення, що дозволяє розраховувати і оцінювати майбутні результати за початковими умовами, формує самостійність при вирішенні конкретних завдань, надає навички експериментальної діяльності, підвищує активність студента в оволодінні теоретичними знаннями. Велика частина учнів, залучених до студентських наукових гуртків, мають високу успішність, ерудовані, здатні до самостійної роботи, проведення досліджень і узагальнення отриманих результатів у вигляді тез доповідей або статті невеликого обсягу. В ході виконання експерименту студенти освоюють сучасні фізико-хімічні методи дослідження, займаються пошуком зразків для досліджень, беруть участь в постановці мети і задач наукової роботи, безпосередньо виконують експериментальну частину роботи, беруть активну участь в обговоренні результатів та плануванні перспективних досліджень.

В рамках наукового напрямку «Дослідження закономірностей розчинення міді і її сплавів у розчинах різного складу і розробка ресурсозберігаючих способів регенерації стічних вод, що містять іони важких металів» студенти залучаються до досліджень з розвитку теорії розчинення металів і розробки способів очищення промислових стічних вод. Прикладна спрямованість робіт дозволяє розвивати у студентів не тільки якості вченого, а й винахідника. Результати студентських наукових досліджень складають експериментальну основу для розробки технологій регенерації, переробки відпрацьованих травильних розчинів і інших стічних вод і утилізації з них корисних компонентів. Студенти вчаться практично реалізовувати результати фундаментальних наукових досліджень в технологічних процесах травлення міді і переробки відпрацьованих травильних розчинів з метою вилучення з них витравленого металу і повернення розчинів їх початкових травильних властивостей; розробляти замкнуті цикли "Травлення - регенерація", що володіють якостями ресурсо- та енергозбереження, практичною відсутністю відходів.

Кращі студентські наукові доповіді та статті як приклад результатів перших кроків у науці розташовані на сайті кафедри. Інші студенти в будь-який момент можуть ознайомитися з суттю досліджень, обговоренням і інтерпретацією результатів наукових досліджень, структурою наукової роботи, обґрунтуванням розроблених рекомендацій і прогнозуванням подальших наукових досліджень. Важливим моментом є розміщення на електронному порталі наукових статей викладачів кафедри як зразка наукової творчості. Такий підхід має важливе виховне значення.

Найвищим досягненням наукової роботи студентів є впровадження кінцевих результатів досліджень на виробництві. Впроваджений в практичне використання

розроблений спільно зі студентами спосіб виробництва шлакопортландцементу, який узагальнює дослідження властивостей відвальних доменних шлаків.

У співавторстві зі студентами отримано 7 патентів на корисну модель і 4 свідоцтва на авторське право на способи і методики, які вирішують проблеми екології.

Формування екологічної культури, здорового способу життя та навичок безпечної життєдіяльності. На першому занятті в навчальних лабораторіях ХНАДУ виконується інструктаж з охорони праці та техніки безпеки.

Студенти беруть активну участь у щорічних заходах, присвячених Чорнобильській катастрофі, готують презентаційні та інформаційні матеріали, беруть участь в семінарах і конференціях. Студенти залучаються до тематичних бесід в рамках єдиних днів здоров'я: «Всесвітній день здоров'я» «Міжнародний день людей похилого віку»; «Всесвітній день некуріння. Профілактика онкологічних захворювань»; «Всесвітній день без тютюну». Основними темами їхніх виступів є: «Шкода тютюнопаління», «Організація раціонального харчування», «Профілактика захворювань способу життя», «Як уникнути хвороб дезадаптації?», «Біологічні ефекти і віддалені наслідки дії радіації».

Організуються зустрічі і бесіди провідних фахівців м. Харкова по екологічним проблемам міста і регіону.

Для підвищення ефективності виховної роботи особлива увага приділяється питанням необхідності активного відпочинку, планування робочого часу, важливості дбайливого ставлення до навколишнього середовища, формування навичок здорового способу життя, профілактики шкідливих звичок і залежностей (алкоголь, куріння, наркотики, психотропні засоби) [1, 6, 8]. У зв'язку з цим для студентських колективів проводяться лекції, зустрічі та бесіди, показ відеоматеріалів, які роз'яснюють шкоду і згубні наслідки наркоманії та вживання токсичних речовин і психотропних засобів. Студенти ставляться до відома про відповідальність не тільки за вживання, а й за придбання та зберігання зазначених препаратів. Подібна робота вимагає від викладачів попереднього вивчення рівня інформованості студентів про питання вживання наркотиків і токсикантів.

Екологічна культура прищеплюється студентам під час занять з багатьох дисциплін і всього процесу їх життєдіяльності в ХНАДУ. Як приклад ефективного поєднання наукової та виховної роботи можна привести організацію наукових досліджень студентів згідно з науковим напрямом кафедри ТДБМіХ «Дослідження компонентів техногенно-зміненого радіаційного фону». Студенти вивчають радіоактивні властивості будівельних матеріалів, відходів виробництва, що використовуються як наповнювачі багатокомпонентних бетонів, що в підсумку може збільшувати радіаційний фон в приміщеннях. Вони визначають питомі активності радіонуклідів, розраховують дози гамма-випромінювання в приміщеннях різної геометрії, визначають величини дозових навантажень від вдихання радону, що виділяється будівельними матеріалами. Частиною студентської наукової роботи є розрахунок впливу вентиляції на об'ємну активність радону в повітрі приміщень. Для радіоекологічних досліджень використовують гамма-спектрометр з програмним забезпеченням і дозиметри. Студенти проводять радіаційне ранжування будівельних матеріалів, роблять висновки про можливість їх використання в тих чи інших видах будівництва, розробляють рекомендації щодо кількісного вмісту шлаків в шлакобетонах з урахуванням дотримання норм радіаційної безпеки. Такий вид творчих досліджень студентів дозволяє їм набути навичок майбутньої професійної діяльності в галузі екологічного аудиту, експертизи та паспортизації підприємств будівельної галузі, екологічного моніторингу навколишнього середовища. Результати проведених наукових досліджень поповнюють банк даних екологічної інформації по радіаційним характеристикам будівельних матеріалів, відходів промисловості і радіаційному фону всередині приміщень.

Висновки. Показано, що підвищити ефективність виховної роботи можна при її проведенні невідривно від процесу навчання і наукової роботи студентів. За допомогою

прикладів щодо діяльності видатних вітчизняних вчених, розробок українських інженерів і досягнень галузей промисловості можна розширити науково-теоретичну базу студентів, підвищити професійний рівень знань, виховати патріотизм і сформувати екологічну культуру і навички безпеки життєдіяльності.

Література

- 1 Поляков М.В. Виховання молоді в системі університетської освіти // Думки, підказані серцем. / Ідея та заг. ред. М.В. Полякова; авт.-упоряд. В.В. Іваненко, Н.П. Олійник. – Д.: Вид-во ДНУ, 2011. – 113 с.
- 2 Кузнецов В. И. Принципы активной педагогики/ В. И. Кузнецов. М.: Акад., 2001. – 120 с.
- 3 Кукушин В. С. Теория и методика воспитательной работы: учеб. пособие / В. С. Кукушин. Ростов н/Д: МарТ, 2002. – 320 с.
- 4 Маленкова Л. И. Теория и методика воспитания: учеб. пособие / Л. И. Маленкова. М.: Пед. о-во России, 2002. – 480 с.
- 5 Ненастина Т.А. Современные тенденции развития высшего образования // *Materialy V Miedzynarodni vedecko-prakticka konference "Moderni vymozenosti vedy – 2009"*, Praha, 2008. – P. 5-7.
- 6 Сумина Т. Г. Теория и методика воспитательной работы: курс лекций / Т. Г. Сумина Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2010. – 124 с.
- 7 Бордовская Н. В. Педагогика: учеб. для вузов / Н. В. Бордовская, А. А. Реан. СПб.: Питер, 2001. – 304 с.
- 8 Методика воспитательной работы/ А. Байкова [и др.]; под ред. В. А. Сластенина. М.: Акад., 2002. – 144 с.
- 9 Вигранюємо особистість, патріота... Штрихи до картин сучасного виховання молоді та портретів вихователів: статті та нариси / Ідея та загальна редакція В.В. Іваненка; автори-упорядники В.В. Іваненко, Н.П. Олійник. – Дніпропетровськ, 2015. – 192 с.
- 10 Хищенко Н.Л., Даценко В.В. Нравственное воспитание студентов в высших учебных заведениях // *Materialy V Miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji "Naukowa przestrzen Europy – 2009"*. Vol. 11. Pedagogiczne nauki. Przemysl, 2009. – P. 22-24.
- 11 Даценко В.В. Формирование профессионального мышления у будущих специалистов при изучении дисциплины "Химия" в высших учебных заведениях // *Materialy V mezinarodni vedecko-prakticka konference "Nastoleni moderni vedy-2009"*. Dil 6. Pedagogika. Praha, 2009. – P. 70-71.
- 12 Хоботова Э.Б. Расширение возможностей проведения научной работы студентов в технических ВУЗах // *Новий колегіум*. – 2010. № 1-2. – С. 56-62.
- 13 Хоботова Э.Б. Совершенствование фундаментального химического образования в технических ВУЗах // *Новий колегіум*. – 2011. – № 3. – С. 39-45.
- 14 Даценко В.В. Підвищення ефективності навчання хімії у технічному ВНЗ // *Педагогіка і психологія професійної освіти*. – 2013. – № 5. – С. 104-110.
- 15 Ненастина Т.А. Организация самостоятельной работы как формирование профессиональных навыков в техническом вузе // *Наукові праці ДонНТУ. Серія "Хімія і хімічна технологія"*. – 2013. – Вип. 2 (21). – С. 199-205.
- 16 Даценко В.В., Хоботова Э.Б., Уханёва М.И. Опыт организации научных исследований студентов в ХНАДУ // *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*. – 2011. – № 30-31. – С. 19-24.
- 17 Даценко В.В. Организация научно-исследовательской работы студентов в техническом ВУЗе // *Педагогіка*. – 2013. – № 5. – С. 101-105.

© Е. Б. Хоботова

Надійшла до редакції 22 січня 2018 р.

Рекомендував до друку

докт. техн. наук Я. О. Адаменко

THE ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL AWARENESS AMONG CHILDREN OF THE SECONDARY SCHOOL AGE

The fundamental elements of environmental education and awareness building at school have been analyzed. The implementation of environmental education in Ukraine was compared against foreign experience and the necessary elements of environmental education improvement have been described. The most efficient methods of the school environmental education improvement have been determined based on the results of the children questioning conducted. The factors having influence on the formation of environmental awareness have been defined and ranged according to their importance.

Keywords: environmental education, environmental awareness, natural resources management, secondary education, sustainable development, teaching methods.

Проаналізовано основні складові екологічної освіти та підвищення екологічної обізнаності у школі. Проведено порівняння реалізації екологічної освіти в Україні з іноземним досвідом та описані необхідні елементи покращення екологічної освіти. Визначено найбільш ефективні методи покращення шкільної екологічної освіти на підставі результатів опитування дітей. Визначені фактори, що впливають на формування екологічної обізнаності, та оцінено їх відносну важливість.

Ключові слова: екологічна освіта, екологічна обізнаність, управління природними ресурсами, середня освіта, сталий розвиток, методи навчання.

Introduction. Environmental education is a fundamental indicator of the development of the personality in the environmental sphere, which is a collection of available knowledge about the problems of ecology, about the features of nature protection, about person's rights and obligations in the field of environment protection. The formation of personal ecological culture and understanding of environment safety issues is the result of purposeful activities of the state and its institutions in ecological education of the population, including the dissemination of knowledge about environmental safety, information about the environment condition and intensity of the natural resources use. The environmental awareness of the personality is also the result of studying ecology in educational institutions, cultural institutions, museums, libraries, environmental organizations, sport and tourism organizations, other authorities involved in the environmental education and initiatives of the various groups of society [1, 2].

Problem formulation. The progress of science and technology on the one hand made it possible to satisfy all the needs of human society, but on the other hand it worsened the conditions of humans' existence. The critical condition of the modern environment is obvious to the vast groups of scientists and researches, unlike common population being aware about the presence of some problems, but believing they personally have nothing to do with the process of environment degradation. So, the way to the improvement of environment condition must also include the efforts invested in the development of environmental thinking through the mass environmental education and awareness. This will result in more responsible people's behavior and contribute to the efficient coexistence between natural environment and society. The success of this work depends predominantly on the next generations. Thus, **the aim of work** is identification of deficiencies in the level of environmental awareness among children of the secondary school age and development of recommendations for its development.

To achieve the aim of work, such tasks were set: to describe features of environmental education and awareness, compare environmental education in Ukraine and abroad, to conduct the questioning of children of the secondary school age and give recommendations for improving environmental education in Ukraine.

The analysis of previous research. The need for and importance of environmental education has been emphasized through a series of intergovernmental forums and documents since the 1970s as a strategy for addressing the growing trend of environmental problems: The UN Conference on Human Environment in Stockholm (UN, 1972), The Belgrade Charter (UNESCO, 1976), The Tbilisi Declaration (UNESCO, 1978), The Brundtland Report (WCED, 1987), The Rio Earth Summit (UNCED 1992) and the Johannesburg Summit (UN, 2002). For example, the need for environmental education was realized and emphasized at the United Nations Conference on Human Environment held in Stockholm in 1972 [1-5].

The environmental education is aimed at provision of better understanding of the natural world and applied knowledge about the support of environmental safety [6]. The goal of environmental education is to show the economic, social, political and ecological interdependence of the modern world, in which state and personal decisions and actions can have international consequences and guarantee or make impossible conservation and improvement of the environment [3, 6].

The first formulation of the goals of environmental education was presented in the Tbilisi Declaration at the Intergovernmental Conference on Environmental Education [3, 4]. These goals were amended by the UNESCO and UNEP to involve the principles of sustainable development and now include the following [3, 5]:

- to develop the understanding of interactions between various components of humans activity and environment at local to global levels;
- to give every person possibility, skills and knowledge to protect the environment;
- to foster new behavioral patterns contributing to the environment conservation.

The specific mechanisms of environmental education provision at various training levels were then considered in the works of numerous scientists, including M. Argunova, G. A. Bilyavsky, N. S. Kasimov, Y. L. Mazurov, A. P. Meshchaninov, N. A. Poustovit, N. M. Ridey, T. V. Saenko, S. M. Stepanenko, B. C. Tykunova, S. M. Shmal and others. However, these studies do not cover the modern issues of school children personal development and the resulted environmental awareness of children in the middle of their secondary education.

Despite the fact that public interest in environmental problems has increased rapidly in recent years, the level of environmental awareness generally remains very low, which acts as a barrier to the formation of ecological culture. Difficulties caused by the lack of attention in educational institutions to the environmental issues, environmental propaganda and events, and not sufficient level of economic development of the country. According to this, it was chosen to investigate the level of environmental awareness among children of the secondary school age, as they are the next generation in solving global environmental problems. The analysis of the environmental awareness may show the general trend in children environmental consciousness formation for choosing priority actions aimed at society sustainable development and improving environmental quality.

Secondary environmental education in Ukraine. Acquaintance of children with nature is carried out in various forms: in the classroom, observations in daily life, education in out-school groups and classes. The priority of general secondary environmental education is personal orientation, involving the creation of educational environment in which nature becomes a personal value to each pupil. This approach is carried out in three stages in accordance with the age of the children, scope and level of their knowledge and experience, psychological characteristics. Thus, secondary schools of the 2nd grade (grades 5-9) are designed to provide pupils with the basic level of environmental education, mastering the fundamentals of ecological culture. As a result pupils should learn the essence of ecology as a science and sphere of practical human activities, regularities of nature functioning; realize the priority of nature, the universal and objective character of natural laws; understand the influence of scientific-technical progress on the nature and causes of global environmental problems; know the ecological rights and duties of citizens of Ukraine; be able to evaluate the environment, adjust their own consumption and way of life to meet the potential of nature in its provision.

The literature on environmental education provides several ways of understanding and designing curriculum for environmental education, all having their strength and weaknesses:

1. Environmental education as an independent subject, which will be provided with its own syllabus, time allocated and testing procedures applied. However, environmental education has almost limitless body of knowledge and skills, which cannot be fit into the traditional subject framework. It is also problematic in terms of the need to build “green” attitude to life and “sustainable” thinking based on only one subject. In addition, not everybody may study it if learners have possibility to choose the subjects they want to study. The general criticism of this approach is seen in the feedbacks and works by international organizations and researches [1, 5, 8, 9].

2. Integration of environmental education into other subjects, so that it is a cross-curricular and multidisciplinary issue. This is a popular way, where a theme or topic is addressed in different subjects [4, 7, 10]. Successful integration of environmental education into the whole school curriculum will depend on the organization of the study process, aims of education, and socio-economic potential of a particular country. This approach will eventually form sustainable worldview of learners and enable them take an active and responsible role in the environment conservation. The intensity of environmental education introduction into training content varies from one subject to another. Thus, in some subjects environmental content is included as a content to be learnt (Natural sciences), while in others it has been included as a teaching and learning resource and learning tasks (for example, in Math).

3. Organization of the curriculum around significant issues and problems, when teachers and learners identify significant issues and problems without taking into consideration the boundaries between subject areas. The core of the education is based on issues rather than on topics. This will develop the ability of pupils to think and learn independently, and eventually develops desire to participate in the process of environment safety support throughout their life. The learning is traditional, as it is based on knowledge from different subjects, but it also opens to the learners the real interactions of people with the environment.

The most common method of the environmental education applied currently in Ukraine is the single subject teaching, which is comfortable to all teachers. However, the continuous work on improvement of school curriculum leads to gradual introduction of environmental elements into various subjects, but it is still far to go to reach issues-oriented training. As a result, environmental education content included in the subjects of Ukrainian secondary school is emphasized on teaching about the environment, but not teaching in the environment. Focus on the third dimension of education for the environment is minimal [4, 11]. To analyze the level of environmental awareness of school children the following survey was conducted.

Methods and materials. The questionnaire is a special method of collecting primary data asking a set of questions, each of which is logically connected with the central objective of the study [12]. The use of this method is complicated by the low reliability of the results, as the majority of people is inclined to try to look better that they really are when answering the questions. The development of questionnaires with different types of questions – both opened and closed, - increases the informative value of answers. Closed questions include pre-formulated answers, which makes it easier to respond and eliminates the possibility of misunderstanding, which is very important in the work with children. Open questions give possibility to display original ideas and expose valuable information or missed issues.

Based on the background of the study, the research included three groups of questions:

- What is more important?
- Could you ...?
- What would be happen if ... ?

In the first group, the focus is on children's understanding of environment, economy development and technical progress and their relative value for the society. It displays moral values and worldview of respondents in terms of nature exploitation.

The second group of questions is concerned with whether children are ready to do something for nature protection and improve the state of surrounding environment by giving up some elements of comfort and benefits.

The third questions focus on children's level of environmental knowledge at all. The questions involve logical chain that initially shows how well children are competent and aware of existing environmental problems (climate change, extinction of species, direct relationship of man with nature).

The study was based on the children of secondary school age (10-15 years), as this is the period of manifesting personal qualities of a child, formation of moral ideals and moral beliefs, at the same time it is still possible to get honest answers. Adolescence is characterized by critical thinking. Pupils of this age have larger demands for information and evidence and improve the ability to think abstractly, and, what is the most important, they start to understand the interaction of "cause – consequences".

The experiment involved children from two different localities: Kyiv (city, capital of Ukraine) - children from families with high economic prosperity, high living standards and opportunities for development; Ripky (small town in Chernihiv region) - families with average and low economic incomes. It was done to get results not only from the children who study in special schools, but also those from comprehensive schools. Also the level of welfare is one of the factors that affect the level of environmental education and awareness among children.

The survey involved 93 children, which responded to 3 different types of questionnaires. 89% questionnaires were correctly filled, 11 were spoiled. The age of participants was from 6 to 14 years. To conduct the comparative analysis of the results, statistical processing was applied

For the comparative analysis of the obtained results, children were divided into age groups from younger to senior for the first and the second surveys, the third survey covered only older children. An important issue is that during the questioning the children noted the increased attention and interest in the issues; they often asked questions and thus came to the logically correct answer.

Results and discussions. The questions from the group "What is more important?" required from children to choose one of two proposed aspects of nature conservation and improvement of the environment.

The general tendency of answers shows that most of children know and understand the problems associated with the environment: 75% children are willing to do something for nature, and they believe industry is one of the main causes of environmental pollution.

In spite of this, a number of questions that relate to the environment and the welfare or living standards, has shown the opposite: children are not ready and do not want, or understand the need to give up all the benefits in the name of nature. They also show the inclination to improve something that already exists instead of introducing alternative approaches.

Analysis and comparison of the obtained results shows that in most cases children chose the most effective method for solving environmental problems in favor of economic or social factors (prosperity and amenities). Thus, the general trend is that children choose economically beneficial option, that environmentally-friendly or rational for using.

The second survey "Could you...?" was related to the understanding personal influence on the environment. All questions were related to the rational use of natural and artificial resources, such as water, food, equipment, transport and other issues. Statistical analysis of the results shows that major part of children (55,6% respondents) are ready to reject some goods and services to save natural resources and to protect nature. But growing older, children loose interest to nature and environmental activities (or small children simply do not understand the seriousness of the issues). It might be worthwhile to analyze all age groups, to determine where the lack of environmental education starts, current research have showed the border line to be at the age of 9.

The 3rd part of the questionnaire, called "What would be happened if...?", was conducted in the form of open questions, where children voiced their thoughts and ideas about what will

happen if they change the ecosystem and natural components. Children had to answer 15 questions, some of which were even related in meaning. Since, the data were collected in two different locations: Kyiv (city) and town-village - Ripky, there is an opportunity to analyze the level of environmental education of children, respectively.

The general tendency of answers showed that the level of environmental knowledge and practices is higher in Ripky by an average of 10%, despite the fact that the children from the Kyiv schools were sufficiently educated and well-read. The results obtained from the children from Ripky may have been influenced by close contact with nature, where natural resources directly affect the way of life. The difference between the responses of children from different locations was expressed in the following components:

- the children from Kyiv gave more homogeneous answers, when the children from Ripky responded to the questions differently;
- children from the city are more likely to receive information materials and manuals on environmental problems and their solutions;
- way of life affects the ecological perception of a child in different ways.

Thus, it is necessary to improve the approaches to the environmental education implementation in school by moving to the integrated subject, interdisciplinary subjects and finally to issue related work. The most efficient would be participatory and innovative methods, namely field visits, group discussions, situation analysis, role playing, environmental games, field survey, project work, debates and panel discussions.

Visit to natural places provides the best opportunity to contact with the natural environment and develop investigative skills of pupils. Group discussion and debates addressing specific environmental issues will give possibility to express personal views and ideas, as well as understanding the opposite arguments. Situation analysis is valuable for developing the understanding of reasons and consequences interaction and acquiring experience on what should and shouldn't be done in nature management. Role playing is the utmost technique for getting experience of nature management decisions and real-life professional and social interactions in the field of nature protection and exploitation. Games and field surveys should be used to raise interest, provide new knowledge and developing understanding of nature. Based on this individuals or groups may undertake projects to collect information or study specific environmental problems. The use of these methods will raise the interest of students and the quality of teaching material, which is very important for the success of environmental education.

The survey has revealed the importance of factors, in line with educational issues, which have influence (in decreasing order) on the formation of the environment value perception:

- parents attitude to the nature, natural resources and their preservation;
- level of the school curriculum and training;
- financial position of families;
- level of information provision regarding environmental issues in mass media;
- personal characteristics (character, temperament, level of general knowledge).

As a result, we can state that it is important to conduct continuous environmental education. Meaning that improvement of adults awareness will lead to the improvement of children's perception of the world and environmental issues that exist in it.

Conclusions. The main objectives of environmental education and awareness were recognized International Convention more than 20 years ago; despite the fact that Ukraine is a participant of conventions, the implementation of these goals is not enough for a high level of environmental culture in Ukraine. As a result, school program disclose environmental problems insufficiently and do not contribute to the deep environmental education of children.

In order to assess the current level of environmental education among children of the secondary school age a survey was conducted involving respondents from capital city and small town in the age range from 6 to 15 years. the most common finding was that it is difficult for

children to find the causal relationships of environmental problems with human activity and further consequences of problems aggravation.

In the first survey, most children (75%) recognized that nature and its preservation is more important than infrastructure and economy. The children of the secondary school age interpret the use of alternatives, prospects and new technologies as a tool for the future.

In the second survey it was found that only 55.5% of children could refuse welfare or benefit of modern technology to preserve natural resources. Distribution and analysis of responses by age showed that the younger the child is, the easier he may abandon the majority of benefits. Older children are very dependent on comfort and daily devices.

The third survey showed that the level of environmental awareness and education is not very different between children from Kyiv and from the rural area.

The general trend of the obtained answers is that 67% children of the secondary school age are aware of environmental issues and their implications and significance of man as the main factor of environment degradation.

Environmental awareness has turned to be directly proportional to education and life position of parents who are an example to their children about the environment. In general, the resulted level of environmental education is almost the same, which indicates a unified school curriculum that is taught in the school.

The range of participatory methods was offered to improve the efficiency of environmental education for school age children, as well as the need to improve the level of environmental education of adults.

References

- 1 Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment. UN General Assembly. Stockholm, 1972.
- 2 Sleptchenko A.A. The Ukrainian Legislation about environmental education: general characteristics (Слепченко А.А. Законодавство України про екологічну освіту: загальна характеристика) : Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. 2005. 65-66. P. 84-87. (in Ukrainian)
- 3 Report on the Intergovernmental Conference on Environmental Education. UNESCO - UNEP. Tbilisi, 1977.
- 4 The assessment of environmental awareness of the secondary school learners in the Mabopane district. Potchefstroom, 2005. 93 p.
- 5 The Belgrade Charter: A Global Framework for Environmental Education. Belgrade: UNESCO. 1976.
- 6 Integrating environmental education in primary school education in Tanzania: teachers' perceptions and teaching practices. Åbo: Åbo Akademi University Press, 2011. 227 p.
- 7 Lee J., Williams M. Researching environmental education in the school curriculum: An introduction for students and teacher researchers : International Research in Geographical and Environmental Education. 2001. 10. P. 218 – 244.
- 8 Chuikova L.Yu. Concepts of ecological education, built on the idea of forming an ecological culture (Чуйкова Л. Ю. Концепции экологического образования, построенные на идее формирования экологической культуры) : Humanitarian researches. 2012. 2. P. 342–352. (in Russian).
- 9 Palmer J. Environmental Education in the 21st Century: Theory, Practice, Progress and Promise. London: Routledge, 1998. 304 p. doi:10.1017/S081406260000375X
- 10 Gough A. Education and the environment: policy, trends, and the problems of marginalization. Melbourne: The Australian Council for Educational Research, 1997. 204 p. doi: 10.14221/ajte.1998v23n1.7.
- 11 Hadzigeorgiou Y., Skoumios M. The development of environmental awareness through school science: Problems and possibilities : International Journal of Environmental & Science Education. 2013. 8(3). P. 405-426. doi: 10.12973/ijese.2013.212a.
- 12 Robottom I., Hart P. Research in Environmental Education: Engaging the debate. Geelong: Deakin University Press. 1993. 81 p.

© М. М. Радомська,
Ю. Г. Карташ

*Надійшла до редакції 25 квітня 2018 р.
Рекомендувала до друку
докт. техн. наук Л. М. Архипова*