

УДК 519.6: 504.064

А. В. Яцишин¹, д.т.н., с.н.с., провідн.н.с. (ORCID 0000-0001-5508-7017)

І. В. Матвеева², д.т.н., доцент, заст. декана (ORCID 0000-0002-8636-0538)

В. О. Ковач¹, к.т.н., с.н.с. (ORCID 0000-0002-1014-8979)

В. О. Артемчук³, к.т.н., с.н.с., с.н.с. (ORCID 0000-0001-8819-4564)

І. П. Каменева³, к.т.н., с.н.с., с.н.с. (ORCID 0000-0003-2659-4487)

¹ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», Київ, Україна

²Національний авіаційний університет, Київ, Україна

³Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.С. Пухова НАН України, Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ЗОЛОВІДВАЛІВ ПІДПРИЄМСТВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

В роботі розглядається проблема впливу місць зберігання золошлакових відходів підприємств паливно-енергетичного комплексу України на навколишнє середовище. Показано, що шкідливі речовини, які входять до складу золошлаків, можуть мігрувати з поверхні золовідвалу через повітряне і водне середовища та забруднювати приземний шар атмосфери, ґрунт, підземні і поверхневі води районів, що розташовані на відстані до декількох кілометрів від накопичувача відходів. Наведено схему взаємодії золошлаконакопичувачів із навколишнім природним середовищем. Проведено дослідження щодо хімічного складу мінеральної частини та токсичних мікроелементів золошлакових відходів деяких твердопаливних теплових електростанцій та теплоелектроцентралей, що утворюються при спалюванні вугілля. Показано, що для об'єктів теплоенергетики України, що експлуатували та експлуатують вугільне паливо різних марок, концентрації компонентів у золошлакових відходах варіюються в певних межах, але у всіх випадках основними золошлакоутворюючими компонентами є кисневі сполуки кремнію, алюмінію, заліза, кальцію, магнію та незначна частина елементів у вигляді сульфатів. Також до складу ряду шкідливих речовин-макрокомпонентів в золошлаках входить велика кількість мікроелементів, що відносяться до I-III класів небезпеки. Показано вміст природних радіонуклідів в золошлаковій суміші об'єктів теплоенергетики, що утворюються при різних способах спалювання енергоносіїв. Встановлено особливості впливу токсичних речовин, що містяться у золовідвалах, на довкілля та організм людини. Проаналізовано досвід та перспективи використання золошлакових відходів у світовій практиці. Великий обсяг золошлакових відходів, що зберігається на території України при відповідних методиках використання та доступних технологіях дає підстави щодо перспективи отримання великої кількості різних якісних та дешевих будівельних матеріалів.

Ключові слова: підприємства теплоенергетики, золовідвали, золошлакові відходи, навколишнє середовище

1. Вступ

У багатьох регіонах України атмосферне повітря інтенсивно забруднюється промисловими викидами, що містять різні шкідливі речовини для навколишнього природного середовища (оксиди сірки, азоту, вуглецю, важкі метали, вуглеводні, частинки пилу). Одними з основних джерел забруднення атмосфери є об'єкти паливно-енергетичного комплексу (ПЕК), а саме теплові електростанції (ТЕС) та теплоелектроцентралі (ТЕЦ), що спалюють тверде паливо. В останні роки в Україні зростає споживання електричної і теплової енергії, що призводить до збільшення обсягів спалювання твердого палива. При цьому також збільшується кількість твердих відходів, складованих у золовідвалах. Як відомо, в Україні щорічно накопичується 8 млн.т золошлакових відходів, що займають площу більше 22 тис. га. ТЕЦ потужністю 1 млн. кіловат спалює приблизно 10000 тон вугілля з виходом 1000 тонн шлаку і золи (при зольності 10%). Для захоронення такої кількості відходів при висоті золовідвалу не більше 8 метрів необхідно близько 1 га площ. За даними [1] на території Ладижинської ТЕС (м. Ладижин, Вінницька обл.) щорічно утворюється близько 500 тис. т золошлаків і нині

накопичилось біля 30 млн. т золошлакової суміші висотою 35 м і загальною площею 120 га. На рис. 1 показано золошлаковідвал Ладижинської ТЕС. Варто зазначити також, що в країнах Європейського Союзу утилізується більше 92% таких відходів, в той час як в Україні ця кількість є значно нижчою – менше 10%.



Рис. 1. Золошлаковідвал Ладижинської ТЕС (м. Ладижин)

Під час експлуатації місць зберігання золошлакових відходів підприємств теплоенергетики збитки довкіллю наносяться в результаті запилення сухої золи на надводних пляжах та фільтрацію забруднених вод через слабо екрановане ложе золовідвалу. Запилювання поверхні надводних пляжів золовідвалів є істотним чинником негативного впливу об'єктів теплоенергетики на навколишнє природне середовище.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Проблемі впливу об'єктів енергетики на стан екологічної безпеки присвячені наукові дослідження багатьох вчених, зокрема, у роботі [2] визначено особливості розповсюдження важких металів у ґрунтах від викидів теплової електростанції, в [3] показано вплив золовідвалу Трипільської ТЕС на здоров'я населення, що проживає на прилеглих територіях, в [4] шляхом аналізу моніторингових даних оцінено стан підземних вод в районі впливу Сумської ТЕЦ. Авторами роботи [5] виконано аналіз шкідливих викидів Бурштинської ТЕС та екологічної ситуації навколо неї. Питання використання геоінформаційних систем та спеціалізованих програмних засобів для оцінювання впливу об'єктів енергетики на навколишнє природне середовище висвітлено у роботах [6–14].

Однак слід зазначити, що в наведених роботах не достатньо висвітлені питання щодо аналізу натурних (лабораторних) спостережень шкідливих речовин, які містяться у золошлакових відходах, накопичених в золовідвалах різних твердопаливних електростанцій України, а також оцінювання впливу цих речовин на довкілля. Саме цим визначається необхідність проведення досліджень в даному напрямку. Знаючи хімічний склад відходів та їх технічні властивості можна визначити напрямки та перспективи їх вторинного використання (утилізації), що в свою чергу призведе до зменшення впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей.

3. Мета та завдання дослідження

Дослідження проводилося з метою проаналізувати склад золошлакових відходів, що утворюються при спалюванні вугілля на ТЕС(ТЕЦ) України та особливості впливу місць зберігання цих відходів на навколишнє природне середовище.

Для досягнення поставленої мети досліджувались наступні задачі:

Проведення аналізу складу золошлакових відходів, що утворюються при спалюванні вугілля на об'єктах паливно-енергетичного комплексу України.

Виявлення особливостей впливу токсичних речовин, що містяться у місцях зберігання золошлакових відходів на довкілля та організм людини.

4. Матеріали та методи досліджень

Виконання даного дослідження проводилось на зразках, що відбирались з місць зберігання золошлакових відходів підприємств паливно-енергетичного комплексу України для визначення їх мінералогічного, елементного, оксидного і радіонуклідного складу.

У даному дослідженні було використано наступні методи: метод порівняльного аналізу; аналіз досвіду щодо складу золошлакових відходів, методи моніторингу та оцінювання впливу місць зберігання золошлакових відходів на навколишнє середовище та населення, аналіз джерел щодо можливостей використання золошлакових матеріалів в світі.

5. Результати досліджень впливу золошлакових відходів ТЕС (ТЕЦ) на довкілля

Золовідвали ТЕС (ТЕЦ) – це спеціальні, призначені для зберігання золошлакових відходів (ЗВ), гідротехнічні споруди, територія яких обмежена огорожувальними дамбами і рельєфом місцевості. Для транспортування ЗВ з території електростанцій в золовідвали, як правило, застосовуються системи гідрозоловидалення. У таких системах змішані з водою золошлаки у вигляді пульпи по трубопроводу надходять в золовідвали. Пульпа, відстоюючись в ставках-відстійниках на території золовідвалу, розділяється на освітлену воду і осаджені тверді дрібні частинки. У золовідвалі постійно протікають два процеси. Перший з них – це випаровування води з формуванням на території золовідвалу так званих "пляжів" – сухих ділянок із пиловими частинками ЗВ під дією вітру. Другий процес – інфільтрація води (освітленої або навіть частково неочищеної) і попадання розчинених форм токсичних компонентів золошлаків в ґрунтові води і водойми, що знаходяться за межами золовідвалів.

Таким чином, золовідвали електростанцій, незважаючи на огорожену територію, є відкритими системами. Шкідливі речовини, що входять до складу золошлаків можуть мігрувати з поверхні золовідвалу через повітряне і водне середовища та забруднювати приземний шар атмосфери, ґрунт, підземні і поверхневі води районів, що розташовані на відстані до декількох кілометрів від накопичувача відходів. Поширюючись в подальшому за різними трофічними ланцюгами, токсичні речовини, що містяться в ЗВ, можуть викликати деградацію біосистеми (рослинного і тваринного світу, гідробіонтів) та негативно впливати на здоров'я людини (через воду, повітря, їжу). На рис. 2 наведено схему взаємодії золошлаконакопичувачів із навколишнім природним середовищем [4].

5.1. Склад золошлакових відходів

Технології спалювання вугілля на ТЕС(ТЕЦ) України в більшості випадків передбачають видалення золи та шлаків гідравлічним способом та складування їх у золовідвалах.

Для того, щоб точно знати властивості золошлакових відходів, необхідно дослідити мінералогічний, елементний, оксидний і радіонуклідний склад відходів, структуру їх поверхні, сорбційну і гідравлічну активності, поведінку мінералів при нагріванні.

Шлаки та зола доволі токсичні, їх токсичність складається з токсичності поліароматичних вуглеводнів (в основному бенз(а)пірену), важких металів і неопізнаних органічних токсикантів [4].

За хімічним складом золошлакові відходи (ЗВ) представляють собою складну суміш різних, переважно мінеральних, речовин. Вміст різних хімічних сполук в ЗВ залежить від складу палива. Для об'єктів ПЕК України, що експлуатували та експлуатують вугільне паливо різних марок, концентрації компонентів у ЗВ варіюються в певних межах, але у всіх випадках основними золошлакоутворюючими компонентами є кисневі сполуки кремнію, алюмінію, заліза, кальцію, магнію. Незначна частка елементів присутня в ЗВ у вигляді сульфатів CaSO_4 , MgSO_4 та FeSO_4 . У табл. 1 показано усереднений хімічний склад мінеральної частини ЗВ деяких твердопаливних ТЕС(ТЕЦ) України [3, 5, 16]. Згідно [15] основну масу (96-98%) ЗВ в середньому складає оксид кремнію – 45–60%, оксид кальцію – 2,5–9,6%, оксид магнію – 0,5–4,8%, оксид заліза – 4,1–10,6%, оксид алюмінію – 10,1–21,8% і триоксид сірки – 0,03–2,7%.

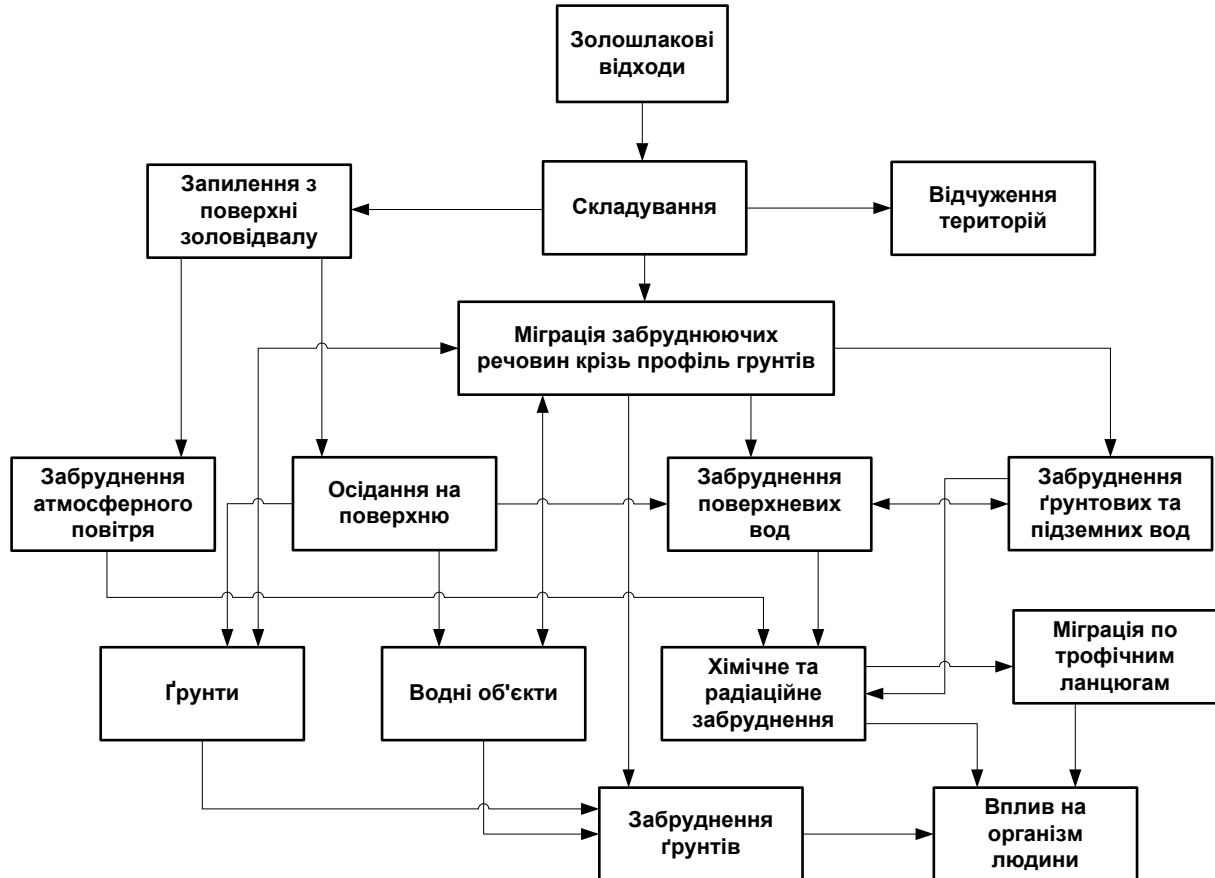


Рис. 2. Схема впливу місць зберігання золошлакових відходів на довкілля

Табл. 1. Усереднений хімічний склад мінеральної частини золошлакових відходів деяких твердопаливних ТЕС (ТЕЦ)

Підприємство теплоенергетики	Мінеральні золошлакоутворюючі компоненти, мас. %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
Старобешівська ТЕС	44-50	24-30	8-6	2,5-4,6		-		1,2
Миронівська ТЕС	67,8	19,8	10,9	5,5		2,8		2,1-7
Вуглегірська ТЕС	16,7	40,6	23,0	8,4		-		0,02
Краматорська ТЕЦ	49,4	22,5	17,1	10,05		-		
Бурштинська ТЕС	48,6	23,3	15,3	4,4	2,2	0,5	1,6	0,47
<i>Кларковий вміст в земній корі</i>	55,3	14,3	6,7	4,8	3,3	3,2	3,1	-

Якісний хімічний склад ЗВ близький до складу осадових порід, і, на перший погляд, золошлаки не представляють екологічної небезпеки. Однак це не так. Вміст ряду компонентів в ЗВ може значно перевершувати значення їх концентрацій в земній корі. Так, вміст CaO в ЗВ може бути вище кларкового значення в 4-12 разів, Al₂O₃ в 2 рази, Fe₂O₃ – в 1,5-3 рази, MgO – в 2-3 рази, тому зберігання таких відходів в природних умовах може призвести до порушення сформованого екологічного балансу. Крім того, золошлаки сильно відрізняються від осадових порід по фазово-мінералогічному складу: вони складаються з аморфно-склоподібної речовини (утвореної силікатами, алюмосилікатами, фєроалюмосилікатів, ряду вільних оксидів, в основному CaO) і ряду кристалічних сполук (кварцу, муліта, гематиту, феритів, магнезитів та інших мінералів). Серед компонентів обох мінеральних фаз є речовини, які представляють реальну загрозу для здоров'я людини і тварин (передусім при їх попаданні в повітря). Відомо, що скляно-силікатний пил негативно впливає на легенево-дихальну систему, оксид кальцію у вигляді пилу подразнює слизові оболонки, а при попаданні в воду робить її агресивною, змінюючи рН середовища [16].

Серед кристалів найбільш небезпечні кварц і муліт, що викликають фіброзні зміни в легеневій тканині. Так, неорганічний пил, що містить кварц, санітарними нормативами віднесено до шкідливих речовин III класу небезпеки; для нього значення середньодобової гранично допустимої концентрації (ГДК) в атмосферному повітрі становить 0,05–0,15 мг/м³ (в залежності від вмісту SiO₂ в пилу). Практично всі небезпечні мінеральні макрокомпоненти ЗВ (силікати, кварц, муліт) погано виводяться з організму людини, а їх негативний вплив з часом (при тривалому контакті з золошлаковим пилом) підсилюється.

Крім перерахованого ряду шкідливих речовин-макрокомпонентів ЗВ в золошлаках також міститься велика кількість мікроелементів, що відносяться до I-III класів небезпеки. Але концентрація окремих токсичних мікроелементів в ЗВ може істотно перевищувати їх кларкове значення в земній корі і перевершувати встановлений для них санітарними нормативами рівень ГДК в ґрунті. Такі елементи-домішки отримали назву потенційно токсичних мікроелементів. Їх спектр, в основному, представлений важкими металами, серед яких є і радіоактивні елементи (торій, уран тощо). Найбільш часто в складі ЗВ вугільних ТЕС(ТЕЦ) України присутні такі потенційно токсичні мікроелементи, як свинець, мідь, цинк, кадмій, хром, нікель та ін. В табл. 2 показано деякі токсичні мікроелементи в складі золошлакових відходів, що утворюються при спалюванні вугілля на деяких ТЕС(ТЕЦ) України [3, 5, 16]. Вміст цих небезпечних компонентів в золошлаках може перевищувати рівень ГДК (в ґрунті). Оскільки дані мікроелементи потрапляють в ЗВ з твердого палива, концентруючись при

його спалюванні, їх зміст в золошлаках безпосередньо визначається маркою вугілля, що використовується електростанцією.

Табл. 2. Деякі токсичні мікроелементи в складі золошлакових відходів, що утворюються при спалюванні вугілля на деяких ТЕС(ТЕЦ) України

Хімічний елемент	ГДК у ґрунті, мг/кг	Кларк, мг/кг	Вміст в золошлакових відходах, мг/кг				Клас небезпеки. Токсична дія
			Трипільська ТЕС	Дарницька ТЕЦ	Черкаська ТЕЦ	Бурштинська ТЕС	
Свинець	32,0	10	6,7	2,1	0,28	23,1	I клас. Діє на нервову систему
Мідь	55,0	20	28,6	22,7	45,44	19,8	II клас. Викликає захворювання органів дихання, нервової системи, шлунково-кишкового тракту та печінки
Цинк	100,0	50	229,0	70,4	18,02	36,6	I клас. Токсичний важкий метал з високою летучістю
Кадмій	Н.в.	0,5	0,2	0,2	Н.в.	0,9	I клас. Токсичний важкий метал, діє на органи дихання та внутрішні органи (печінка, нирки)
Хром	Н.в.	200	40,9	30,7	0,54	Н.в.	II клас. Впливає на органи дихання, серцево-судинну систему і внутрішні органи (печінка, нирки)
Нікель	85	40	5,1	54,41	2,32	27,3	II клас. Впливає на органи дихання, має властивості канцерогену та алергену
Алюміній	Н.в.	71300	1088,61	Н.в.	Н.в.	Н.в.	III клас.
Залізо	Н.в.	38000	1014,65	Н.в.	Н.в.	Н.в.	III клас.
Марганець	1500	850	Н.в.	106,1	Н.в.	27,3	III клас.

Примітка. Н.в. – не визначено або не визначався.

Вміст радіонуклідів в золі та шлаках ТЕС(ТЕЦ) також потребує визначення, оскільки цей показник залежить від особливостей вугілля та технології спалювання. Як відомо, технологія спалювання вугілля в циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ)

дозволяє істотно поліпшити економічні і екологічні показники котлоагрегатів. В табл. 3 показано вміст природних радіонуклідів в золошлаковій суміші ТЕС, що утворюються при різних способах спалювання енергоносіїв [3]. Як видно з таблиці, концентрація радіонуклідів в золі котлів ЦКШ значно вище, ніж при інших технологіях спалювання вугілля. Дослідження [17] щодо хімічного складу ЗВ Зміївської ТЕС показали наявність ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{137}Cs , але рівень радіоактивності золи був в 4–5 разів нижче гранично допустимої концентрації для ґрунту.

Табл. 3. Вміст природних радіонуклідів в золошлаковій суміші ТЕС, що утворюються при різних способах спалювання енергоносіїв

Номер про- би	Питома активність радіонуклідів, Бк/кг			Сумарна питома активність, Бк/кг
	Ra-226	Th-232	K-40	
Золошлаки	65±13	28±6	468±94	142±28
Зола ЦКШ	101±20	55±11	646±129	228±46

Однак в ЗВ нерідко містяться і рідкісноземельні елементи: Sr, Cr, Ga, Be, Co, Bi, Ag і As [17].

Слід зазначити, що токсичні мікроелементи, що входять до складу золошлаків, можуть забруднювати ґрунт, атмосферне повітря і воду. У повітря вони можуть потрапляти внаслідок високої дисперсності золошлакового пилу. У воду можуть переходити мікроелементи, що знаходяться в рухливих (водорозчинних) формах. Зауважимо, що встановлені санітарними нормами рівні ГДК токсичних мікроелементів в атмосферному повітрі та воді жорсткіші, ніж значення ГДК в ґрунті. Це пов'язано з тим, що забруднення повітря і води представляє в екологічному відношенні найбільшу небезпеку, оскільки призводить до швидкого залучення токсичних мікроелементів в природні обмінні процеси. Дуже небезпечним є забруднення водойм, оскільки в цьому випадку найбільш швидко може відбутися включення токсичних компонентів в біосферу, наприклад, по трофічному ланцюжку: вода → водорості → безхребетні → риби → тварини → людина. При цьому вміст небезпечних мікроелементів в водоростях, безхребетних і риби може перевищувати їх концентрацію у вихідній воді в 10-100 разів, тобто, при попаданні в біосферу токсичні компоненти акумулюються і їх дія посилюється.

Поряд з мінеральними мікро- і макрокомпонентами, ЗВ містять органічні речовини, що зв'язані з "недопалом" вуглецю. Але при порушенні режиму спалювання палива (а це часто трапляється на практиці) його вміст може значно збільшуватись. За хімічним складом органічні компоненти золошлаків істотно відрізняються від вуглецевмісної речовини вихідного палива та являють собою кокс і напівкокс, що містять ароматичні вуглеводні з конденсованими кільцями. Спектр конденсованих ароматичних вуглеводнів, що входять до складу органічної частини ЗВ, досить широкий і складається з токсичних речовин різних класів небезпеки. Всі ці речовини мають мутагенні властивості. У найбільшій кількості в ЗВ містяться речовини, що відносяться до IV класу небезпеки: нафталін, аценафтілен, фенантрен і пірен.

5.2. Перспективи використання золошлакових відходів

ЗВ, які утворюються при спалюванні твердих видів палива, відносяться до 4 класу небезпеки з відсутністю небезпечних властивостей. Тому їх використання дозволяє вирішувати екологічні та економічні проблеми. Наприклад, у Євросоюзі, [civil security. DOI: 10.5281/zenodo.2594489](https://doi.org/10.5281/zenodo.2594489)

шляхом будівництва доріг із золошлаків вирішуються одночасно проблеми утилізації ЗВ та захисту навколишнього природного середовища. На рис. 3 показано використання золошлакових матеріалів в світі [18]. При відповідних методиках використання та доступних технологіях ЗВ стають якісними, дешевими, доступними, зносостійкими, морозостійкими заміниками природних матеріалів, що мають в'язучі властивості, які у світовій практиці використовуються у виробництві бетонів, цегли, будівельних, асфальтобетонних сумішей, керамічної плитки, теплоізоляцій тощо.

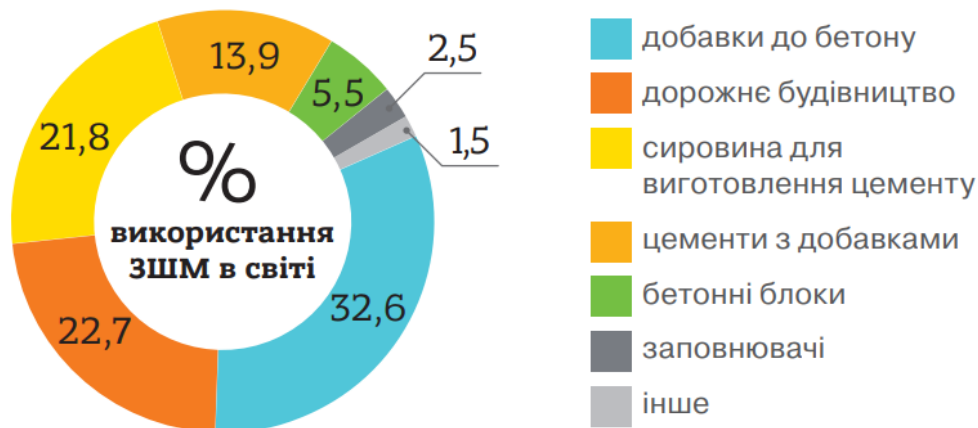


Рис. 3. Використання золошлакових матеріалів в світі

6. Обговорення результатів

Представлені в даній роботі результати в цілому узгоджуються з результатами досліджень інших науковців.

Шкідливі речовини, що входять до складу золошлаків, можуть мігрувати з поверхні золовідвалу через повітряне і водне середовища та забруднювати приземний шар атмосфери, ґрунт, підземні і поверхневі води районів, що розташовані на відстані до декількох кілометрів від накопичувача відходів.

Згідно отриманих результатів основну масу (96-98%) ЗВ в середньому складає оксид кремнію, оксид кальцію, оксид магнію, оксид заліза, оксид алюмінію та триоксид сірки.

Середній вміст SiO_2 в ЗВ Вуглегірської ТЕС та Владивостоцької ТЕЦ-2 в 3-4 рази менший ніж у ЗВ інших твердопаливних ТЕС (ТЕЦ), відповідно і змінюється середній міст оксиду алюмінію та оксиду заліза в більшу чи меншу сторону. При аналізі вмісту токсичних мікроелементів у складі золошлакових відходів, що утворюються при спалюванні вугілля на деяких ТЕС(ТЕЦ) України виявилось, що ЗВ Трипільської ТЕС містять найбільше свинцю, міді, цинку та хрому, Дарницької ТЕЦ – найбільше нікелю. Такі результати можна пояснити тим, що дані мікроелементи потрапляють в ЗВ з твердого палива, концентруючись при його спалюванні, тому їх зміст в золошлаках безпосередньо і визначається маркою вугілля, що використовується електростанцією.

Вміст природних радіонуклідів в золошлакових сумішах ТЕС (ТЕЦ), що утворюються при різних способах спалювання енергоносіїв показує, що рівень радіоактивності золи в декілька разів нижче гранично допустимої концентрації для ґрунту.

Для зменшення впливу на довкілля необхідно використовувати світовий досвід щодо утилізації ЗВ для виробництва будівельних та інших матеріалів.

7. Висновки

Об'єкти паливно-енергетичного комплексу України відносяться до потенційно-небезпечних джерел забруднення навколишнього природного середовища та створюють ризики для здоров'я населення, що проживає на прилеглих територіях.

Проведені дослідження показують, що за хімічним складом золошлакові відходи представляють собою складну суміш різних, переважно мінеральних, речовин, а їх вміст залежить від складу палива. Для об'єктів паливно-енергетичного комплексу України, що експлуатували та експлуатують вугільне паливо різних марок, концентрації компонентів у золошлакових відходах варіюються в певних межах, але майже в усіх випадках основними золошлакоутворюючими компонентами є кисневі сполуки кремнію, алюмінію, заліза, кальцію, магнію.

Показано, що вміст ряду компонентів в золошлаках може значно перевершувати значення їх концентрацій в земній корі: CaO може бути вище кларкового значення в 4-12 разів, Al₂O₃ в 2 рази, Fe₂O₃ – в 1,5-3 рази, MgO – в 2-3 рази. Досить часто в складі відходів вугільних ТЕС(ТЕЦ) України присутні свинець, мідь, цинк, кадмій, хром, нікель тощо, а також радіонукліди.

Автори підкреслюють важливість поставлених питань як з позицій екологічної безпеки, так і в зв'язку з перспективами використання золошлакових матеріалів. Дослідження, спрямовані на моніторинг й оцінювання впливу золошлаків на навколишнє середовище, мають привернути увагу фахівців щодо вирішення проблеми утилізації золошлакових відходів з урахуванням світового досвіду та зменшення шкідливого впливу цих відходів в майбутньому.

Література

1. Екологічна безпека та природоохоронні заходи на Ладжинській ТЕС. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/12195>
2. Левченко А. Є., Ігнатенко М. І., Хоботова Е. Б. Забруднення важкими металами ґрунтів поблизу теплових електростанцій. URL: <http://en.iee.kpi.ua/files/2013/%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%853.pdf>
3. Звіт. «Дослідження та гігієнічна оцінка вилуку господарської діяльності Трипільської ТЕС, що входить до складу ПАТ «Центренерго», на забруднення навколишнього природного середовища та умови проживання населення територій Обухівського району Київської області. Київ, 2016. 38 с.
4. М'якаєва Г. М. Моделювання техногенного впливу об'єктів теплоенергетики на гідросферу. Дис. кандидата технічних наук. Сумський державний університет. Суми, 2018.
5. Крижанівський Є. І., Кошляк Г. В. Екологічні проблеми енергетики // Нафтогазова енергетика. 2016. № 1(25). С. 80–90.
6. Яцишин А. В. Комплексне оцінювання та управління екологічною безпекою при забрудненнях атмосферного повітря. Дис. доктора технічних наук, ДУ «ІГНС НАН України». Київ, 2013.
7. Яцишин А. В., Каменева І. П., Артемчук В. А., Попов А. А. Методи и технологии анализа рисков для здоровья на основе данных мониторинга // Материали IV Международной научной конференции «МОДЕЛИРОВАНИЕ-2012». Киев. С. 470–473.

8. Каменева И. П., Артемчук В. А., Яцишин А. В. Модели представления и преобразования данных в задачах экологического мониторинга урбанизированных территорий // Электронное моделирование. 2016. № 2. С. 49–66.

9. Каменева И. П., Попов О. О., Яцишин А. В., Артемчук В. О. Методи визначення екологічного ризику за атмосферним фактором // Моделювання та інформаційні технології. 2009. № 53. С. 23–32.

10. Попов О. О. Математичне моделювання розповсюдження техногенного забруднення від підприємств паливної енергетики // Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України. 2009. Вип. 51. С. 73–84.

11. Попов О. О., Яцишин А. В. Інформаційні системи для вирішення задач комплексного радіоекологічного моніторингу АЕС // Моделювання та інформаційні технології. 2014. Вип. 72. С. 3–16.

12. Каменева И. П., Яцишин А. В., Попов А. А. Математико-картографическое моделирование техногенных нагрузок на атмосферу // Моделювання та інформаційні технології. 2009. Вип. 51. С. 58–64.

13. Артемчук В. О. Математичні та комп'ютерні засоби для вирішення задач розміщення пунктів спостережень мережі моніторингу стану атмосферного повітря. Дис. кандидата технічних наук. ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України. Київ, 2011.

14. Артемчук В. О. та ін. Теоретичні та прикладні основи економічного, екологічного та технологічного функціонування об'єктів енергетики. Київ, Україна: ТОВ «Наш формат», 2017.

15. Прибилова В. М. Оцінка впливу техногенного навантаження на геологічне середовище та особливості накопичення забруднювачів в зоні розміщення Зміївської ТЕС (Харківська область) // Вісник Харківського національного університету. 2013. № 1084. С. 237–243.

16. Делицын Л. М., Ежова Н. Н., Власов А. С., Сударева С. В. Золоотвалы твердотопливных тепловых электростанций как угроза экологической безопасности // Экология промышленного производства. 2012. № 4. С. 15–26.

17. Хоботова Э. Б., Уханёва М. И., Грайворонская И. В., Калмыкова Ю. С. Радиационно-химическое обоснование использования твёрдых промышленных отходов в качестве технических материалов. Харьков: ХНАДУ. 2012. 260 с.

18. Золошлакові матеріали – вигідна альтернатива природним матеріалам для будівництва доріг. URL: http://ppv.net.ua/uploads/work_attachments/Ash_Use_in_the_Road_Construction_UA_.PDF

A. Iatsyshyn¹, DSc, Senior Researcher, Leading Researcher

I. Matvieieva², DSc, Associate Professor, Deputy Dean

V. Kovach¹, PhD, Senior Researcher

V. Artemchuk³, PhD, Senior Researcher, Senior Researcher

I. Kameneva³, PhD, Senior Researcher, Senior Researcher

¹SE «Institute of Environment Geochemistry of NAS of Ukraine», Kyiv, Ukraine

²National Aviation University, Kyiv, Ukraine

³Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

THE PECULIARITIES OF THE THERMAL POWER ENGINEERING ENTERPRISE'S ASH DUMPS INFLUENCE ON THE ENVIRONMENT

The issue of the impact of the places that keep ash-slag wastes was considered in the article. It was shown that hazardous materials are able to migrate from the surface of an ash-disposal area through soils, water, air; therefore, it leads to pollution of other regions that can be far away from the disposal

area. The scheme of interaction between an ash-disposal area and environment was shown. The chemical composition of mineral parts and toxic microelements in the ash-slag wastes from some solid-fuel power plants and thermal power plants was analyzed. It was shown that Ukrainian and Russian heat and power facilities using the coal of different grades produce the ash-slag wastes with variable concentration of components; however, in all cases, the main ash-slag-forming components were the oxygen compounds of silicon, aluminum, iron, calcium, magnesium and an insignificant part of sulfates. Moreover, there were a large number of microelements classified in the composition of some harmful macro-components; the microelements were classified as I-III classes of danger. The content of natural radionuclides in the ash-slag wastes, which are formed in different ways of burning fossil fuels, from heat energy objects is shown. The features of the toxic substances contained in ash-slag wastes on human organism were ascertained. The experience and prospects of using ash-slag wastes in world practice were analyzed. The large volume of ash-slag wastes stored on the territory of Ukraine with appropriate methods of use and available technologies provides opportunities and prospects to obtain a large number of different construction materials that will be cheap and first-class.

Keywords: thermal power engineering enterprises, ash dumps, ash-slag wastes, environment

References

1. Environmental safety and environmental measures at the Ladyzhinskaya TPP. Available at: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/12195>
2. Levchenko, A. E., Ignatenko, M. I., Hobotova, E. B. Pollution by heavy metals of soils near thermal power plants. Available at: <http://en.iee.kpi.ua/files/2013/%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%853.pdf>
3. Report. (2016). Investigation of the hygienic estimation of the economic outflow of the Trypylskaya TPP, which is part of the Centralenergo PJSC, for pollution of the natural environment and living conditions of the population of the Obukhiv district of the Kyiv region, Kiev, 38.
4. Miakaieva, H. M. (2018). Modeling of technogenic influence of thermal power plants on the hydrosphere. Dissertation for a Candidate Degree of Engineering Sciences in specialty. Sumy State University. Sumy.
5. Kryzhanivsky, Ye. I., Kolhlak, G. V. (2016). Ecological problems of energy // *Naftogazovaya energetika*, 1(25), 80–90.
6. Iatsyshyn, A. V. (2013). Comprehensive assessment and management of environmental safety in air pollution. Dissertation for a Doctor's degree in Technical Sciences. SI «Institute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine». Kyiv.
7. Yatsyshyn, A. V., Kameneva, I. P., Artemchuk, V. A., Popov, A. A. (2012). Methods and technologies for risk analysis for health based on monitoring data". IV International scientific conference "MODELING-2012", Kyiv, 2012, 470–473.
8. Kameneva, I. P., Artemchuk, V. O., Yatsyshyn, A. V., (2016). Models of representation and data transformation in the problems of environmental monitoring in urban areas. *Elektronnoe modelirovanie*, 38(2), 49–66.
9. Kameneva, I. P., Popov, O. O., Yatsyshyn, A. V., Artemchuk, V. O. (2009). Methods for determining environmental risk factor for atmospheric air. *Modelyuvannya ta informatsiyni tehnologii*, 53, 23–32.
10. Popov, O. O. (2013). Mathematical modeling of the spread of technogenic pollution from the enterprises of fuel energy. Collection of scientific Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of NAS of Ukraine, 51, 73–84.
11. Popov, O. O., Iatsyshyn, A. V. (2014). Information Systems for the Solving of Complex Radioecological Monitoring of Nuclear Power Plant. Simulation and informational technologies, 72, 3–16.
12. Kameneva, I. P., Iatsyshyn, A. V., Popov, O. O. (2009). Mathematical-cartographic modeling of technogenic loads on the atmosphere. *Modelyuvannya ta informatsiyni tehnologii*, 51, 58–64.

13. Artemchuk, V. O. (2011). Mathematical and computer tools for solving the placement of observation points network monitoring air. Dissertation for a Candidate Degree of Engineering Sciences in specialty, Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of NAS of Ukraine, Kyiv.

14. Artemchuk, V. O. and al. (2017). Theoretical and applied bases of economic, ecological and technological functioning of energy objects. Kyiv, Ukraine: TOV «Nash format».

15. Pribilova, V. M. (2013). Estimation of the impact of the technogenic loading on the geological environment and the peculiarities of the accumulation of pollutants in the zone of the Zmiyiv TPP (Kharkiv oblast). Bulletin of the Kharkiv National University, 1084, 237–243.

16. Delitzin, L. M., Ezhova, N. N., Vlasov, A. S., Sudareva, S. V. (2012). Ash disposal areas of coal's power stations as the threat to environmental safety. Ecology of industrial production, 4, 15–26.

17. Hobotova, E. B., Ukhyanova, M. I, Grayvoronskaya, I. V, Kalmykova, Yu. S. (2012). Radiation-chemical substantiation of the use of solid industrial waste as technical materials. Kharkiv: KhNADU.

18. Pomegranate materials are a good alternative to natural materials for road construction. Available at: http://ppv.net.ua/uploads/work_attachments/Ash_Use_in_the_Road_Construction__UA_.PDF

Надійшла до редколегії: 10.09.2018

Прийнята до друку: 08.11.2018