

**В. Р. Сердюк<sup>1</sup>**  
**О. В. Христич<sup>1</sup>**  
**О. П. Терещенко<sup>1</sup>**  
**В. Ф. Жердецький<sup>2</sup>**  
**В. В. Житник<sup>2</sup>**

## **ВИКОРИСТАННЯ ЗАЛИШКІВ ПІРОЛІЗНОЇ ПЕРЕРОБКИ МУЛОВИХ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД В БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШАХ**

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет  
<sup>2</sup>ТОВ «Енергоінвест»

*Підтверджено, що екологічний стан довкілля в Україні є на сьогодні однією з найгостріших соціально-економічних проблем, а забруднення водних екосистем є величезною небезпекою для майбутніх поколінь. Висвітлено актуальність наукових досліджень у сфері переробки мулових осадів стічних вод комунальних підприємств. Обґрунтовано необхідність розробки ресурсозберігаючої технології з утилізації відходів комунальних підприємств для вирішення важливих екологічних і соціальних проблем регіонів України. Представлено результати теоретичних досліджень технології переробки мулових осадів і відмічено найбільш перспективні з них. Виконано дослідження фізико-хімічних характеристик осадів стічних вод комунальних підприємств регіонів України, вивчено хімічний склад продуктів піролізної переробки мулових осадів і їх фізичні параметри. Проаналізовано процеси утилізації зневоднених осадів шляхом обробки мас осадів піролізом. Запропоновано нові рецептурні параметри будівельних сумішей з використанням у якості модифікуючої добавки золи шламів, як продуктів піролізної переробки зневоднених мулових осадів стічних вод комунальних підприємств Вінницького регіону. Розроблено компонентні склади сировинних сумішей для виготовлення зразків-моделей будівельних виробів, запропоновано програму проведення наукових досліджень. Виконано аналіз результатів експериментальних досліджень з використанням продуктів піролізної обробки відходів у якості заповнювача будівельних сумішей на органічному в'язучому у складі асфальтобетонів. Встановлено показники фізико-хімічних параметрів золи осадів і обґрунтовано доцільність використання продуктів піролізної обробки як добавок у будівельних сумішах. Запропоновано склади будівельних розчинів з використанням продуктів піролізної переробки осадів стічних вод як модифікуючі добавок. Експериментальними дослідженнями фізико-механічних властивостей зразків-моделей будівельних виробів, виготовлених на основі мінеральних в'язучих, підтверджено можливість використання зольних залишків осадів у будівельних сумішах. Вказано на необхідність проведення повного комплексу фізико-хімічних досліджень продуктів піролізної переробки мулових осадів для встановлення чітких показників хімічного складу золи. Відзначено перспективність нового напрямку наукових досліджень з утилізації шкідливих речовин антропогенного походження і отримання при цьому нового різновиду хімічних добавок для будівельних сумішей.*

*Ключові слова:* мулові осади стічних вод, піролізна переробка, дрібнодисперсні золи осадів, заповнювачі будівельних сумішей, модифікуючі добавки, будівельні розчини.

### **Вступ**

Екологічний стан довкілля в Україні є на сьогодні однією з найгостріших соціально-економічних проблем, що прямо чи опосередковано стосуються кожної людини. В сучасних умовах захист довкілля став предметом особливої уваги органів влади на загальнодержавному, регіональному та місцевому рівнях, громадських рухів та засобів масової інформації.

Забруднення водних екосистем є величезною небезпекою сьогодні і в майбутньому, адже регенерація або самоочищення у водному середовищі протікають надто повільно і мають глобальне значення для забезпечення життя населення.

Центральним водопостачанням користуються більше 70% населення України. За даними Укрстату (дані без врахування окупованих територій), протягом 2015 року було забрано з природних джерел 9,7 млн. м<sup>3</sup> води, при транспортуванні втрачається близько 20% води. Потужність очисних споруд країни становить 5,8 млн. м<sup>3</sup> води, тобто очищається трохи більше половини забраної води. Водозабір проводиться в основному з річок - це 80% води, решта 20% беруться з підземних джерел [1, 2].

Відходи виробництва і споживання займають великі площі земель, шкідливі хімічні речовини потрапляють у ґрунтові води, що призводить до забруднення поверхневих і підземних водних об'єктів, у тому числі джерел водопостачання, і до порушення геохімічного балансу територій. Відходи у вигляді стічних вод об'єднують виробничі, побутові, ливневі скиди, скидаються в

каналізацію та є джерелом забруднення міських територій.

Завершальним етапом очищення каналізаційних стоків на очисних спорудах є утворення мулових осадів стічних вод (МОСВ), які у великій кількості накопичуються на відкритий майданчиках. Такі відходи в Україні в основному не зазнають будь-яких утилізаційних процесів, окрім як вільна дезактивація на відкритому повітрі у природних умовах. Наявність таких відкритих полігонів для зберігання МОСВ спричиняє зростання масштабів шкідливих викидів у атмосферу і забруднення ґрунту токсичними інгредієнтами, що містяться в складі осадів. Десятиліття життєдіяльності спричинили забруднення непомірно великих площ біля крупних населених пунктів і потребують термінового запровадження заходів з переробки твердого залишку МОСВ.

МОСВ в звичайному стані (на мулових полях) характеризуються високою вологістю, неоднорідним складом і властивостями. Вони містять мінеральні (близько 20 %) та органічні (до 80 %) речовини, які здатні швидко розкладатися і відносяться до важкофільтрованих мас. У складі МОСВ накопичені речовини з чітко вираженими загальнотоксичними, канцерогенними, ембріотоксичними, та іншими негативними властивостями. В таких речовинах можуть бути важкі метали Cr, Cd, Hg, Cu, Pb, Co, Zn, Mo, патогенні організми, підвищений вміст нітратів, пестицидів, ефірів, моно- і поліциклічних ароматичних речовин, феноли. На території України кількість накопичених осадів перевищує 5 млрд. т, до яких щороку додається ще 3 млн. т нових шкідливих залишків каналізаційних стоків [2-4].

По мірі зростання житлової забудови міст за декілька десятків років їх границі впритул наблизилася до водоочисних споруд. В окремих містах очисні споруди знаходяться в межах міст або оточені об'єктами індивідуальної малоповерхової забудови. Для тих, хто живе в радіусі до кількох кілометрів від очисних споруд виникає найбільша проблема – неприємний запах, як наслідок вивітрювання вологи з МОСВ.

З огляду наявності Угоди про асоціацію з ЄС Україна зобов'язана провести імплементацію власної нормативної бази до європейських норм щодо поводження з відходами з врахуванням того, що до 2020 року країни ЄС мають переробляти 50 % муніципальних і 70 % будівельних відходів. Надходження відходів на звалища, має бути скорочено до 30 %, на спалювання – до 20 %, а до 2050-го на переробку має іти до 100% відходів [1, 2].

### Основна частина

Перспективним напрямком утилізації осадів стічних вод є їх переробка з метою отримання продуктів, що використовуються в промисловому виробництві та теплоенергетиці. Важливо відзначити, що для цього напрямку переробки опадів немає жорстких обмежень за санітарними показниками і присутності токсичних сполук. Завдяки цьому, можливе використання процесів утилізації опадів побутових стічних вод в комплексі з переробкою інших відходів населених місць і промислових підприємств. Одним з прогресивних способів утилізації шкідливих відходів очисних споруд є застосування технології піролізної переробки мулових осадів, як альтернативу захороненню в спеціальних виїмках або спалюванню зневодненого залишку в печах. Однією з основних причин цього є більш дешева енергія, яка отримується в процесі спалювання горючих сумішей, отриманих в результаті температурної обробки зневоднених мас [3-6].

Утилізація МОСВ за технологією піролізної переробки соціально та економічно виправдана, тому що призводить до зниження масштабів накопичених екологічних збитків і забезпечує отримання дешевого енергоносія з продуктів піролізу. Передбачається запровадження ресурсозберігаючої автономної технології комплексної переробки МОСВ з використанням отримано палива, а також реалізації його надлишків для інших споживачів. Такі технологічні процеси також супроводжуються утворенням дрібнодисперсного залишку у вигляді золи, яка в подальшому може використовуватися у складі сорбентів для очищення стічних вод, а також як модифікуючи добавка для будівельних сумішей [5-8].

В Україні тривалий час переробка продуктів МОСВ передбачала використання технології природного та штучного механічного зневоднення і подальше тимчасове збереження на мулових полях і мулонакопичувачах. В таких спорудах протягом тривалого часу зберігання відходів відбувались природні процеси їх знезараження та біодеградації.

Такі технології переробки ОСВ не відповідають сучасним тенденціям оскільки приводить до безповоротного відчуження земельних ділянок, які максимально наближені до меж населених пунктів і в послідуочому такі об'єкти будуть приносити значні екологічні ризики забруднення

повітря, підземних вод. При цьому не використовується той енергетичний потенціал, який міститься в цьому продукті. За даними літературних джерел енергетичний потенціал МОСВ наближається за калорійністю до бурого вугілля.

На сьогодні на світовому ринку немає готових рішень у вигляді продукту, який би забезпечував хімічне видалення запаху очисних відходів, пов'язував би леткі сполуки в мулі.

В табл.1 приведені основні напрямки утилізації ОСВ в окремих країнах світу [6-8].

Таблиця 1

Методи утилізації мулів осадів стічних вод (в %)

Країна	Використання як міндобрива	Захоронення на звалищах	Спалювання	Захоронення у водоймах та інші технології
Англія	53	16	7	24
Австрія	20	49	31	-
Німеччина	25	55	15	5
Данія	45	28	18	9
США	25	25	35	15
Італія	20	60	-	20
Фінляндія	40	41	-	19
Швейцарія	50	30	20	-
Швеція	60	30	-	10
Франція	23	46	31	-

Як видно з табл. 1 в сучасних умовах пріоритетним в утилізації осадів є переробка їх на добрива та поховання на звалищах та спалювання. Ще в 1998 році Європейське законодавство - Директива по очищенню міських стоків (UrbanWasteWaterTreatmentDirective) ввела заборону на скидання ОСВ в морські води, з метою захисту морського середовища.

В ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування» зазначено, що осаді стічних вод, як правило, повинні проходити стабілізаційну обробку (рекомендується використовувати біологічні, хімічні, термічні і термохімічні методи стабілізації). При роботі на очисних спорудах установок термічної сушки, спалювання, піролізу тощо додаткова стабілізація осаду не обов'язкова.

Технологічні способи зневоднення МОСВ, що включають використання барабанних вакуум-фільтрів, центрифуг, з наступною термічною сушкою і одночасної грануляцією, дозволяють отримувати продукт у вигляді гранул, що забезпечує отримання стабілізованих хімічних параметрів продукту та зручного для транспортування, зберігання і внесення в ґрунт органіно-мінерального добрива, яке містить азот, фосфор, мікроелементи.

Оскільки до їх складу ОСВ входять речовини, що володіють загально токсичними, канцерогенним та іншими негативними властивостями, можуть міститися важкі метали, патогенні організми, надмірну кількість нітратів, токсичних речовин, тому, перед їх використанням в якості добрив, необхідні відповідні дослідження.

Високий вміст органічних речовин дозволяє розглядати МОСВ як джерело енергії. Концентровані органічні і неорганічні речовини у складі осадів при дефіциті кисню розкладаються, перетворюючись в метан і кінцеві неорганічні продукти. Основними перевагами зброджування є стабілізація осаду, зменшення його обсягу і виробництво біогазу. Середній вміст метану (CH<sub>4</sub>) в біогазі становить 58-64 %, вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) - 30-40 %.

При утилізації МОСВ, цілком логічним є максимальне використання енергетичного потенціалу цього відходу, а мінеральну складову (20 %) використати для інших цілей, наприклад для виробництва будівельних матеріалів.

Екологічна ситуація, яка склалась в нових мікрорайонах м. Вінниці «Поділля» та «Академічний», які розміщені в напрямку розповсюдження повітропотоків з очисних споруд і на невеликих відстанях від таких спеціалізованих об'єктів, потребує невідкладного вирішення питань переробки накопичених на відстійниках МОСВ. Площа мулових майданчиків м. Вінниці становить до 23 га. Існує потреба їх збільшення ще на 24 га. Щорічно на мулові поля поступає близько 21 тис. т осадів стічних вод.

Альтернативним рішенням проблеми очисних споруд м. Вінниці є монтаж обладнання піролізної станції з переробки МОСВ встановленою потужністю 1500 кВт·год, яка зможе

переробити даний об'єм цих відходів та виробити 13 млн. кВт електроенергії в рік. При цьому тепло, яке буде вироблено, буде направлено на попередню підготовку сировини (підсушування).

Особливістю низькотемпературного піролізу є те, що осад, який переробляється переводить вуглеводні сполуки в газоподібний стан, а після їх конденсації утворюється «сира нафта». На відміну від простого спалювання, передбачається менша забрудненість атмосфери, позитивно залучаються до переробки і багато інших газоподібних продуктів. При піролізі вдало використовуються деякі компоненти опадів, такі як силікатні продукти і солі міді які виконують роль катализаторів в процесі перегонки, тому їх додаткове внесення при піролізі не потрібно. Піроліз відходів здійснюється при температурі 250-450 °С. Хімічний склад мінеральної частини осадів свідчить про те, що він в основному містить ті ж оксиди, які присутні в будівельних матеріалах (табл. 2) [5-8].

Таблиця 2

**Хімічний склад мінеральної частини осадів, % до абсолютно сухого його залишку**

Назва окислів	Вміст окислів, % за типами осаду		
	з первинних відстійників	активний мул	зброджена суміш осаду з відстійників і активного мулу
SiO <sub>2</sub>	8,4-55,9	7,6-33,8	27,3-35,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,3-18,9	7,3-26,9	8,7-9,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,0-13,9	7,2-18,7	11,4-13,6
CaO	11,8-35,9	8,9-16,7	12,5-15,6
MgO	23,1-4,3	1,4-11,4	1,5-3,6
K <sub>2</sub> O	0,7-3,4	0,8-3,9	1,8-2,8
Na <sub>2</sub> O	0,8-4,2	1,9-8,3	2,6-4,7
SO <sub>3</sub>	1,8-7,5	1,5-6,8	3,0-7,2
ZnO	0,1-0,6	0,2-0,3	0,1-0,3
CuO	0,1-0,8	0,1-0,2	0,2-0,3
NiO	0,2-2,9	0,2-3,4	0,2-1,0
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,8-3,1	0,0-2,4	12,3-1,9

При проведенні досліджень використовувалась лабораторна піролізна установка, яка була виготовлена НАН України для ТОВ «Енергоінвест», сировиною при проведенні дослідів служив ОСВ Вінницьких очисних споруд.

Зброджений осад має високу вологість (95...98 %), що вкрай ускладнює застосування його навіть в сільському господарстві в якості добрива і вимагає послідуочого зневоднення. Найбільш простий спосіб зневоднення – підсушування осаду на мулових майданчиках, де його вологість може бути зменшена з 95 до 80...75 %. На рис. 1 приведений зовнішній вигляд ОСВ та твердого продукту піролізної переробки.

Дослідження фізико-хімічних характеристик продуктів піролізної переробки МОСВ показали, що золи осадів після термічних процесів утворюються у вигляді дрібнодисперсних порошків коагульованих мас. За якісними показниками зернового складу порошки золи піролізу співрозмірні з характеристиками стандартних мінеральних порошків, які використовуються для виготовлення асфальтобетонних сумішей (таблиця 3) [7, 8].

Таблиця 3

**Результати дослідження гранулометричного складу золи піролізу МОСВ, % мас.**

Різновиди МОСВ	Залишок на ситі з розмірами отворів, мм					
	1,25	0,63	0,315	0,14	0,08	<0,08
Осади мулових полів витримані 27 років	29,4	48,1	66,4	83,8	93,4	100,0
Осади мулових полів витримані 17 років	46,5	71,3	82,4	90,5	95,9	100,0

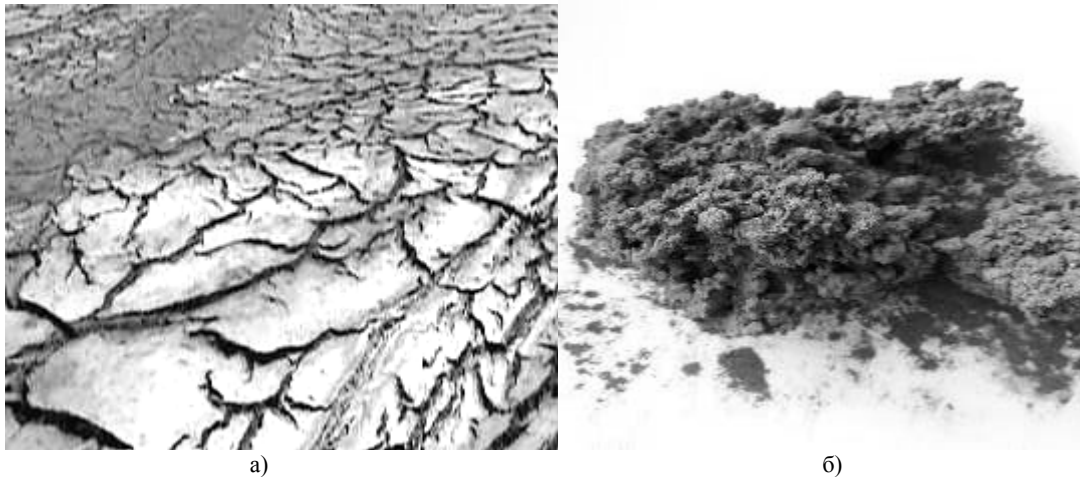


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд МОСВ на муловому полі (а), продукт піролізної переробки МОСВ (б).

Зважаючи, що вміст мінеральних складників у складі золи піролізу коливається за масою в межах 67-92 %, цілком очевидним є можливість використання таких компонентів як заповнювача в якості наповнювача в асфальтобетонних сумішах.

Додавання продуктів піролізної обробки МОСВ до складу асфальтобетонних сумішей, як альтернативи стандартних мінеральних порошоків, підтверджує можливість раціональної утилізації відходів комунальних підприємств і отримання товарних будівельних сумішей. Встановлено, що опір стиску при температурі + 20 °С для зразків з золою піролізу становить 21-26 кг/см<sup>2</sup> (для зразків стандартних складів нормоване значення  $\geq 20$  кг/см<sup>2</sup>). Водопоглинання зразків з порошками відходів складає 2.2-2.6% за масою, а для зразків стандартних складів нормовані показники складають 2.5-6.0% за масою. Порошки золи піролізної переробки МОСВ можуть використовуватись як замітник стандартних дрібнодисперсних мінеральних заповнювачів у складі асфальтобетону в межах до 150 кг на м<sup>3</sup> товарної суміші [7,8].

Аналізуючи вищенаведені результати досліджень нами запропоновано використання порошоків золи піролізної переробки МОСВ як модифікуючої добавки у складі будівельних сумішей на основі мінеральних в'язучих. Дослідженнями встановлено, що залишки мас піролізної обробки частково розчиняються у воді, розчин набуває брунатного забарвлення. Значення рН розчинених мас для відібраних проб складає 4,6 ÷ 6.5. Наявність у складі твердих мас продуктів піролізу органічних залишків у кількості 18-38% мас наряду з вмістом природних мінеральних компонентів може забезпечити формування підвищеної щільності мікроструктури і підвищення пластичних характеристик будівельних розчинів.

Встановлення доцільності використання продуктів піролізної переробки МОСВ як добавки-модифікатора у складі будівельних розчинів досліджували відповідно до умов стандартної методики випробування будівельних розчинів на основі мінеральних в'язучих. Для приготування експериментальних складів використовували кварцовий пісок (рис. 1.5), портландцемент ПЦ ІІ/А-400, як добавку – дрібнодисперсні порошки, продукт піролізу МОСВ Вінницького регіону. Дослідження впливу добавки на фізико-механічні характеристики зразків-моделей будівельних розчинів проводились для різних складів сумішей. Так: для серії 1 прийнято контрольний стартовий склад будівельних розчинів; для серії 2 – замість 5 % мас портландцементу додавали 5% добавки; для серії 3 – замість 10 % мас портландцементу додавали 10 % добавки; для серії 4 – замість 15% мас портландцементу додавали 15% добавки. Зразки пропарювались в пропарочній камері при температурі 85 °С і тверднули на протязі 28 діб в нормальних умовах. Узагальнені результати випробувань наведено на рис. 2.

Представлені в графічній інтерпретації результати дослідження фізико-механічних характеристик зразків будівельних розчинів і бетону підтверджують можливість використання продуктів піролізної переробки МОСВ у складі будівельних сумішей на основі мінеральних в'язучих. Як видно з графіків (рис. 2, серія 2) заміна 5 % мас портландцементу на 5 % мас добавки золи мулових осадів практично не впливає на механічні властивості зразків-моделей цементно-піщаного розчину. Коливання міцності зразків при стиску в межах 5-7% є прийнятним для піонерних експериментальних досліджень.

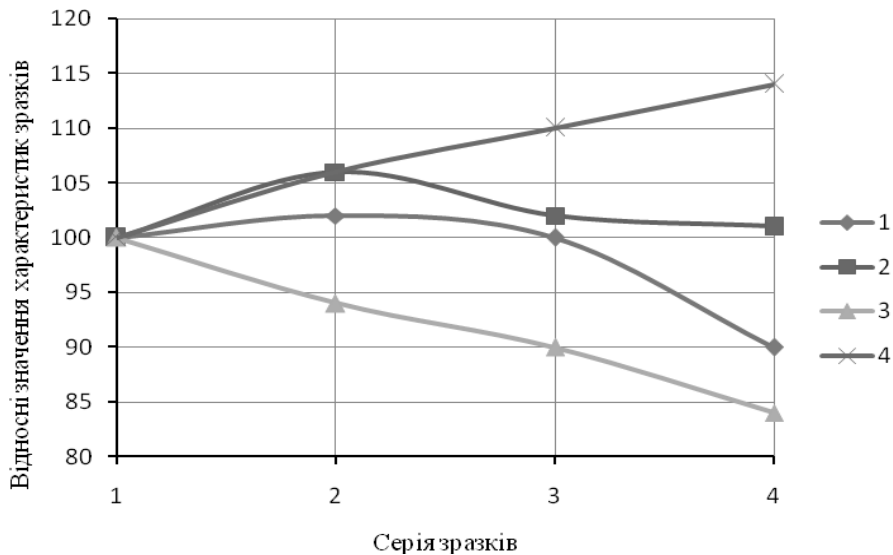


Рисунок 2 – Результати дослідження фізико-механічних характеристик зразків (28 діб тверднення): 1 – міцність при стиску зразків розчинів; 2 – міцність при стиску зразків бетонів; 3 – зміна водопотреби суміші зразків розчинів; 4 – середня густина зразків розчинів

По мірі збільшення вмісту добавки і заміни частки портландцементу має місце певна пластифікація суміші та незначне зменшення міцності у тому числі і за рахунок вилучення мінерального в'язучого. Простежується також позитивна динаміка зростання середньої густини зразків будівельних розчинів по мірі збільшення вмісту добавки. Очевидним є той факт, що щільність структури зразків взаємопов'язується з водопотребами сировинних сумішей. Така інтерпретація властивостей чітко простежується на графіку (рис. 2). Комплексна оцінка ефективності добавки потребує більш детальних досліджень.

### Висновки

В результаті проведеного теоретичного аналізу технологій переробки осадів стічних вод комунальних підприємств встановлено, що найбільш перспективним напрямком утилізації МОСВ є технологія піролізу з вилученням джерел енергетичних ресурсів у вигляді газу і отримання продуктів утилізації – золи осадів. Отриманий твердий продукт піролізної переробки у вигляді дрібнодисперсної золи коагульованих мас може використовуватись як заповнювач асфальто-бетонних і звичайних будівельних сумішей на мінеральних в'язучих. Додавання до складу будівельних розчинів і бетонів добавки золи осадів суттєво не впливає на зміну фізико-механічних властивостей зразків будівельного матеріалу. При цьому виявлено зміни властивостей макро-структури зразків по зростанню значення середньої густини матеріалу, що позитивно впливатиме на водопотреби будівельних виробів і їх морозостійкість. Подальші етапи дослідження передбачають вивчення хімічного складу продуктів піролізної переробки осадів стічних вод з метою адаптації добавок до нормованих характеристик компонентів будівельних розчинів.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Петрук В.Г. Возможные направления утилизации осадков сточных вод на КП «Вінницяоблводоканал» / Петрук В.Г., Васильківський І.В., Запорожська Р.В., Кватернюк С.М. // «Наука. Молодь. Екологія». Матеріали Міжнародної НПК в рамках I Всеукраїнського молодіжного з'їзду екологів з міжнародною участю, м. Житомир, 21–23 травня 2014 року. – Житомир Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. – С. 60-65.
- Петрук В. Г. Методи переробки осадків стічних вод / Петрук В.Г., Васильківський І.В., Безвознюк І.І., Петрук Р.В. та інш. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 423с.
- Гуляева И.С. Анализ и обоснование методов обезвреживания и утилизации осадков сточных вод биологических очистных сооружений / Гуляева И.С., Дьяков М.С., Савинова Я.Н., Глушанкова И.С. // Вестник ПНИПУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности.: Пермь. – 2012. – № 2. – С. 18-32.
- Пашутина Е.Н., Давыдов С.И. Некоторые вопросы утилизации осадков сточных вод города Луганска // Науковий вісник Луганського НАУ, Серія Біологічні науки. – Луганськ : Елтон-2 –2010, №19. – С. 84-87.
- Туровський І.С. Осадки сточных вод. Обезвреживание и обеззараживание. – М.: ДеЛипринт. – 2008. – 375с.
- Покровская Е.В., Сергеева Т.Н., Утилизация осадков сточных вод // Экология и промышленность России. –2005. – С. 17-25.
- Черниш С. Ю. Обзор возможностей переработки осадков промышленных стоков / С. Ю. Черниш, Л. Д. Пляцук // Мат.НТК «Сучасні технології в промисловому виробництві», м. Суми: СумДУ, 2011. – ч. 3. – С. 40–41

8. Насыров И.А., Маврин Г.В., Зиннатов Р.Р. Пиролиз иловых осадков очистных сооружений как способ утилизации // Современные тенденции развития науки и технологий: сборник научных трудов по материалам VIII Международной (заочной) научно-практической конференции. – Белгород. – 2015. - №8-3. – С. 19 – 20.

## REFERENCES

- Petruk V.H. Mozhlyvi napryamky utylizatsiyi osadiv stichnykh vod na KP «Vinnitsyaobvodokanal» / Petruk V.H., Vasyl'kivs'kyu I.V., Zaporozhs'ka R.V., Kvaternyuk S.M. // «Nauka. Molod'. Ekolohiya». Materialy Mizhnarodnoyi NPK v ramkakh I Vseukrayins'koho molodizhnoho z'yizdu ekolohiv z mizhnarodnoyu uchastyu, m. Zhytomyr, 21–23 travnya 2014 roku. – Zhytomyr Vyd-vo ZHDU im. I. Franka. – S. 60-65.
- Petruk V. H. Metody pererobky osadiv stichnykh vod / Petruk V.H., Vasyl'kivs'kyu I.V., Bezvoznnyuk I.I., Petruk R.V. ta insh. – Vinnytsya: VNTU, 2013. - 423s.
- Hulyaeva Y.S. Analiz y obosnovanye metodov obezvrezhyvaniya y utylyzatsyy osadkov stochnykh vod byolohycheskykh ochystnykh sooruzhenyy / Hulyaeva Y.S., D'yakov M.S., Savynova YA.N., Hlushankova Y.S. // Vestnyk PNYPU. Okhrana okruzhayushchey sredy, transport, bezopasnost' zhyznedeyatel'nosti.: Perm'. – 2012. – № 2. - S. 18-32.
- Pashutyna E.N., Davydov S.Y. Nekotorye voprosy utylyzatsyy osadkov stochnykh vod horoda Luhanska// Naukovyy visnyk Luhans'koho NAU, Seriya Biolohichni nauky. – Luhans'k : Elton-2 –2010, №19.– S. 84-87.
- Turovs'kyu Y.S. Osadky stochnykh vod. Obezvozhvyvanye y obezzarazhyvanye. – M.: DeLyprynt. – 2008. - 375s.
- Pokrovskaya E.V., Serheeva T.N., Utylyzatsyya osadkov stochnykh vod // Ékolohyya y promyshlennost' Rossyy. –2005. – S. 17-25.
- Chernysh YE. YU. Ohlyad mozhlyvostey pererobky osadiv promyslovykh stokiv / YE. YU. Chernysh, L. D. Plyatsuk // Mat.NTK «Suchasni tekhnolohiyi v promyslovomu vyrobnytstvi», m. Sumy: SumDU, 2011. – ch. 3. – S. 40–41
- Nasyrov Y.A., Mavryn H.V., Zynnatov R.R. Pyrolyz ylovykh osadkov ochystnykh sooruzhenyy kak sposob utylyzatsyy // Sovremennye tendentsyy razvytyya nauky y tekhnolohyy: sbornik nauchnykh trudov po materyalam VIII Mezhdunarodnoy (zaochnoy) nauchno-praktycheskoy konferentsyy. – Belhorod. – 2015. - №8-3. – S. 19 – 20.

**Сердюк Василь Романович** – д. т. н, професор, професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету. E-mail: modser@i.ua.

**Христич Олександр Володимирович** – к. т. н. доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету. ORCID 0000-0003-0166-547X.

**Жердецький Василь Федорович** - консультант ТОВ «Енергоінвест» м. Вінниця.

**Житник Віталій Володимирович** – головний інженер ТОВ «Енергоінвест» м. Вінниця.

**Терещенко Олександр Петрович** – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: atereschenko@yandex.ru.

V. Serdyuk<sup>1</sup>  
A. Khristich<sup>1</sup>  
V. Zherdetsky<sup>2</sup>  
V. Zhitnik<sup>2</sup>  
O. Tereschenko<sup>1</sup>

## USE OF PREMISES OF PYROLYSIS PROCESSING OF MULOVIC STEEL WATERS IN BUILDING MATERIALS

<sup>1</sup>Vinnitsa National Technical University  
<sup>2</sup>TOV «Energoinvest»

*It is confirmed that the ecological state of the environment in Ukraine is one of the most acute socio-economic problems, and pollution of water ecosystems is a huge danger for future generations. The relevance of scientific research in the field of sludge wastewater treatment of communal enterprises is highlighted. The necessity of development of resource-saving technology for waste utilization of communal enterprises for solving important ecological and social problems of regions of Ukraine has been confirmed. The results of theoretical studies of sludge sludge processing technologies are presented and the most promising ones are noted. The study of physical and chemical characteristics of sewage sludge of communal enterprises of the regions of Ukraine was performed, chemical composition of products of pyrolysis processing of sludge sediments and their physical parameters were studied. The processes of utilization of dehydrated sediments by processing of sediment masses by pyrolysis are analyzed. New recipe parameters of building mixtures for use as a modifying additive of ash of slimes, as products of pyrolysis processing of dehydrated sludge sediments of sewage of communal enterprises of Vinnitsa region are offered. The component components of raw mixtures for the production of samples-models of building products have been developed, a program of scientific research has been proposed. An analysis of the results of experimental research on the use of products of pyrolytic treatment of waste as a filler of building mixtures on organic binder in the composition of asphalt concrete. The indexes of physical and chemical parameters of sediment ash are established and the feasibility of using pyrolysis products as additives in building mixtures is substantiated. The warehouses of building solutions with the use of products of pyrolysis of sewage sludge processing as modifying additives are offered. Experimental studies of the physical and mechanical properties of samples-models of construction products made on the basis of mineral binders have confirmed the possibility of using ash residues of sediments in building mixtures. The necessity of conducting the full complex of physical and chemical researches of products of pyrolysis processing of sludge sediments for the establishment of clear*

indicators of chemical composition of ash is indicated. The prospect of a new direction of scientific research on the utilization of harmful substances of anthropogenic origin and the receipt of a new variety of chemical additives for building mixtures is noted.

Key words: sludge sediments of sewage, pyrolysis processing, fine sediments of sediments, fillers of building mixtures, modifying an additive, building solutions.

**Serdyuk Vasyl Romanovich** - Dr. Tekh. Sciences, Professor, Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture of Vinnytsia National Technical University.

**Alexander Khristich** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Urban and Architecture of Vinnytsia National Technical University.

**Zherdetsky Vasily Fedorovich** - Consultant of Energoinvest Ltd. Vinnitsa.

**Zhitnik Vitaly Volodymyrovych** - Chief Engineer of Energoinvest Ltd, Vinnytsia.

**Tereschenko Oleksandr** - candidate of engineering sciences, associate professor, Vinnitsa national technical university, Vinnitsa, e-mail: atereschenko@yandex.ru

**В. Р. Сердюк<sup>1</sup>**  
**А. В. Христич<sup>1</sup>**  
**В. Ф. Жердецкий<sup>2</sup>**  
**В. В. Житник<sup>2</sup>**  
**А. П. Терещенко<sup>1</sup>**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСТАТКОВ ПИРОЛИЗНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МУЛОВЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЯХ

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет  
<sup>2</sup>ООО «Энергоинвест»

Подчёркнуто проблематичность экологической обстановки окружающей среды в Украине, как главной социально-экономической проблемы, отмечено опасность для будущих поколений в связи с загрязнением водных экосистем. Освещено актуальность научных исследований у сфере переработки иловых остатков сточных вод коммунальный предприятий. Обосновано необходимость разработки ресурсосберегающих технологий для утилизации отходов коммунальных предприятий с целью решения важных экологических и социальных проблем для регионов Украины. Представлены результаты теоретических исследований существующих технологий переработки иловых остатков сточных вод и определены перспективные направления научного поиска. Выполнено исследование физико-химических характеристик иловых остатков сточных вод, изучено химический состав продуктов пиролизной переработки иловых остатков и их физические параметры. Выполнены аналитические исследования процессов утилизации отходов коммунальных предприятий. Предложены рецептурно-технологические параметры строительный смесей с использованием в качестве добавки-модификатора для строительных смесей продуктов пиролизной переработки иловых остатков сточных вод – золы шламов, полученных из отходов Винницкого региона. Разработано количественные составы компонентов сырьевых смесей для изготовления образцов-моделей строительных изделий, предложена программа научных исследований. Выполнен анализ результатов экспериментальных исследований возможности использования продуктов пиролизной переработки иловых отходов как наполнителя строительных смесей на основе органических вяжущих. Установлены показатели физико-химических параметров зольных остатков пиролизных переработок илов сточных вод для использования в качестве добавки в строительные растворы. Предложены составы строительных смесей с использованием продуктов пиролизной переработки илов как добавки-модификатора. Экспериментальными исследованиями физико-химических свойств образцов строительных смесей с использованием минеральных вяжущих подтверждено возможность использования зольных остатков отходов сточных вод в строительных смесях. Отмечено необходимость дальнейших физико-химических исследований зольных остатков с целью получения характеристик химического состава продуктов пиролизной переработки для прогнозирования дальнейших научных проектов. Отмечено перспективность нового направления исследований с целью утилизации вредных продуктов жизнедеятельности и получения при этом нового вида добавок для строительных смесей.

Ключевые слова: иловые остатки сточных вод, пиролизная переработка, мелкодисперсные золы остатков, наполнители строительных смесей, модифицирующие добавки, строительные растворы.

**Сердюк Василий Романович** – д-р тех. наук, профессор, профессор кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры Винницкого национального технического университета. E - mail: modser@i.ua.

**Христич Александр Владимирович** – к.т.н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры Винницкого национального технического университета.

**Жердецкий Василий Федорович** – консультант ООО «Энергоинвест» г. Винница.

**Житник Виталий Владимирович** – главный инженер ООО «Энергоинвест» г. Винница.

**Терещенко Александр Петрович** – к.т.н., доцент, Винницкий национальный технический университет, г. Винница, e-mail: atereschenko@yandex.ru.