

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Ліщук Алла Миколаївна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва, Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>)

**Драга Мар'яна Василівна**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва, Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: m\_druga@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9456-4728>)

**Городиська Інна Миколаївна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, заступник завідуючого відділу підготовки наукових кадрів та методично-інформаційного забезпечення, Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: anni0479@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1580-3450>)

**Терновий Юрій Вікторович**, кандидат сільськогосподарських наук, директор, Сквирська дослідна станція органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України (вул. Селекційна, 1, м. Сквиря, Сквирський р-н, Київська обл., Україна, 09000; e-mail: ternowoj@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>)

УДК 631.8

DOI: 10.33730/2310-4678.3.2021.247144

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ КАРТОННО-ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

*Т.Б. Романенко*

*кандидат економічних наук*

*Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)*

*e-mail: trs83@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4178-7773>*

*Н.В. Зіновчук*

*доктор економічних наук, професор*

*Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)*

*e-mail: nataliazin@rambler.ru*

*Промисловий сектор відіграє значну роль у зростанні світової економіки, але збільшення об'ємів промислового виробництва призводить до збільшення кількості промислових відходів. Аналіз позитивних властивостей відходів целюлозно-паперового виробництва дозволяє розглядати скоп волокнистий як побічний продукт виробництва картону та паперу. Встановлено, що скоп містить як органічні, так і неорганічні речовини, які мають властивості, необхідні для сільськогосподарських культур та ґрунтів. Скоп може використовуватися як добавка до ґрунтів (меліорант) для покращення їх якості і навіть як органо-мінеральне добриво для покращення врожайності як у чистому вигляді, так і в суміші з іншими компонентами. Існує необхідність у подальших дослідженнях властивостей скопу макулатурного волокнистого для використання в аграрній сфері в українських екосистемах. Розроблено низку рекомендацій, на які потрібно звернути увагу при проведенні досліджень з використання скопу в агроєкосистемах України.*

**Ключові слова:** *скоп волокнистий, утилізація відходів целюлозної промисловості, добавка до ґрунту, меліоранти, органо-мінеральні добрива.*

### ВСТУП

Незважаючи на зростаючу роль цифрових технологій, целюлозно-паперова промисловість досі залишається активною та відіграє фунда-

ментальну роль у світовій економіці. Попит на папір і целюлозу продовжує зростати у всьому світі через їх велике споживання. Процес переробки паперу продукує значну кількість

відходів, які не підходять для виробництва нового паперу. Зростаючий об'єм цих відходів вважається однією з найсерйозніших екологічних проблем.

Такі відходи відомі як скоп волокнистий (скоп). Скоп є одним з основних твердих відходів у процесі виробництва целюлози. Це складні суміші органічної речовини (переважно целюлозного волокна з деревини або волокнистого вторинного паперу), неорганічних твердих сполук (переважно карбонату кальцію, каолініту, тальку, глини, золи), хімічних добавок, наповнювачів, що використовуються у виробництві паперу та води. Скоп волокнистий є остаточним відходом целюлозно-паперової промисловості, що утворюється на різних стадіях процесу виготовлення паперу та картону.

Утилізація скопу є неминучою проблемою для виробників. Історично практика утилізації залишків картонно-паперового виробництва полягала у вивезенні на звалища. Ці полігони можуть бути промисловими звалищами, які побудовані та експлуатуються при самих комбінатах, або вони можуть перебувати в іншій власності, що вимагає від заводів сплачувати додаткові кошти за утилізацію осаду. Звалища довгий час були основним методом утилізації таких відходів, але цей підхід має багато недоліків. В Україні, на відміну від країн Європи та Північної Америки, цей метод досі залишається найбільш поширеним, хоча й не враховує далеку перспективу, оскільки кількість доступних земель під полігони обмежена, а сам метод негативно впливає на навколишнє середовище (грунт, воду та повітря), переважно через наявність запаху та викидів парникових газів і просочування відходів у стічні води [3; 4]. Крім того, вивезення скопу на звалище все одно коштує дорого через високий у ньому вміст вологи, і навіть в Україні таке рішення стає все менш економічно доцільним.

Утилізація відходів картонно-паперового виробництва в країнах Європейського Союзу передбачає економічні, екологічні та соціальні витрати, які мають тенденцію до зростання в майбутньому, оскільки деякі країни обмеження або заборони щодо захоронення відходів на звалищах. Так, Європейська Директива про сміттєзвалища 1999/31/ЕС від 26.04.1999 р. та Директива про відходи 2008/98/ЕС від 30.05.2018 р. спрямовані на запобігання або, наскільки це можливо, зменшення негативного впливу сміттєзвалищ на навколишнє середовище шляхом запровадження жорстких технічних вимог до відходів та звалищ. Нинішні полігони вже переповнені, а нові важко розмістити та побудувати через більш жорсткі екологічні вимоги. Тому в країнах ЄС все більше компаній звертаються до

альтернативних методів утилізації скопу, досліджується та запроваджується застосування скопу волокнистого в сільському та лісовому господарстві (переробка в меліоранти або у високоякісне добриво), енергетиці (спалювання, анаеробне перетравлення, піроліз, біоетанол, виробництво водню та безпосереднє зрідження) та інтеграції в будівельні матеріали (біокомпозит, цемент, асфальт, заповнювачі, адсорбенти тощо).

Спалювання як альтернатива захороненню є поширеним у світі варіантом, але має власні недоліки. Спалювання зменшує обсяг матеріалу, який необхідно вивезти на звалище (золу), і відновлює деяку енергію, зменшуючи таким чином потребу в іншому паливі [5]. Проте необхідний жорсткий контроль (стандарти якості повітря) є головним недоліком такого рішення, оскільки забруднення не можна перенести з ґрунту (звалища) у повітря. А необхідність у додатковому паливі для підтримання горіння, в свою чергу, негативно впливає на економіку процесу через високі витрати.

Використання скопу у виробництві будматеріалів є темою окремої статті. У цій статті зосереджено увагу на методі внесення скопу в ґрунти сільськогосподарського та лісового призначення. Метою роботи є описати наявні напрацювання в цьому напрямі та з'ясувати ефективність цього методу.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Не дивлячись на те, що в Україні розвинена целюлозно-паперова промисловість, вітчизняних наукових статей про сільськогосподарський напрям використання скопу волокнистого практично немає. Серед іноземних же публікацій активні дослідження на цю тему почали з'являтися на межі 2000–2010-х років [4–6; 10–13]. У них відмічають, що технології виробництва паперу у ХХІ ст. змінилися, змінилися властивості відходів, а отже, більш ранні дослідження дещо втратили свою точність. Новітні ж дослідження [1–3; 7–9; 14] частково згадують ці вищезгадані публікації та певним чином використовують їх напрацювання, частково повторюють їх тези та роблять схожі висновки. Отже, можна говорити зараз про актуальність наукових праць на цю тему за останні 10 років.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методологія досліджень базувалася на системному та комплексному підходах, аналізі даних літературних джерел та результатів власних досліджень. У процесі дослідження використовували загальнонаукові методи, зокре-

ма: загальнологічний та діалектичний методи пізнання (вивчення різноманітних джерел на задану тему), методи аналізу та синтезу, порівнянь (виділення співпадінь та розбіжностей у результатах різних досліджень), комплексної оцінки (технологій поводження з відходами, їх досконалості), наукового абстрагування, індукції та теоретичного узагальнення (формулювання висновків).

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Розширення та інтенсифікація сільського господарства за останні десятиліття спричинили несприятливий вплив на навколишнє середовище, включаючи збільшення концентрації парникових газів в атмосфері, порушення циклів азоту (N) та фосфору (P), деградації ґрунтів та втрати біорізноманіття. Ці проблеми загрожують здатності екосистем виробляти продукти харчування для зростаючого населення. Щодо продуктивності сільськогосподарських ґрунтів, органічна складова ґрунту має вирішальне значення. Це впливає на хімічні, біологічні та фізичні властивості ґрунту, а отже, і на врожайність. Зниження вмісту органічного вуглецю (C) у сільськогосподарських ґрунтах загрожує їх родючості, збільшує ризик ерозії та вимивання поживних речовин. У більшій частині Європи рівень органічного вуглецю (C) у ґрунті зменшується [8]. Існує велика потреба в екологічних добривах та добавках до ґрунту, оскільки поточні практики внесення добрив негативно впливають на навколишнє середовище. Внесення скопу целюлозного заводу могло би стати розумним рішенням.

Використання скопу, отриманого з целюлозно-паперової промисловості, у сільському господарстві вивчалось для різних типів ґрунтів та клімату. Результати загалом свідчать про позитивний вплив на рослинництво, фізичні властивості ґрунту та на довкілля. Скоп багатий макро- і мікроелементами. Зокрема, він містить N, P, K, Ca та Mg [14]. Концентрації поживних речовин скопу змінюються залежно від методу виробництва та рівня розпаду мікробів, що стався під час вторинної обробки. Потенційно скоп може бути використаний як добавка до ґрунту (верхнього шару) для поліпшення росту рослин та мінімізації утворення тріщин, а отже, зменшення проблем ерозії та інфільтрації, і опосередковано пом'якшити несприятливі наслідки виробництва харчових продуктів до якості стічних вод. Волокниста структура скопу зменшує об'ємну щільність ґрунту та збільшує його водоутримуючу здатність, а отже, є цінним інструментом, коли ґрунти виснажені або піддаються ерозії. Також скоп містить органічні речовини — важливий компонент у культиву-

ванні здорових, процвітаючих ґрунтів. Наявність органічних речовин покращує вологість та живлення, також допомагає протистояти ерозії (у ґрунтах із низьким вмістом органічних речовин), покращує структуру ґрунту та підвищує його агрегатну стабільність. Завдяки цьому зменшується дисперсія ґрунту під час дощів та ризик пов'язаного з ними вимивання поживних речовин із земельної ділянки. Покращення властивостей ґрунту, таких як збільшення пористості, збільшення агрегації та стійкості, зменшення нащипної щільності, збільшення водоутримуючої здатності, викликається ще й тим, що органічні речовини збільшують мікробну активність ґрунту, оскільки можуть безпосередньо утворювати органічно-мінеральні сполуки, які зв'язують частинки ґрунту між собою [1; 5–7; 14]. Після тривалого внесення скопу в ґрунті збільшуються запаси C і N. Особливо цікавим спостереженням було збільшення кількості грибів *Sebacinales*, які використовуються як індикатори покращення якості сільськогосподарського ґрунту в органічному землеробстві [10].

Окрім азоту (N), фосфору (P), калію (K), кальцію (Ca) і магнію (Mg), скоп також містить карбонат кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ), матеріал, широко використовуваний у сільськогосподарській промисловості для стабілізації або нейтралізації кислих ґрунтів шляхом підвищення рН ґрунту в практиці, відомої як вапнування. Застосування скопу на кислих ґрунтах може забезпечити істотні переваги, такі як нейтралізація кислотності ґрунту, збільшення органічної речовини та інших необхідних поживних речовин [6].

За даними досліджень [7; 8], додавання скопу зменшувало втрати фосфору (P) із ґрунту (особливо глинистого) у ґрунтові води та змінювало склад ґрунтових бактерій і грибків. Також перевірявся вплив скопу на врожайність пшениці (*Triticum aestivum*) та залишковий вплив на врожай вівса (*Avena sativa*) у субарктичному кліматичному поясі [8]. Дворічний польовий експеримент включав дві обробки компостованим скопом, дві обробки скопом, що стабілізувався вапном (обидва з додатковими мінеральними добривами), обробку мінеральними добривами та контроль без обробок. Усі добрива збільшили врожайність. Відмінностей у врожайності сільськогосподарських культур між обробленими скопом та мінеральними добривами не було. Також повідомляється про зменшення вилуговування нітратів ( $\text{NO}_3$ ) із сільськогосподарського ґрунту після додавання у ґрунт відходів паперової фабрики. Частина мінеральних азотних добрив для ярих зернових культур можна замінити скопом, внесеним восени минулого року. Таким чином, використан-

ня скопу в сільському господарстві потенційно може зменшити використання мінеральних добрив та пов'язаний із цим несприятливий вплив на довкілля.

При мульчуванні скоп також можна успішно використовувати для зменшення дефіциту калію в ґрунті [11].

У кількох дослідженнях було виявлено збільшення органічного вуглецю (С) ґрунту після додавання скопу та збереження його в ґрунті протягом кількох років. Дослідження підкреслюють роль саме органічних речовин у стабілізації С за допомогою органо-мінеральних взаємодій та захисту його від розкладання. Вуглець, захищений органо-мінеральними сполуками, призводить до утворення невеликих водостійких мікроагрегатів, що сприяє стабільності ґрунту протягом кількох років. Теоретично посилена мікробна активність та потенційні зміни в мікробних співтовариствах через додавання органічної речовини можуть одночасно сприяти тривалому зберігання С та захисту ґрунтової структури від стресів, спричинених водою [6].

Проводились досліді [10] з висаджування насіння сої в ґрунт із різною кількістю скопу в його складі. Встановлено, що 25% скопу в ґрунті дало найкращі показники порівняно з контролем та більшим вмістом скопу за такими показниками, як відсоток пророслого насіння, маса кореню, кількість стручків та середня маса листя на одну рослину.

Застосування скопу значно збільшило вміст макроелементів у бамії їстівній (*Abelmoschus esculentus*) та м'яті садовій (*Mentha sachalinensis*) [14]. Дослід виявив вищу за контроль концентрацію поживних речовин, а саме Р, N, Са і Mg. Внесення скопу у верхній шар ґрунту значно підвищило родючість ґрунту та створило сприятливе середовище для росту цих рослин, позитивно вплинуло на біомасу шляхом покращення якості ґрунту та поступового збільшення поживних речовин, необхідних для росту.

Застосування скопу в суміші із гноєм ВРХ [12] збільшило товарну врожайність картоплі порівняно з контролем. Найбільший урожай картоплі та поглинання азоту отримано, коли органічна добавка була доповнена мінеральним добривом. Це говорить про те, що додаткове азотне добриво необхідне навіть для органічних добавок із великою кількістю азоту для задоволення потреб картоплі в азоті та збільшення товарного врожаю. Застосування органічних добавок не збільшило захворюваності на звичайну паршу картоплі та чорного нальоту порівняно з обробкою мінеральними азотними добривами. Це дослідження показує, що за

належного застосування скоп може підвищити врожайність і якість картоплі та зменшити потребу в азотних добривах.

Наразі ведуться дослідження [2], які показують, що золу від спаленого скопу можна використовувати як ефективне добриво для лісового господарства. Таке біовугілля, тобто вуглець з органічного матеріалу, повертаючись у ліс, фактично закриває природний цикл. Коли дерева ростуть, вони поглинають вуглекислий газ із повітря та поживні речовини, а також катіони основ із ґрунту. Коли вирубують дерева для виробництва целюлози та паперу, поживні речовини та катіони основ збираються в скопі. Перетворюючи скоп у біовугілля, серед іншого, виробляється новий тип поліпшувача ґрунту, який можна використовувати в лісових розсадниках або безпосередньо в лісі. Після повернення біовугілля в ліс можна зменшити як підкислення, так і викиди вуглекислого газу. Таким чином, вуглець зв'язується та зменшує викиди вуглекислого газу в атмосферу, що протидіє глобальному потеплінню. Дослідницький проєкт на цю тему розпочався в 2018 році і має завершитися у 2022 році.

Однак майже всі дослідження на тему використання скопу в сільському господарстві відмічають значну кількість нюансів та відмінностей у результатах. Оскільки технології виробництва паперу та картону можуть різнитися в залежності від конкретної фабрики, то й види відходів і, відповідно, їх властивості теж будуть відрізнятися.

Слід враховувати можливу присутність важких металів, органічних патогенів людини та інших забруднювачів [14]. Хімічний склад скопу варіюється між дослідженнями, що ускладнює порівняння різних результатів. Зокрема, це стосується частки целюлози, вмісту азоту та фосфору, кальцію, важких металів, співвідношення С:N. Також у різних дослідженнях різняться методика внесення: подекуди скоп вноситься в чистому вигляді [6–7; 10–11], а десь — із додатковими добривами [8; 12]. Крім того, окрім внесення в ґрунт, [11] досліджує й мульчування.

Існують протилежні дані про якість та поглинання азоту (N) у порівнянні з мінеральними добривами. Потрібна додаткова інформація про мінералізацію N. Вивільнення азоту відбувається шляхом природної мінералізації та нітрифікації, що залежить від температури, рН та активності бактерій. Якщо рН можна контролювати, то вивільнений азот можна контролювати та оптимізувати.

Скоп утримує багато води [10]. Вода важлива для проростання, оскільки активує ферменти в насінні, які запускають ріст рослини. Скоп у

середовищі вирощування утримуватиме більше води навколо насіння, щоб активувати ферменти для проростання. Але занадто велика кількість води, яка може утримуватися в скопі, може затопити його. Крім того, насіння може опинитися між великими шматками скопу та не мати достатньо контакту з водою для проростання.

Також багато питань викликають і методи переробки/підготовки скопу. Наприклад, компостування як один із методів стабілізації, що використовується для запобігання неконтрольованому ґниттю скопу, може бути життєздатним варіантом, оскільки це може підвищити якість скопу. Однак при компостуванні слід відстежувати поглинання важких металів сільськогосподарськими культурами та долю цих важких металів у ґрунтах, щоб уникнути потенційного забруднення ґрунту та води. Також метод викликає сумніви з практичної точки зору, оскільки вимагає великої площі землі та додаткових витрат на зберігання та переробку. Інша деталь полягає в тому, що вносити можна як зневоднений, так і не зневоднений скоп. Коли скоп не зневоднюється, його легше вносити в ґрунт. Однак витрати на транспортування можуть стати непомерними, якщо не висушений скоп потрібно транспортувати на велику відстань від фабрики. Після сушки області застосування можуть бути далі від виробництва.

Отже, щоб напням використання скопу в сільському господарстві запрацював в Україні, необхідно, спираючись на іноземний досвід, дослідити технічну можливість та ефективність в умовах саме України, враховуючи стан конкретних ґрунтів та кліматичних зон, і вивчити властивості конкретного продукту від конкретного виробника. Виробнику, який вивчатиме такі перспективи, необхідно виконати низку завдань:

1) класифікувати види відходів згідно з регламентом власного виробництва;

2) зробити детальний аналіз хімічного та біологічного складу кожного відходу з визначенням органічної і неорганічної частки, врахувати його фізичні властивості. Визначити відсоток органічної речовини, рН, катіонообмінну здатність, текстуру та терміни для мікробної модифікації. Деякі зразки можна змішувати, щоб мати більш репрезентативну вибірку для дослідів. Зразки слід збирати протягом тривалого періоду часу, якщо процес на целюлозному заводі часто змінюється, впливаючи на властивості скопу, що виробляється. Тип скопу визначає склад добрив;

3) визначитися із напрямками досліджень та чітко зафіксувати, які саме властивості продукту необхідно підтвердити, який вплив цих властивостей на родючість ґрунту, якість ді-

лянки та врожайність, що буде вивчатися, до якої остаточної товарної форми привести продукт, а також сферу застосування кінцевого продукту;

4) провести лабораторні дослідження згідно зі списком на підтвердження кожної гіпотези. Лабораторні експерименти є короткочасним, лаконічним підготовчим етапом до польових досліджень. На цьому етапі, зокрема, необхідно провести досліди на різних видах рослин, щоб визначити найбільш адекватні для подальшої роботи, визначити норми і методологію внесення та результати впливу скопу на ґрунт (рівень рН, вміст NPK тощо);

5) результати лабораторних слід підтвердити польовими дослідженнями, щоб визначити їх застосування в реальних умовах. Проаналізувати якість ґрунту перед дослідженнями та після. Відстежувати вміст поживних речовин, мікроелементів та води в ґрунті, включаючи важливі параметри, такі як час та глибина проникнення води після змочування, мінералізацію азоту та порівняти вплив скопу на врожайність сільськогосподарських культур з і без додаткового мінерального азоту, дослідження розкладання скопу та зміни співвідношень C:N з плином часу. Майбутні дослідження повинні включати різні способи попередньої обробки, різні норми внесення та комбінації з іншими органічними й мінеральними добривами;

6) після підтвердження певних властивостей продукту розробити технологічний регламент його переробки у відповідну товарну форму;

7) розробити інструкції та рекомендації щодо застосування товарного продукту в реальних умовах.

## ВИСНОВКИ

Целюлозно-паперова промисловість продукує величезну кількість твердих відходів, що становить гігантський екологічний тягар. Адекватне поводження з такими відходами є найважливішим завданням сучасної целюлозно-паперової промисловості. Використання скопу як добрива або добавки до ґрунту є потенційно вигідним методом його утилізації, який за певних умов може бути й економічно ефективним. До того ж таке використання скопу було б вигідним не тільки для виробників, але й для споживачів кінцевого продукту (сільськогосподарських підприємств, фермерів), забезпечуючи економічно ефективно, легкодоступне джерело поживних речовин для оптимізації витрат на добрива. Усі ці фактори роблять перспективним використання такого роду відходів на сільськогосподарських землях.

За останні два десятиліття було розроблено багато інноваційних підходів щодо перетворення скопу в товарний продукт, але для того щоб українські виробники масово відмовилися від використання полігонів, необхідні системні дослідження ефективності застосування скопу, отриманого в Україні на українських полях і культурах. Також, безумовно, необхідне комплексне економічне дослідження, яке є темою

наступних праць. Говорячи про мотивацію, окрім економічної складової, спонукати виробників до більш екологічних методів утилізації власних відходів можуть різні методи стимулювання/заохочення від держави. Це можуть бути законодавче регулювання та контроль за методологією утилізації відходів виробництва, податкові пільги та ін., що також є темою для окремого дослідження.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Carlson C. Waste To Value: Reusing Paper Sludge In The Fertilizer Industry. URL: <https://feeco.com/waste-to-value-reusing-paper-sludge-in-the-fertilizer-industry/> (дата звернення: 02.08.2021).
2. Forest fertilization with paper mill residues. URL: <https://phys.org/news/2020-02-forest-fertilization-paper-mill-residues.html> (дата звернення: 02.08.2021).
3. Faubert P., Barnabé S., Bouchard S., Côté R., Villeneuve, C. Pulp and paper mill sludge management practices: What are the challenges to assess the impacts on greenhouse gas emissions? *Resources, Conservation and Recycling*. 2016. Volume 108, 107–133.
4. Hagelqvist A. Sludge from pulp and paper mills for biogas production. Strategies to improve energy performance in wastewater treatment and sludge management; *Doctoral Thesis*. Karlstad. 2013.
5. Likon M., Trebše P. Recent Advances in Paper Mill Sludge Management. URL: [https://www.researchgate.net/publication/221927329\\_Recent\\_Advances\\_in\\_Paper\\_Mill\\_Sludge\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/221927329_Recent_Advances_in_Paper_Mill_Sludge_Management) (дата звернення: 12.08.2021).
6. Rosazlin A., Che Fauziah Ishak, Wan Rasidah Kadir, Rosenani Abu Bakar (2015). Characterization and Feasibility Assessment of Recycled Paper Mill Sludges for Land Application in Relation to the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 12(8), 9314–9329.
7. Rasa K., Pennanen T., Peltoniemi K., Velmala S., Fritze H., Kaseva J., Joona J., Uusitalo R. (2020) Pulp and paper mill sludges decrease soil erodibility. *Journal of environmental quality*. 2021. 50 (1). 172–184.
8. Kinnula S., Toivonen M., Soinnie H., Joona J., Kivelä J. (2020) Effects of mixed pulp mill sludges on crop yields and quality. *Agricultural and food science*. 29(4). 276–286.
9. Rasa K. Pulp and paper mill fiber sludges in agricultural water protection. URL: [https://www.bsag.fi/wp-content/uploads/2021/03/Rasa\\_Carbon-Action-science-webinar-210309.pdf](https://www.bsag.fi/wp-content/uploads/2021/03/Rasa_Carbon-Action-science-webinar-210309.pdf) (дата звернення: 12.08.2021).
10. Addyson M. Paper mill sludge: a usable fertilizer? Can paper mill sludge (PMS) be used as a fertilizer for plants and does it change the pH of the substrate it was used in? URL: <https://grownnextgen.org/student-research/paper-mill-sludge-a-usable-fertilizer> (дата звернення: 12.08.2021).
11. Amini S., Movahedi Naeini S. A. R., Mashayekhi K. (2012). Effects of Paper-Mill Sludge as a Mulch versus Topsoil. Incorporation on Potassium Uptake and the Grain Yield of Rain-Fed Wheat in a High Specific Surface Loess Soil with Illite Dominance in Clay Fraction. *Applied and Environmental Soil Science*. Volume 2012. Article ID 624824. 10 p.
12. N'Dayegamiye A., Nyiraneza J., Giroux M., Grenier M., Drapeau A. (2013) Manure and Paper Mill Sludge Application Effects on Potato Yield, Nitrogen Efficiency and Disease Incidence. *Agronomy*. 2013. 3. 43–58.
13. Kuokkanen T., Nurmesniemi H., Pöykiö R., Kujala K., Kaakinen J., Kuokkanen M. (2008) Chemical and leaching properties of paper mill sludge. *Chemical Speciation & Bioavailability*. 20:2. 111–122.
14. Fahim S., Nisar N., Ahmad Z., Asghar Z., Said A., Atif S., Ghani N., Qureshi N., Afshan Soomro G., Iqbal M., Nazir A. (2017) Managing Paper and Pulp Industry By-Product Waste Utilizing Sludge as a Bio-Fertilizer. *Polish journal of environmental studies*. Vol. 28, No. 1 (2019). 83–90.

## PROSPECTS OF USING PULP AND PAPER INDUSTRY BY-PRODUCTS IN AGRICULTURE

Romanenko T.  
Candidate of Economic Sciences  
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS  
(Kyiv, Ukraine)  
e-mail: trs83@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4178-7773>  
N. Zinovchuk  
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS  
(Kyiv, Ukraine)  
e-mail: nataliazin@rambler.ru

*The industrial sector plays a significant role in the growth of the world economy, but the development of industrial production leads to an increasing amount of wastes. The analysis of pulp and paper industry waste's positive properties allows us to consider paper mill sludge as a by-product of cardboard and paper production. It is established that sludge contains both organic and non-organic substances that have properties necessary for crops and soils. Sludge can be used for soil improvement, and even as an organo-mineral fertilizer for yield gain, both in pure form and in a mixture with other components. There is a need for further studies of the properties of the paper sludge for agricultural uses within Ukrainian ecosystems. A number of recommendations have been given for further research of sludge management in Ukrainian farming ecosystems.*

**Keywords:** paper mill sludge, managing cellulose industry wastes, soil amendments, soil conditioners, organo-mineral fertilizers.

## REFERENCES

1. Carlson, C. Waste To Value: Reusing Paper Sludge In The Fertilizer Industry. URL: <https://feeco.com/waste-to-value-reusing-paper-sludge-in-the-fertilizer-industry/> [in English].
2. Forest fertilization with paper mill residues. URL: <https://phys.org/news/2020-02-forest-fertilization-paper-mill-residues.html> [in English].
3. Faubert, P., Barnabé, S., Bouchard, S., Côté R., Villeneuve, C. (2016). Pulp and paper mill sludge management practices: What are the challenges to assess the impacts on greenhouse gas emissions? *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 108, 107–133 [in English].
4. Hagelqvist, A. (2013). Sludge from pulp and paper mills for biogas production. Strategies to improve energy performance in wastewater treatment and sludge management; *Doctoral Thesis*. Karlstad [in English].
5. Likon, M., Trebše, P. Recent Advances in Paper Mill Sludge Management. URL: [https://www.researchgate.net/publication/221927329\\_Recent\\_Advances\\_in\\_Paper\\_Mill\\_Sludge\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/221927329_Recent_Advances_in_Paper_Mill_Sludge_Management) [in English].
6. Rosazlin A., Che Fauziah Ishak, Wan Rasidah Kadir, Rosenani Abu Bakar (2015). Characterization and Feasibility Assessment of Recycled Paper Mill Sludges for Land Application in Relation to the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8), 9314–9329 [in English].
7. Rasa, K., Pennanen, T., Peltoniemi, K., Velmala, S., Fritze, H., Kaseva, J., Joonas, J., Uusitalo, R. (2020) Pulp and paper mill sludges decrease soil erodibility. *Journal of environmental quality*, 2021, 50 (1), 172–184 [in English].
8. Kinnula S., Toivonen, M., Soine, H., Joonas, J., Kivelä, J. (2020). Effects of mixed pulp mill sludges on crop yields and quality. *Agricultural and food science*, 29(4), 276–286 [in English].
9. Rasa, K. Pulp and paper mill fiber sludges in agricultural water protection. URL: [https://www.bsag.fi/wp-content/uploads/2021/03/Rasa\\_Carbon-Action-science-webinar-210309.pdf](https://www.bsag.fi/wp-content/uploads/2021/03/Rasa_Carbon-Action-science-webinar-210309.pdf) [in English].
10. Addyson, M. Paper mill sludge: a usable fertilizer? Can paper mill sludge (PMS) be used as a fertilizer for plants and does it change the pH of the substrate it was used in? URL: <https://grownextgen.org/student-research/paper-mill-sludge-a-usable-fertilizer> [in English].
11. Amini, S., Movahedi Naeini, S. A. R., Mashayekhi, K. (2012). Effects of Paper-Mill Sludge as a Mulch versus Topsoil. Incorporation on Potassium Uptake and the Grain Yield of Rain-Fed Wheat in a High Specific Surface Loess Soil with Illite Dominance in Clay Fraction. *Applied and Environmental Soil Science*, volume 2012, Article ID 624824, 10 p. [in English].
12. N'Dayegamiye, A., Nyiraneza, J., Giroux, M., Grenier, M., Drapeau, A. (2013) Manure and Paper Mill Sludge Application Effects on Potato Yield, Nitrogen Efficiency and Disease Incidence. *Agronomy*, 3, 43–58 [in English].
13. Kuokkanen, T., Nurmesniemi, H., Pöykiö, R., Kujala, K., Kaakinen, J., Kuokkanen, M. (2008) Chemical and leaching properties of paper mill sludge. *Chemical Speciation & Bioavailability*, 20:2, 111–122 [in English].
14. Fahim, S., Nisar, N., Ahmad, Z., Asghar, Z., Said, A., Atif, S., Ghani, N., Qureshi, N., Afshan Soomro, G., Iqbal, M., Nazir, A. (2017) Managing Paper and Pulp Industry By-Product Waste Utilizing Sludge as a Bio-Fertilizer. *Polish journal of environmental studies*, vol. 28, No. 1 (2019), 83–90 [in English].

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

**Романенко Тарас Борисович**, кандидат економічних наук, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: trs83@ukr.net; тел.: +380503533253; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4178-7773>)

**Зіновчук Наталія Василівна**, доктор економічних наук, професор, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: nataliazin@rambler.ru)