

## ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

УДК 520:620

*Г. В. Кошлак, А. М. Павленко*  
*Івано-Франківський національний*  
*технічний університет нафти і газу*

### **ЗМЕНШЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ ВУГІЛЬНИХ ТЕС НА ДОВКІЛЛЯ (НА ПРИКЛАДІ БУРШТИНСЬКОЇ ТЕС)**

В статті проаналізовано проблему підвищення екологічної безпеки енергетичних об'єктів – ТЕС України, на прикладі Бурштинської теплової електростанції. Наведено результати досліджень якісного та кількісного впливу твердих відходів виробництва ТЕС на стан навколишнього середовища. Доведено, що в зонах впливу об'єкту теплоенергетики формуються несприятливі екологічні умови, які пов'язані із забрудненням атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих та ґрунтових вод Галицького району. Розроблено заходи для зменшення шкідливих викидів при спалюванні низькосортних видів вугілля.

**Ключові слова:** екологія енергетики, теплові електричні станції, техногенні відходи.

The article analyzes the problem of improving the ecological safety of energy facilities – TPP of Ukraine, using the example of the Burshtyn TPP. The results of studies of the qualitative and quantitative impact of solid waste produced by TPP on the state of the environment are presented. It is proved that unfavorable environmental conditions are formed in the zones of influence of the heat power engineering object, which are associated with the pollution of atmospheric air, ground, surface and groundwater in the Haltsky district. Measures have been developed to reduce harmful emissions from the burning of low grade coal species.

**Keywords:** ecology energy, thermal power plants, industrial waste.

**Постановка проблеми.** Об'єкти енергетики є безперервно діючими джерелами шкідливих викидів у навколишнє середовище. Екологічні проблеми та ризики пов'язані з довготривалою експлуатацією ТЕС за своєю актуальністю мають першочергове значення для оцінки ступеню впливу об'єктів підвищеної екологічної безпеки та визначення стратегії розвитку енергетики України. На сьогоднішній день стан генеруючого устаткування об'єктів теплової енергетики характеризується високим ступенем фізичного і морального зносу, а обладнання на багатьох теплових електричних станціях не відповідає сучасним екологічним вимогам. Використання українськими ТЕС вугілля низької якості, неефективний ступінь очищення димових газів призводить до збільшення об'ємів викидів шкідливих речовин в атмосферу.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідженням проблем екологічної безпеки територій, що знаходяться під впливом ТЕС присвячені наукові розробки [1–4], в яких детально проаналізовано основні чинники (хімічні, фізичні, біологічні та трансформації ландшафтів) техногенної небезпеки регіону та розроблено систему практичних заходів щодо управління регіональною екологічною безпекою. В роботах доведено та обґрунтовано, що основними факторами, які впливають на екологічну безпеку об'єкта (підприємства, регіону) є кількість забруднюючих речовин у димових газах, що надходять до атмосфери, стічні води промислових підприємств і тверді відходи (золашлаки, шлами). Оскільки технологія виробництва електроенергії пов'язана з перетворенням практично всіх витрачених матеріальних ресурсів і переважної частини енергії палива у відходи, що викидаються у навколишнє середовище, то як результат,

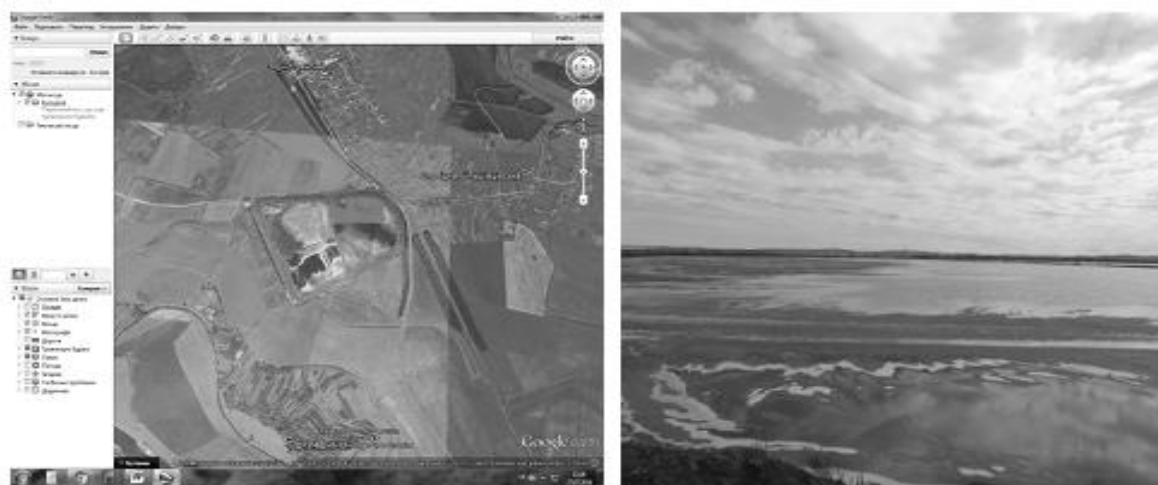
ТЕС, що працюють на органічному паливі, є потенційними джерелами антропогенного навантаження на навколишнє середовище.

Сучасний стан шкідливих забруднень в Україні об'єктами теплоенергетики в цілому перевищує нормативи ЄС у 5–30 разів, а також й діючі національні нормативи [5]. Масштаби техногенного впливу ТЕС на довкілля визначаються багатьма факторами і залежать від виду органічного палива, його якісних характеристик, рівня технологічних процесів спалювання, технічного стану обладнання, газоочисних установок та ін. Однією з причин підвищених показників забрудненості довкілля є використання низькоякісного вітчизняного вугілля на українських ТЕС з високими показниками зольності. В результаті спалювання вугілля в атмосферу викидається основна частка техногенного вуглецю у вигляді  $\text{CO}_2$ , близько 50%  $\text{SO}_2$ , 35%  $\text{NO}_x$  та пилу. Також димові гази містять СО (карбон(II) оксид, чадний газ) та токсичні органічні сполуки, включаючи бензо(а)пірен ( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ ), діоксини, летючу золу, оксиди сірки  $\text{SO}_x$  (сульфур IV та сульфур VI оксиди), оксиди азоту  $\text{NO}_x$  (нітроген(II) та нітроген(IV) оксиди), деяку кількість фтористих сполук, а також газоподібні продукти неповного згоряння палива. Викиди димових газів, що містять часточки золи, легко розповсюджуються на значні відстані та потрапляють в легені людини і є дуже небезпечними. Найбільшу шкоду здоров'ю завдають дрібні зважені часточки діаметром до 2,5 мкм, які при сприятливих погодних умовах утворюють аерозолі. За даними М. С. Гольденберга, при шаровому спалюванні тільки 3% часточок, що викидаються через димові труби мають  $d < 10$  мкм, а при пилевугільному – не менше ніж 20–45%. Ці часточки можуть потрапляти глибоко до легень, викликаючи цілу низку різноманітних захворювань. При фотохімічних і патологічних реакціях в атмосфері утворюються оксиди  $\text{NO}_x$  та  $\text{SO}_x$ , які, в свою чергу, в повітрі при певних умовах можуть перетворюватися на кислоти та з опадами потрапляти у ґрунти і поверхневі води переважно у вигляді слабких розчинів сульфатної, нітратної, нітритної кислот. Зазвичай це явище може бути причиною корозії металу, підкислення ґрунтів, порушення життєдіяльності рослин. В результаті знижується продуктивність ґрунту, змінюється склад поживних речовин і ґрунтових мікроорганізмів. Фільтруючись у ґрунті, вода кислотних дощів виносить багато поживних речовин, таких як кальцій, магній, калій, натрій. А їхнє місце займають метали, які при високих концентраціях здатні порушувати біоценоз природних мікроорганізмів [4, 6], що негативно може позначитися на розвитку рослин. Не менш вагомим фактором впливу вугільних ТЕС на навколишнє середовище є викиди систем складування палива, його транспортування, пилоприготування та золовидалення [7]. При транспортуванні й складуванні, окрім пилового забруднення, можливе виділення продуктів окислювання палива. Для складування золошлакових відходів необхідно залучати великі території, які потребують значних експлуатаційних витрат. Відчужені техногенні ґрунти на довгий час є осередками нагромадження важких металів і підвищеної радіоактивності, які повітряним шляхом або ж з водою забруднюють біосферу. До того ж в результаті роботи ТЕС відбувається значне теплове забруднення водойм при скиданні в них теплої води, що супроводжується ланцюговими природними процесами: заростання водойм водоростями, порушенням кисневого балансу, що може становити загрозу екосистемі річок та озер.

У найбільш розвинених країнах Європи золошлаки є техногенною сировиною [7–11]. Електростанції здійснюють передпродажну підготовку, доводячи їх характеристики до вимог офіційних будівельних нормативних документів. Наприклад, у Нідерландах та Данії розроблена державна програма по освоєнню різних відходів, яка передбачає перехід на безвідходні технології всього комплексу промислових відходів. Проблему відходів ТЕС в Польщі вирішено підвищенням ціни на землі під золовідвали, тому вугільні електростанції мають доплачувати споживачам золи для зниження власних витрат на зберігання відходів. В Німеччині з 2005 року відмовилися від складування відходів, зберігання золи перед продажем здійснюється тільки в золосховищах. Тому вирішення проблеми екологічної безпеки техногенно навантажених територій, що

знаходяться під впливом ТЕС має бути одним із стратегічних завдань державної екологічної політики України.

*Особливості формування екологічної небезпеки в районі розташування теплових електричних станцій на прикладі Бурштинської ТЕС (БуТЕС).* Особливо шкідливими є конденсаційні електричні станції, що працюють на низькосортних видах палива [11, 12]. За даними останніх досліджень роботи ТЕС [13–15], за останні тридцять років доведено, що якість вугілля, яке надходить з українських родовищ, погіршилась: знизилась його калорійність з 20–21 МДж/кг, до 14–17 МДж/кг, зросла зольність та вологість. До числа таких станцій відноситься і Бурштинська ТЕС (БуТЕС). Бурштинська теплова електростанція збудована 1965–1969 рр., розташована біля міста Бурштин (Івано-Франківська область), проектна потужність її складає 2400 МВт. Згідно проекту, ТЕС була розрахована на спалювання кам'яного вугілля Львівсько-Волинського басейну з теплотворною здатністю від 5200 до 5600 ккал/кг, вмістом золи до 26% та вмістом сірки до 2%. Однак, з часом, електростанція почала спалювати вугілля інших вітчизняних паливних басейнів з теплотворною здатністю від 3500 до 4500 ккал/кг, вмістом золи до 40% та вмістом сірки до 6%. При спалюванні вугілля утворюються тверді відходи (зола і шлак) в середній кількості 100,7 тис. т. у рік. Паливний шлак і зола складаються на золошлаковідвали площею 204,6 га. Закритий золошлаковідвал №2 площею 69,8 га налічує п'ять карт і три – чотири дамби, висотою 10–12 м. Золошлаковідвал №3 має висоту 20–25 м, сформований із семи – восьми дамб і налічує чотири карти. Дамби мають ширину до 5 м, висоту відкосу 2,5–3,5 м. Складування золошлакових відходів здійснюється на діючому золовідвалі №3 площею 92,8 га, який розміщений в районі населених пунктів с.Поплавники, с.Демешківці, с.Слобідка (рис. 1).



**Рис. 1. Золовідвал №3 Бурштинської ТЕС**

На електростанції діє гідравлічна система видалення шлаку, а також повітряна і гідравлічна система видалення відповідно сухої і мокрої золи. Забір води для виробничого і господарсько-питного водопостачання на ТЕС здійснюється з р. Гнила Липа (ліва притока р. Дністра) зі спорудженим на ній водосховищем-охолоджувачем. Система технічного водопостачання – оборотна, напірна з повторним використанням стічних вод. Система гідрозоловидалення оборотна без скиду, а система гідрошлаковидалення – оборотна зі скидом надлишкових нормативно-чистих стічних вод в р. Гнила Липа [16].

Однією з основних проблем щодо охорони й раціонального використання водних і земельних ресурсів Галицького району залишається забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних вод через роботу вугільної теплоелектростанції. Золовідвали ТЕС збудовані як допоміжні споруди, майже без гідроізоляції та засобів усунення їх пиління, тому вони є об'єктами підвищеної небезпеки. Забруднення ґрунту навколо вугільних ТЕС відбувається шляхом рознесення пиловидної золи вітром, а також при інфільтрації її компонентів через

грунт у ґрунтовій воді. Зола завдяки своїм фізико-хімічним характеристикам є причиною утворення підвищеної запиленості повітря в зазначеному районі [16, 17]. З кожним роком кількість відходів в результаті спалювання вугілля на БуТЕС збільшується і накопичується. За статистичними даними представленими на рис. 2 у 2015 р накопичилося більш ніж 34 млн тон золи і 2 млн шлаку.

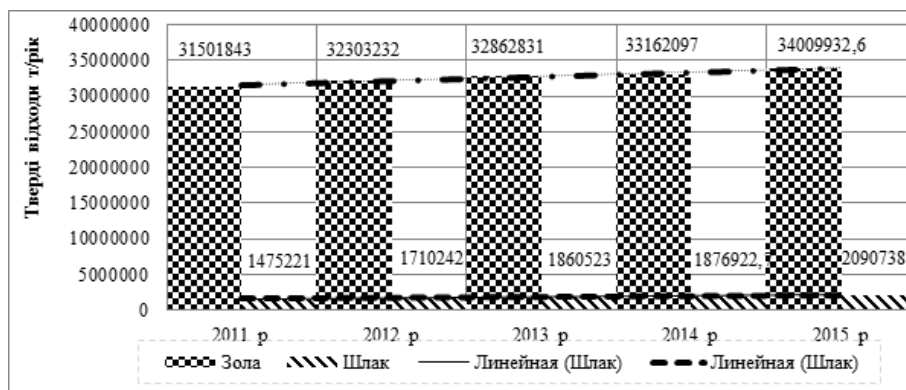


Рис. 2. Динаміка накопичення твердих відходів БуТЕС

В золівдвалах містяться значні концентрації кадмію, кобальту, ніколу, цинку та купруму, які також можуть чинити шкідливий вплив довкіллю (рис. 3).

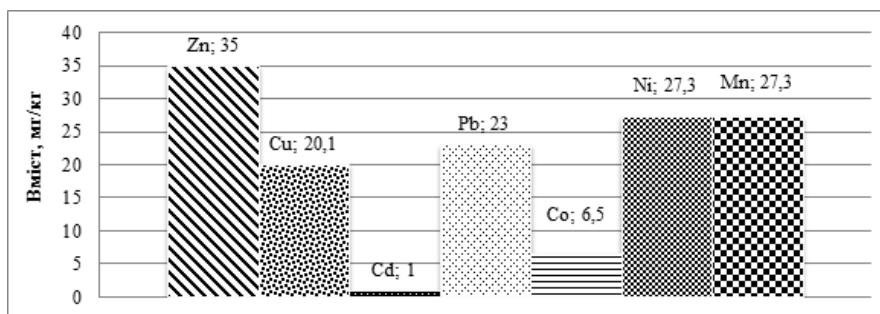
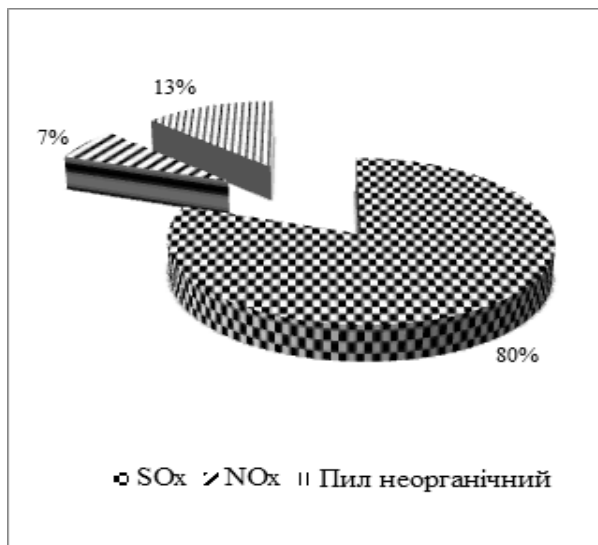


Рис. 3. Вміст важких металів у золошлакових відходах [17–19]

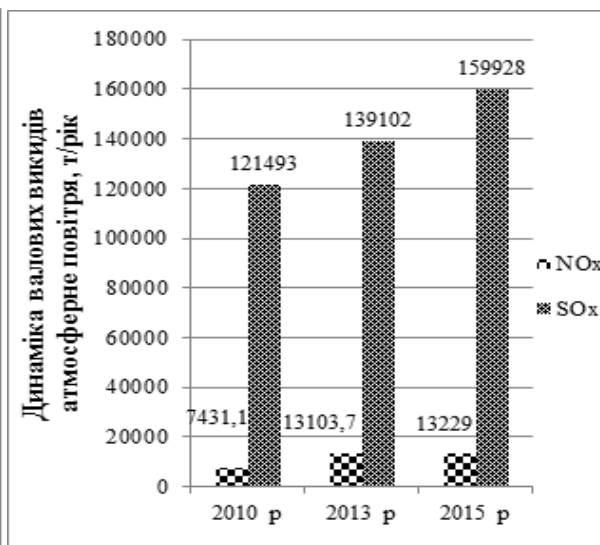
Зараз викликають особливу стурбованість екологічні ризики для територій навколо ТЕС, які пов'язані з проблемою переповненості золівдвалів. Одним із шляхів вирішення зазначеної проблеми є відчуження додаткових земель для зберігання нових відходів виробництва. Оскільки землі навколо БуТЕС є переважно сільськогосподарського призначення і мають пріоритет перед іншими категоріями, враховуючи землі, призначені для промислової забудови, то на даний час єдиним рішенням щодо складування нових відходів є підвищення висоти дамби, яка вже зараз експлуатується за межею проектного рівня. Однак, це також не вирішить проблему накопичення відходів, тому що є загроза паводків, які часто трапляються в цій місцевості та можуть призвести до руйнування дамби, змивання всіх шкідливих речовин з шламонакопичувача в річку Дністер та її забруднення.

Значної уваги потребують проблеми пов'язані з забрудненням довкілля внаслідок вітрової ерозії золівдвалів. Це явище характерне для ґрунту легкого механічного складу - піщаних і супіщаних, а також для сильно висушених пилоподібних із зруйнованою структурою. Пиління золівдвалів може відбуватися через недосконалість проектних рішень та технологій складування золошлаків, а також порушення умов їх експлуатації. Оцінку пиління золівдвалів виконують застосовуючи експериментальні, аналогові та розрахункові методи. Найбільш універсальною методикою, на думку авторів, є розрахунковий метод в основу якого покладена фізична модель процесу вітрової ерозії [20].

Причиною забруднення атмосферного повітря Галицького району є не тільки відходи виробництва (золівідвали), а також викиди димових газів, які містять підвищені концентрації SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> та пилю (рис.4, 5).



**Рис. 4. Основні забруднюючі речовини атмосферного повітря, що перевищують норми ГДК**



**Рис. 5. Динаміка валових викидів у атмосферне повітря SO<sub>x</sub> та NO<sub>x</sub>, т/рік**

**Мета статті.** Аналіз якісного та кількісного впливу твердих відходів вугільних ТЕС на довкілля та розробка заходів щодо підвищення екологічної безпеки забруднених територій (на прикладі Бурштинської ТЕС).

**Виклад основного матеріалу.** Оцінку забруднення територій, що знаходяться під впливом ТЕС виконано розрахунковим методом з використанням програм ЕОЛ та QGIS. На рис. 6 показано карти розсіювання поллютантів з золівідвалів БуТЕС шляхом вітрової ерозії. В основі розрахункових даних використовувалися екологічні звіти, що наведені в екологічних паспортах Івано-Франківської області за 2010, 2013 та 2015 роки, в роботах авторів [12, 16–19] та дані власних досліджень.

Вміст важких металів (табл. 1) у золошлакових відходах визначався атомно-абсорбційним методом. Узагальнення експериментальних даних та опублікованих матеріалів [21–23] щодо вмісту важких металів у золівідвалах показало: в золі містяться високі концентрації цинку, кадмію, кобальту, п्लомбуму та купруму.

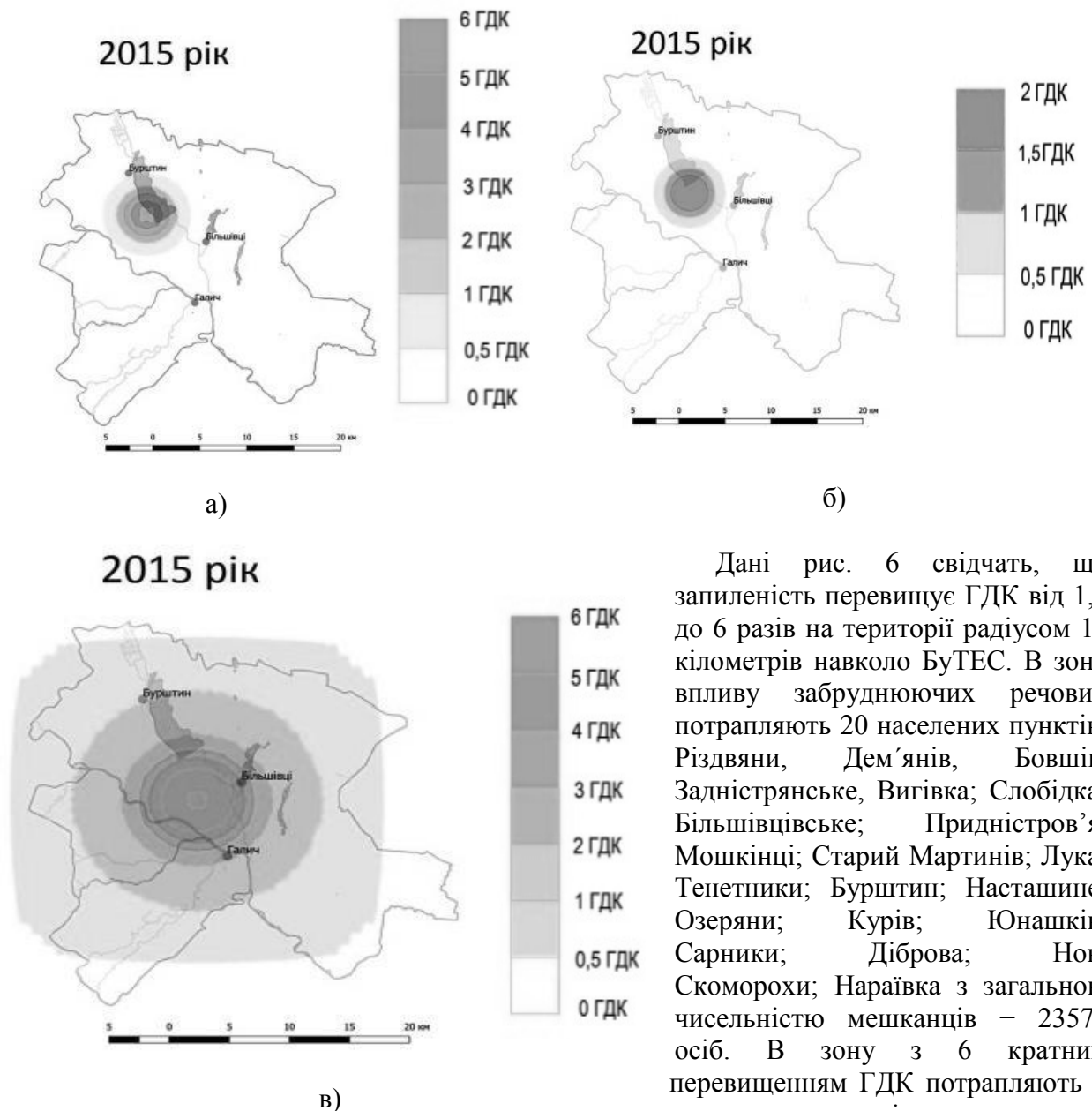
*Таблиця 1*

**Забруднення важкими металами золошлакових відходів**

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

З урахуванням показників забрудненості (див. табл. 1), золошлаки є небезпечними відходами (IV класу, мало небезпечні), які при складуванні на відкритих золосховищах створюють підвищену запиленість атмосферного повітря внаслідок свого фізичного складу (переважно дрібні фракції – більше 90% це пилоподібна фракція з розмірами

часточок менше 0,04 мм). Завдяки цьому сполуки, що містить зола, легко переносяться повітрям навколо золівдвалів і, таким чином, забруднюють ґрунт.

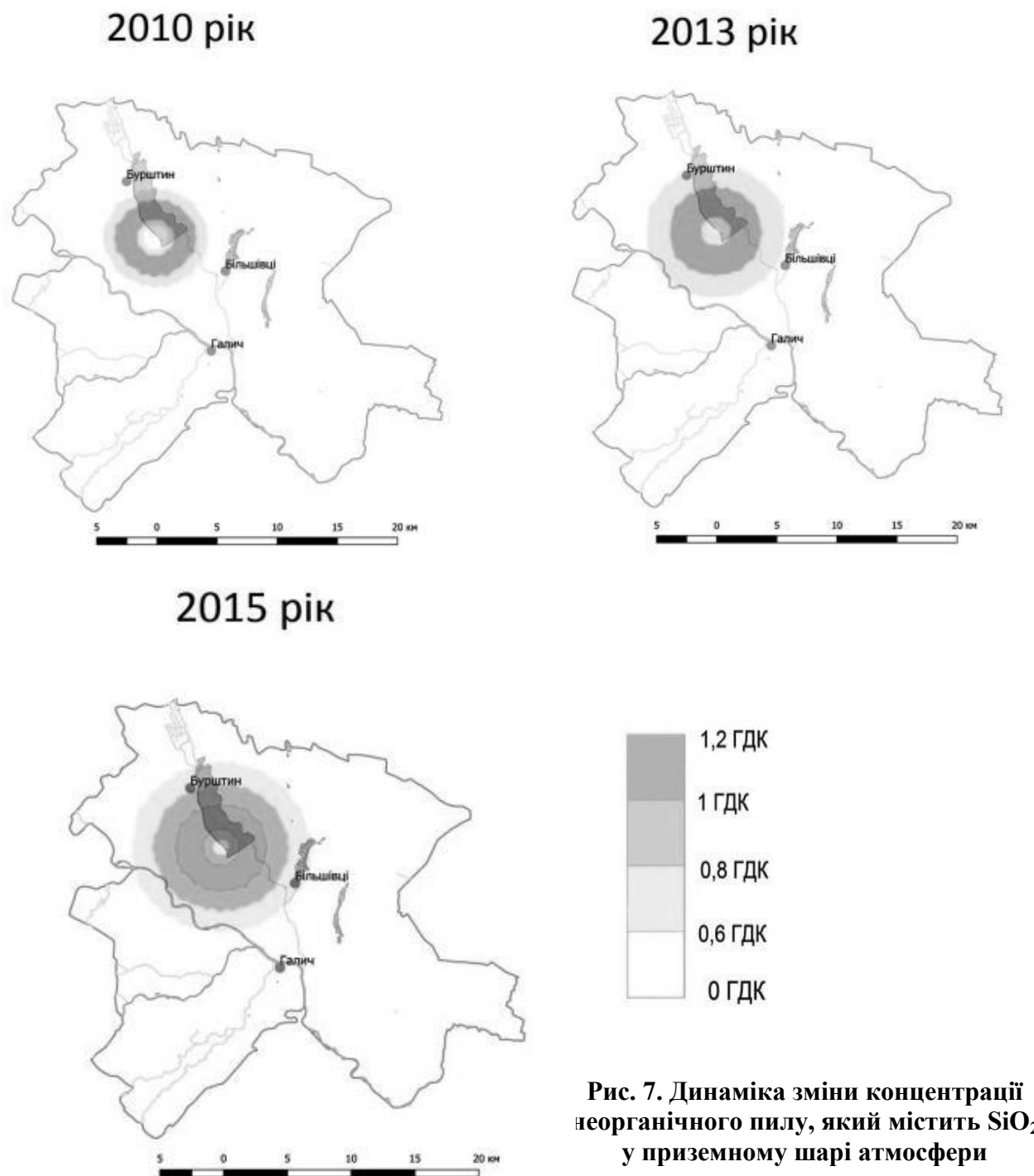


**Рис. 6. Техногенне забруднення полютантами із золівдвалів відповідно а) №1; б) №3; в) №2**

Дані рис. 6 свідчать, що запиленість перевищує ГДК від 1,5 до 6 разів на території радіусом 10 кілометрів навколо БуТЕС. В зону впливу забруднюючих речовин потрапляють 20 населених пунктів: Різдваїни, Дем'янів, Бовшів, Задністрянське, Вигівка; Слобідка-Більшівцівське; Придністров'я; Мошкінці; Старий Мартинів; Лука; Тенетники; Бурштин; Насташине; Озеряни; Курів; Юнашків; Сарники; Діброва; Нові Скоморохи; Нараївка з загальною чисельністю мешканців – 23574 осіб. В зону з 6 кратним перевищенням ГДК потрапляють 6 населених пунктів з загальною чисельністю мешканців близько 6000 осіб.

На рис. 7 наведено зміну концентрації неорганічного пилу, який містить  $\text{SiO}_2$  (силіцій (IV) оксид). Вміст пилу суттєво збільшився, перевищуючи ГДК в 1,2 рази в 10-кілометровій зоні. Викиди пилу осідають і забруднюють ґрунтовий покрив у вигляді радіальних смуг на відстані до 20 км.

Забруднення середовища навколо золівдвалів відбувається шляхом рознесення пилоподібної золи повітряними масами, а також при інфільтрації її компонентів через ґрунт в ґрунтові води. Водонесний горизонт в алювіальних відкладах заплавлі річок Гнила Липа, Нараївка, Луква залягає на глибинах від 0,6–10 м і живлення його відбувається шляхом інфільтрації опадів. Зола володіє високим коефіцієнтом фільтрації, тому створюються сприятливі умови для забруднення ґрунтових вод важкими металами і мікроелементами, які входять до складу золівдвалів [23]. Забруднення поверхні з градієнтом показників від «високого» до «слабкого» розповсюджується на відстань до 1500 м від золівдвалів. На екологічних картах можна спостерігати забруднені території на відстані до 2 км.



**Рис. 7. Динаміка зміни концентрації неорганічного пилу, який містить SiO<sub>2</sub>, у приземному шарі атмосфери**

Оскільки зола Буриштинської теплової електричної станції за своїми характеристиками є пилюватою, неоднорідною, від слабвовологої до водонасиченої, сірого кольору з вмістом частинок більше ніж 0,25 мм до 25%, то з урахуванням кліматичних умов та інтенсивності руху вітру в досліджуваному районі, переміщуватися з повітряними масами будуть майже 60% пилоподібних частинок. Вітрова ерозія золовідвалів визначалася з урахуванням наступних факторів:

- захищеності золовідвалу від вітрового впливу рельєфом прилеглої місцевості;
- конструкції золовідвалу – наявності і висоти огорожувальних конструкцій (дамби, захисні стінки, лісопосадки по периметру золовідвалу);
- експлуатаційних характеристик – рівня поверхні дамби, площі сухих пляжів в гідрозоловідвалах.

При оцінці пилових викидів золовідвалів БуТЕС враховано:

- дефляція частинок повітряним потоком за межі золовідвалу;
- сальтуючі частки повністю екрануються відстійним ставком.

Оцінка пиління проводилася з огляду на характерні для даного регіону метеорологічні умови. До того ж можливість аномальних атмосферних явищ, які можуть призвести до нерозрахованого здування дрібнозернистого і пилоподібного матеріалу не враховувалася. Результати розрахунків місцевого кліматичного фактора представлено в табл. 2. Результати розрахунку втрат зольного ґрунту наведені в табл. 3.

Таблиця 2

### Кліматичний фактор м. Бурштин

Місяць											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	-	3,47	4,2	10,1	22	21	12	8,9	5,74	1,5	-

Таблиця 3

### Втрати зольного ґрунту

№ золовідвалу	Втрати, г/с	Втрати, т/рік
1	27,4	98,6
2	29,0	104,49
3	2,69	9,7

Необхідно уточнити, що при розрахунку маси пилюватих частинок золи, що виносяться в атмосферу з поверхні золовідвалів, не враховувалося зволоження золошлаків. Крім того, велика частина пилу знову осідає на поверхню секції, оскільки золовідвал займає велику площу. Отже, фактична маса пилюватих частинок, що виносяться з золовідвалу, нижче маси золи, що розрахована вище. Виходячи з отриманих даних можна надати наступну оцінку впливу золовідвалів на навколишнє середовище: золовідвали є джерелом забруднення водного та повітряного басейнів. Потенційно можлива маса пилу, яка розсіюється в атмосферу з поверхні золосховища складає 212,8 т/рік, об'єм інфільтраційних вод через золовідвали – 620000 м<sup>3</sup>/рік.

Пропозиції та обговорення. Узагальнення досліджень проведених на територіях впливу БуТЕС показало, що основними забруднювачами атмосферного повітря, які перевищують ГДК є SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> та пил золи-виносу з труб та золовідвалів. Димові гази, через недосконалу систему пилоочищення, містять додаткові високодисперсні часточки золи та важкі метали, а також є причиною кислотних опадів та парникового ефекту. В теплий період року відбувається пиління золовідвалів, що є загрозою для здоров'я населення, яке проживає поблизу ТЕС, а також розповсюдження забруднювачів на поверхні ґрунтів, рослин, у поверхневій воді. Покращення екологічної ситуації у Галицькому районі можливе при умові дотримання і виконання національного плану скорочення викидів основних забруднювальних речовин від великих установок спалювання. Забезпечити скорочення викидів можливо при встановленні ефективного газоочисного обладнання та будівництві нових генеруючих потужностей, що відповідають вимогам ЄС. На потужних ТЕС рекомендується провести реконструкцію усіх енергоблоків для того, щоб забезпечити залишкову запиленість відхідних газів на рівні не більше 50 мг/м<sup>3</sup> (на даний момент на БуТЕС така реконструкція проведена частково). Встановлення сучасних електрофільтрів з ефективністю 99–99,875% надасть можливість зменшити емісію твердих часточок золи від 121,5–15,2 г та валові викиди золи від 1041,3 до 130,3 т/рік відповідно до ступеня очистки (99 – 99,875 %) [24–26].

За результатами розрахунків, які отримані від заходів, що проводилися з метою усунення екологічних наслідків забруднення оточуючого середовища, ми прийшли до висновку про проведення рекультивації об'єкта.

Рекультивация золовідвалів можлива з використанням:

- природного рослинного ґрунту [27];



- мулу з водовідстійних споруд, систем освітлення води й каналізації [28].

Для створення на поверхні золовідвалу родючого горизонту можна застосовувати мул відходів станції водоочистки ТЕС. Додавання зневодненого активного мулу до золи дозволить отримати ґрунт з новими властивостями: збагачений живильними речовинами, стійкий до вітрової ерозії, здатний утримувати воду. В результаті зменшиться коефіцієнт фільтрації води, покращиться родючість субстрату і створяться сприятливі умови для активного росту рослин. Автори пропонують формувати гумусовий горизонт на поверхні золовідвалу із компонентів золи та мулу в співвідношенні 70 : 30 відповідно. Гумусовий шар суміші золи та мулу вкладають на прошарок висотою до 1 м, який виготовляють шляхом намивання глиняної пульпи або бентонітової глини на поверхню золовідвалу. Перевагами такого технічного рішення є утримання вологи в проміжку між шаром гумусового ґрунту та водоутримуючим прошарком глиняної пульпи або бентонітової глини, що сприятиме живленню вологою коріння рослин в посушливий період року та закріпленню рослини. Верхній шар гумусового горизонту засівають багаторічними трав'янистими культурами. Застосування мулу з золою забезпечить бурхливий розвиток густої дернини, крім того, буде попереджено пиління золовідвалу, зменшиться інфільтрація води, а також вирішиться проблема утилізації мулу. Проведення рекультивації відпрацьованих золовідвалів за запропонованою технологією припинить вітрову ерозію, що є причиною виносу 212,8 т/рік забруднювачів разом з золою.

**Висновки.** Екологізація теплової енергетики має полягати не тільки в модернізації існуючих енергоблоків відповідно до основного рамкового документа [29], а також в реалізації програм зі збільшення використання золи у будівельній індустрії. Результати досліджень територій, що знаходяться під впливом Бурштинської ТЕС свідчать про підвищені показники запиленості атмосферного повітря. На основі виконаних досліджень запропоновано наступні пропозиції щодо зменшення техногенного навантаження на довкілля вугільними тепловими електричними станціями на прикладі Бурштинської ТЕС:

– перший крок до зменшення техногенного навантаження – використання золи в технологіях виробництва нових пористих теплоізоляційних матеріалів. Аналізуючи хімічний і мінералогічний склад золи можна зробити висновок, що її слід розглядати не як відходи виробництва, а як вторинний ресурс – сировину для різних галузей промисловості. Золю можна використовувати як добавки й наповнювачі у виробництві широкого спектра будівельних матеріалів: цементу, бетонів, цегли, кераміки, в'язучих, вапна, а також сорбентів для очистки димових газів від забруднювачів, в першу чергу, від SO<sub>2</sub>, CaO та Ca(OH)<sub>2</sub>, алюмосилікатів кальцію Al–Si–Ca, в технологіях при укладанні в земляне полотно автомобільних доріг та в інших виробництвах. Практична реалізація запропонованих заходів дозволить відмовитися від гідротранспорту золи, знизити кількість забруднюючих викидів в атмосферу. Разом з тим буде ліквідовано процеси інфільтрації забрудненої води через золовідвали у ґрунтові води, зменшаться об'єми стічних вод та відповідно, покращиться стан водогосподарського комплексу Галицького району, скоротяться обсяги золовідвалів;

– проведення рекультивації золовідвалів за запропонованою технологією призведе до припинення вітрової ерозії;

– встановлення сучасного газоочисного обладнання, що має забезпечити викиди ТЕС відповідно до вимог директиви [29].

Отже, реалізація запропонованих заходів дозволить ліквідувати забруднення довкілля техногенними відходами: пиління золовідвалів – 212,8 т/рік; інфільтрацію води – 620000 м<sup>3</sup>/рік; забрудненого стоку – 126000 м<sup>3</sup>/рік, а також уникнути потреби у воді – 746000 м<sup>3</sup>/рік.

#### Література

1 Мальований М.С. Аналіз та систематизація існуючих методів оцінювання ступеня екологічної небезпеки / М.С. Мальований, В.М. Шмандій, О.В. Харламова, Л.І. Челядин, Г.В. Сакалова // Екологічна безпека. – 2013. – №1. – С.37-44.

- 2 Шмандій В.М. Аналіз забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами в промисловому регіоні / В. М. Шмандій, О. С. Бабяк, І. А. Ядвейчук // Сб. научних трудов «Защита окружающей среды от техногенного воздействия». – 1997. – С. 38-48.
- 3 Нечаєва Т.П. Фактори екологічного впливу електроенергетичних об'єктів на довкілля / Т.П. Нечаєва, С.В. Шульженко, Д.П. Сас, М.В. Парасюк // Екологічні аспекти енергетики та захист довкілля. – 2008. – № 18. – С. 54-60.
- 4 Коваленко Г.Д. Экологический риск нарушения состояния атмосферного воздуха при воздействии выбросов тепловых электростанций Украины / Г.Д. Коваленко, А.В. Пивень // Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України: Зб. статей п'ятої Всеукр. наук.-практ. конф. 10–11 грудня 2009 р. – Запоріжжя, 2009. – С. 203-205.
- 5 Савицький О. Спадок ери динозаврів. Огляд теплової енергетики України // під ред. О. Місхун. – Київ: Національний екологічний центр України, 2014. – 32 с.
- 6 Гловин Н. М. Оцінка впливу рухомих форм важких металів Pb, Cu, Ni, Cd, Zn на якість підґрунтових вод за допомогою фізико-хімічних методів аналізу / Н. М. Гловин // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. – 2013. – №20. – С.33-36.
- 7 Сысоев Ю. М. Перспективы использования золошлаков [Текст] / Ю. М. Сысоев // Комплексное использование зол углей в народном хозяйстве Иркутск: Изд-во Иркут.ун-та, 1989. – С. 9–10.
- 8 Радовенчик, В. М. Тверді відходи: збір, переробка, складування [Текст]: навч. пос. / В. М. Радовенчик, М. Д. Гомеля. – К.: Кондор, 2010. – 552 с.
- 9 Малинина Л.А. Экологические и технологические аспекты развития строительства и производства строительных материалов в мире / Л. А. Малинина, Ю.С. Волков, Я.А. Рекитар // «БИНТИ №5. – М., 2001.
- 10 Анализ технологий и методов утилизации твёрдых продуктов десульфуризации и частиц золы. – Украинский финансово–промышленный концерн "УФПК" [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ufpk.com.ua/files/p3/analiz.html>
- 11 Элинзон, М. П. Топливосодержащие отходы промышленности в производстве строительных материалов [Текст] / М. П. Элинзон, С. Г. Васильков. – М.: Стройиздат, 1980. – 223 с.
- 12 Зелена книга. Зменшення шкідливих викидів у тепловій електроенергетиці України через виконання вимог Європейського енергетичного співтовариства. – Київ: Міжнародний центр перспективних досліджень, 2011. – 43 с.
- 13 Мисак Й.С. Проблеми спалювання низькосортного палива в котельних установках / Й.С. Мисак, Т.Ю. Кравець, В.К. Матусевич, П.Й. Омеляновський // Науково-технічний збірник конференції “Сталий розвиток міст. Проблеми та перспективи енерго-, ресурсозбереження житлово-комунального господарства”. – 2003. – №49. – С.47-51.
- 14 Гелетій З. Економічна ефективність використання низькоякісного твердого палива західного регіону України для виробництва електроенергії / З. Гелетій, А. Росколупа, Й. Мисак, Т. Кравець // Вісник НУ “Львівська політехніка”: Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – 2002. – №460. – С. 123-127.
- 15 Орфанова М. Н. Утилизация отходов производства методом механической активации веществ / М.Н. Орфанова, Р. Ю. Гложик, М. М. Орфанова, Г. П. Хотулев // Труды VIII научно-практической конференции “Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов”. – 2000. – Том 2. – С. 346-348.
- 16 Портал ДТЕК. ДТЕК Бурштинська ТЕС: Технічна документація обладнання Бурштинської ТЕС. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.portal.dtek.com/>
- 17 Екологічний паспорт Івано-Франківської області. – Івано-Франківськ: Департамент екології та природних ресурсів Івано-Франківської облдержадміністрації, 2015р. – 150 с.
- 18 Екологічний паспорт Івано-Франківської області. – Івано-Франківськ: Департамент екології та природних ресурсів Івано-Франківської облдержадміністрації, 2014р. – 124 с.
- 19 Екологічний паспорт Івано-Франківської області. – Івано-Франківськ: Департамент екології та природних ресурсів Івано-Франківської облдержадміністрації, 2010 р. – 126 с.
- 20 РД 153-34.0-02.106-98. Методика расчетной оценки ветровой эрозии и пыления золоотвала ТЭС. – Екатеринбург: ОАО «УралОРГРЭС», 1998.
- 21 Глуховський І. В. Сучасні технології знешкодження та утилізації небезпечних відходів виробництва / І.В. Глуховський, В. М. Шумейко, В. М. Овруцький. – К.: ДПК Мінекобезпеки України, 1998. – 45 с.
- 22 Ковалів Л. М. Екологічні проблеми теплових електростанцій / Л. М. Ковалів // Науковий вісник НЛТУ України. – 2013. – Вип.23(18). – С.57-61.
- 23 Неспляк О.С. Екологічні особливості формування флори і рослинності золошлаковідвалів Бурштинської теплової електростанції та їх використання в рекультиватії: автореф. дисертації на здоб. наук. ступ. канд. біол. наук.: спец. 03.00.16 – екологія / О. С. Неспляк. – Дніпропетровськ, 2011. – 22 с.

24 Дем'ян М.М. Науково-технічний прогрес на Бурштинській ТЕС / М.М. Дем'ян // Енергетика та Електрифікація . – 2005. – №11. – С. 21-24.

25 Тутка В.В. Реконструкція і модернізація золоочисного обладнання Бурштинської ТЕС / В.В. Тутка, Ю.О. Михайлова // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористання. – 2012. – №2(6). – С.105-111.

26 Долгополов В.Н. Безотходная сероочистка дымовых газов угольных ТЭС до евроном с полной окупаемостью затрат / В.Н. Долгополов // Енергетика та електрифікація. – 2014. – №1. – С. 27-34.

27 Гурина И. В. Опыт фитомелиорации золоотвалов / И. В. Гурина // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 4. – С. 68-69.

28 Шабаль В.Н. О подготовке золы ТЭС для утилизации / В.Н. Шабаль, В.В. Ермаков // Энергетик. – 2001. – №2. – С. 28-29.

29 Директива Європейського Парламенту та Ради 2001/80/ЄС від 23.10.2001 р. щодо обмеження викидів у повітря забруднювачів від установок довготривалого спалювання (ОВ L 309, 27.11.2001 С. 1).

© Г. В. Кошлак,  
А. М. Павленко

*Надійшла до редакції 30 вересня 2017 р.  
Рекомендував до друку  
докт. техн. наук Я. М. Семчук*

УДК 631.427

*В. В. Даценко<sup>1</sup>, Н. Л. Хименко<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Харківський національний  
автомобільно-дорожній університет,*

*<sup>2</sup>Харківський національний  
аграрний університет ім. В.В. Докучаєва*

## **ЕКОТОКСИЧНІСТЬ МІДНО-ЦИНКОВОГО ГАЛЬВАНОШЛАМУ**

У роботі експериментально змодельовані і проаналізовані результати екологічного дослідження відходів підприємств гальванічних виробництв. Розглянуто особливості міграції міді і цинку в різних типах ґрунтів. Представлені експериментальні дані щодо впливу важких металів, що містяться в техногенно-забруднених ґрунтах, на рослинні об'єкти в контрольованих умовах.

**Ключові слова:** мідь, цинк, гальваношлам, ґрунт, тест-рослина

In this paper, the results of the ecological study of galvanic production waste have been experimentally simulated and analyzed. The peculiarities of the copper and zinc migration in different types of soil are considered. Experimental data on the effect that heavy metals contained in technogenically contaminated soils have on plant objects under controlled conditions is presented.

**Keywords:** copper, zinc, galvanic waste, soil, biological test culture

**Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** Однією з найбільш актуальних екологічних проблем промислових підприємств, що мають у своєму технологічному циклі гальванічні процеси, є проблема ліквідації гальванічних шламів (ГШ). Слід зазначити, що проблема поводження з промисловими відходами гальванічних виробництв в країні, в тому числі і їх утилізація, поки не вирішується на належному науково-технічному рівні. Утворені після знешкодження тверді гальванічні відходи направляються в шламонакопичувач [1]. Висока щільність розміщення відходів на промислових майданчиках і розташування на значних просторах міської території дозволяють оцінити їх як джерело високого техногенного впливу на компоненти навколишнього природного середовища (НПС) [1–3]. Тому вирішення проблеми екологічної небезпеки ГШ є комплексною: з одного боку, необхідні відомості про процеси