



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.812.12

© 2020

ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ІЗ ЛЕОНАРДИТУ

Є.В. Скрильник¹, К.С. Артем'єва², Я.В. Колпаков³

¹доктор сільськогосподарських наук

²кандидат сільськогосподарських наук

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна

e-mail: ¹orgminlab@gmail.com, ²artemyeva.katti@gmail.com,

³realgold92@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-8642-8547, ²0000-0001-8634-9147, ³0000-0001-5031-2043

Надійшла 9.06.2020

Мета. Удосконалення способу отримання твердого органо-мінерального добрива із залученням леонардиту. **Методи.** Лабораторно-аналітичні, модельні, статистичні. **Результати.** Запропоновано технологічні підходи до переробки природної сировини в органо-мінеральні добрива з визначенням складом поживних речовин. Науково обґрунтовано доцільність збагачення леонардиту стартовим комплексом поживних речовин, що підсилює удобрювально-стимулювальний ефект і дає змогу одержувати добрива з поліпшеними агрохімічними властивостями та підвищеною фізіологічною активністю. Установлено оптимальне співвідношення компонентів твердих органо-мінеральних добрив 1:1, яке містить органічну складову — леонардит вологістю не менше 40% та мінеральну — комплексне добриво нітроамофоска ($N_{16}P_{16}K_{16}$), що містить у легкозасвоюваній формі всі 3 основні елементи живлення, що значно поліпшують якість кінцевого продукту, не порушуючи функціональні можливості мінеральних і органічних компонентів як поживну цінність для рослин. Технологія приготування твердих органо-мінеральних добрив передбачає окрему стадію подрібнення органічної та мінеральної складової, під час якої відбувається їх стабілізація. Наступним технологічним етапом є збагачення леонардиту у відповідному співвідношенні стартовим комплексом поживних речовин із заміщенням води мінеральними компонентами та процес насичення леонардиту з подальшою грануляцією і сушінням готового продукту. **Висновки.** Запропонований спосіб отримання органо-мінерального добрива ґрунтується на застосуванні доступної органічної та мінеральної сировини, що в процесі перетворення набуває органо-мінеральної форми, збалансованої за вмістом гумусних речовин, макро- та мікроелементів.

Ключові слова: ґрунтополіпшувач, нітроамофоска, переробка природної сировини, механічне змішування, активація вуглецевмісної сировини, грануляція, сушіння.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202010-01>

Нині в умовах постійного зростання цін на мінеральні добрива та дефіциту добрив органічного походження у регіонах України, де є запаси природної сировини (торф, леонардит, буре вугілля, сапропель), активно впроваджують технології виробництва органо-мінеральних добрив (ОМД) із підвищеним умістом гумусних і поживних речовин [1–4].

Леонардит — окислене в природних умовах буре вугілля, давно привертає увагу вчених і практиків як цінна органічна сировина для різних галузей економіки, зокрема сільського господарства, як матеріал для виробництва органічних, ОМД і ґрунтополіпшувачів. Залежно від напряму використання гранична зольність сировини приймається до 15% для хімічного використання і термічної переробки, до 30% — для палива, 30% і більше — для виготовлення органічних добрив. Характерною ознакою леонардиту є складна надмолекулярна структура, де частка гумінових і фульвокислот визначає його цінність як сировини для виробництва ОМД. Природна вологість леонардиту варіює у межах 25–57%, що зумовлено відмінністю характеристик органічної речовини і хімічного складу мінеральної частини. Органічна речовина містить до 49% загального вуглецю, майже 10% матеріалу у вигляді рослинних решток, характеризується відсутністю лігніну, підвищеним умістом гумусних речовин — 77–96 г/кг. Гумусні речовини леонардиту мають підвищений уміст вуглецю порівняно з такими молодими каустобіолітами, як торф і сапропель. Уміст водню, азоту і кисню в них, навпаки, нижчий [5–7].

Кількість вуглецю у складі гумусних речовин свідчить про глибину трансформації органічної речовини: чим довше проходить цей процес, тим більше схильні до руйнування легкогідролізовані аліфатичні фрагменти, і тим більше молекулярна структура містить ароматичних конденсованих високовуглецевих частин, що характерно для гумусних речовин леонардиту. Значна ароматичність молекулярних структур гумусних

речовин леонардиту також свідчить про їх гідрофобність. Низький уміст азоту також пов'язаний зі збіднінням їх структури аліфатичними фрагментами, зокрема азотовмісними аміноцукрами і протеїновими компонентами. Фульвокислоти мають вищу кислотність, багаті на фенольні та спиртові ОН групи [8–15].

Через малу доступність органічної речовини в чистому вигляді леонардит як добриво не використовують, його застосовують лише як ґрунтополіпшувач, що позитивно впливає на волого- і повітроутримувальну функції ґрунту. Однак гумінові речовини, що містяться у цих корисних копалинах, переходять у фізіологічно активний стан та ефективно діють як стимулятори росту рослин і джерела елементів живлення рослин лише після активації сировини.

Відомо 2 способи активації вуглецевмісної сировини через хімічну або фізичну активацію. Хімічна активація леонардиту передбачає використання активувального екстрагента (ZnCl_2 , H_3PO_4 , NaOH , KOH та ін.), який змішують із сировиною за певних умов екстрагування і дістають гумінові речовини у вигляді водорозчинних гуматів [16–18]. У разі фізичної активації сировину активують під впливом підвищених температур або механічної дії на сировину [19, 20]. Із застосуванням таких елементів технологій зменшуються норми внесення мінеральних добрив, а природна сировина залучається до сільського господарства в повному обсязі.

Мета досліджень — отримання нового виду добрива на основі леонардиту та комплексного мінерального добрива, збалансованого за вмістом гумусних речовин, макро- та мікроелементів.

Нині розроблено нові технологічні підходи до виробництва ОМД, створених в Україні на основі вітчизняної сировини, із використанням сучасного обладнання. Тому порушені питання, особливо в умовах дефіциту сировинних та енергетичних ресурсів, є актуальними.

Матеріали та методи досліджень. Для досягнення поставленої мети використовували ряд експериментальних досліджень: лабораторно-аналітичні — для визначення агрохімічного складу леонардиту та орґано-мінеральних добрив на його основі, модельні — для вивчення технологічного процесу отримання твердих орґано-мінеральних добрив, статистичні — для установлення достовірності одержаних експериментальних даних із використанням програмного забезпечення Statistica 10.

Дослідження здійснювали в атестованій лабораторії органічних добрив і гумусу ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (свідоцтво про відповідність системи вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005, № 01-0104/2017) згідно з діючими стандартами України (ДСТУ). Роботу проводили в рамках наукових досліджень лабораторії за завданням 01.03.03.04 «Розробка нових способів переробки природної сировини на добрива та оцінка ефективності їх застосування у сільськогосподарському виробництві» (№ ДР 0119U002111).

Відбір і підготовку зразків леонардиту та орґано-мінеральних добрив до аналізування проводили згідно з ДСТУ EN 1482-1. Добрива та вапняні матеріали. Метод відбирання та готування проб. Частина 1. Відбирання проб; ДСТУ EN 1482-2. Добриво та вапнувальні матеріали. Відбирання та готування проб. Частина 2. Готування проб; ДСТУ ISO 5306. Добрива. Вимоги до протоколів відбирання проб.

Уміст загального органічного вуглецю визначали за методом Тюріна на основі окиснення органічної речовини хромовою кислотою, загального азоту — за модифікованим методом К'ельдаля, загального фосфору — екстрагуванням водорозчинних фосфатів, загального калію — полуменово-фотометричним методом.

Уміст гумінових (Сгк) і фульвокислот (Сфк) визначали за методом Тюріна в модифікації Конової-Бельчікової. Екстраговані NaOH гумінові речовини розподіляли на фракції гумінових і фульвокислот підкисленням екстракту до pH 1,3–1,5 із використанням 0,5 н. H₂SO₄ за температури 68–70°C, а гумінові кислоти відокремлювали

за допомогою фільтрації. Відокремлені гумінові кислоти повторно розчиняли в 0,1 н. розчині NaOH. Уміст вуглецю у фракціях гумінових і фульвокислот визначали методом окиснення органічної речовини хромовою кислотою. Визначали pH за ДСТУ EN 13037:2005. Меліоранти ґрунту та середовища росту. Визначення pH.

Уміст мікроелементів і важких металів (Cu, Fe, Zn, Mn, Co, Ni, Cr, Pb, Cd) визначали в кислотній витяжці (10% HCl) атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі Сатурн-4. Усі вимірювання виконано в 3-разовій повторності.

Результати досліджень. Нині основним недоліком відомих способів одержання орґано-мінеральних добрив є значне зменшення органічної маси під час їх виробництва, а з додаванням мінеральних компонентів кожний із них «працює» сам по собі. Крім того, мінеральні поживні речовини легко вимиваються із таких добрив, що значно скорочує термін їх дії [17, 18].

В основу досліджень покладено ідею про можливість включення певної частини мінеральних поживних речовини в склад органічного компонента за рахунок утворення хімічних чи переважно фізико-хімічних зв'язків. В аспекті фізико-хімічної механіки тверді ОМД є композиційною системою, де роль матриці виконує органічний компонент, а наповнювача — мінеральні добрива.

Науковими розробками лабораторії органічних добрив і гумусу доведено можливість використання леонардиту для виготовлення твердих ОМД, ефективність яких зумовлена високою рухомістю гумінових речовин і азоту органічних сполук, умістом мікроелементів та доброю в'язкою основою для виготовлення гранульованого продукту [21–23]. Це дуже важливо, оскільки в мінеральну гранулу корені не проникають, а обминають її, тоді як у досліді з ОМД корені рослин пронизували гранули, поглинаючи біогенні елементи не лише з ґрунтового розчину, а й безпосередньо з добрив.

Спосіб отримання твердих ОМД здійснюється механічним змішуванням до однорідної суміші леонардиту з мінеральними добривами з подальшою грануляцією і сушінням готового продукту. При цьому як мінеральну компоненту беруть комплексні

добрива нітроамофоску з умістом діючої речовини біогенних елементів (близько 16%), а операції змішування і гранулювання здійснюються за експериментально отриманого масового співвідношення зазначених компонентів (рисунк).

Після проведення агрохімічного аналізу за технологією органічну та мінеральну складові подрібнюють у млині до фракції 1–2 мм (механоактивація) і завантажують у приймальну ємність змішувача в масовому співвідношенні 1:1, де вони перемішуються у твердому вигляді впродовж 35 хв до однорідної суміші. Під час змішування відбувається процес утворення органо-мінерального комплексу, органічна частина якого хімічно зв'язана з біогенними елементами. На цьому етапі можливе додавання мікроорганізмів за певного температурного режиму (не більше 60–65°C) для збереження біологічно активних речовин від теплового руйнування. Після цього відбувається грануляція готового продукту в екструдері і сушіння з обов'язковим контролем якості вихідної природної сировини та ОМД.

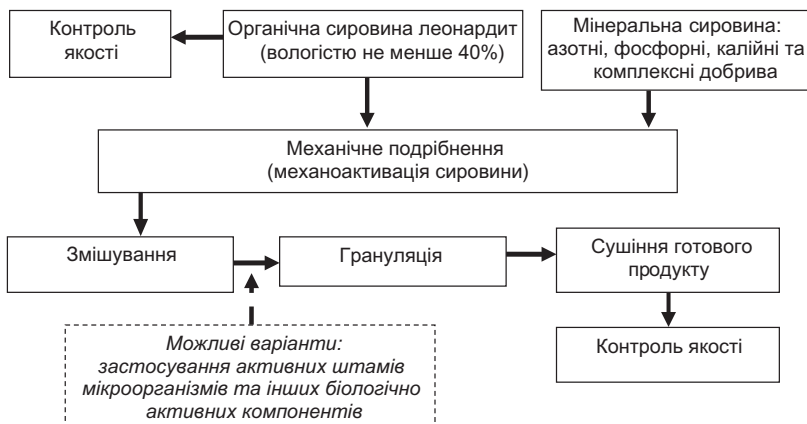
На основі проведених модельних дослідів встановлено, що для збагачення леонардиту найкращою мінеральною складовою є комплексне добриво — нітроамофоска ($N_{16}P_{16}K_{16}$) у співвідношенні 1:1, що містить у легкозасвоюваній формі всі 3 основні елементи живлення. Вони значно поліпшують якість кінцевого продукту, не порушуючи функціональних можливостей мінеральних і органічних компонентів як

поживної цінності для рослин. Результати дослідів щодо насичення леонардиту мінеральними компонентами наведено в таблиці.

Після додавання комплексного добрива у вигляді нітроамофоски значно підвищується уміст поживних речовин в органо-мінеральній суміші, азоту — у 15 разів, фосфору та калію — майже у 70 разів за мінімального зменшення умісту органічних і гумусних речовин на 27%.

У процесі розроблення технології отримання ОМД було встановлено, що вологість сировини перед насиченням її мінеральними компонентами має бути не менше 40%, діаметр частинок леонардиту та мінеральної складової — не більше 2 мм, а вологість отриманого добрива після грануляції — до 15%. Це пояснюється тим, що під час сильного висихання органічної сировини ємність поглинання нею мінеральних компонентів різко зменшується, а розчинність гумінових кислот знижується. За перезволоження сировини понад 50% втрачається структура добрива і збільшуються втрати азоту під час його підсихання. Збільшення розмірів частинок леонардиту призводить до нерівномірного змішування його з мінеральними компонентами, зменшується ємність поглинання, а приготована до внесення у ґрунт суміш розшаровується.

Також до складу ОМД можливе додавання мікроорганізмів для пришвидшення процесу перетворення важкодоступних вугледів і азотомісних речовин у легкодоступні



Принципова схема технології виробництва твердих ОМД на основі леонардиту

Аґрохімічна характеристика леонардиту та орґано-мінеральних добрив на його основі

Показник	Фактичний уміст, г/кг	
	Леонардит	ОМД
Масова частка:		
орґанічної речовини	697	512
гумінових кислот	20,62	12,32
фульвокислот	64,35	48,53
гумусних речовин	84,97	60,85
загального азоту, N	4,47	67,00
загального фосфору, P ₂ O ₅	0,20	71,50
загального калію, K ₂ O	0,57	70,80
Сумарна масова частка мікроелементів (Cu, Mn, Zn, Co, Fe, Ni)	3,91	2,14
pH	5,9	5,2

біологічні речовини: моно- і полісахариди, орґанічні кислоти, аміачний азот тощо, що добре засвоюються мікроорґанізмами.

Під час виробництва ОМД у гранульованому вигляді найважливішим процесом, що впливає на якість, є грануляція, від ефективності якої залежать основні експлуатаційні параметри гранул. Такими параметрами є фізико-хімічні, механічні і товарні властивості. До фізико-хімічних властивостей належать хімічний склад і рівномірність розподілення компонентів в об'ємі гранули. Основним механічним параметром є міцність гранул, значення параметра має бути ≥ 10 Н на гранулу. Товарні властивості передбачають добрива у вигляді гранул циліндричної форми.

Для створення твердих ОМД нового покоління із заданим складом корисних компонентів відповідно до аґрокліматичних умов потрібно визначити корисний ефект кожного компонента, розміщення у гранулі та концентрацію.

Для кислих ґрунтів до складу ОМД можливе додавання вапна чи карбонату кальцію. В умовах посушливого клімату та нерівномірного дощового режиму до складу добрив варто додати компоненти з певними фізико-хімічними властивостями з високою каталітичною активністю. Застосування целітів, які мають властивості сорбції значної кількості води, дасть змогу зберегти вологу

в гранулі на довший термін і добрива від вимивання. Бенґонітові глини також мають добру каталітичну активність, зв'язувальні та склеювальні властивості, тому їх використання необхідне для сорбції вологи. Також до складу гранул можливе додавання калійних солей, крейди, фосфоритного борошна, фосфогіпсу та багатьох інших корисних компонентів, які зазвичай уносять окремо, що сприяє забезпеченню рослини всіма необхідними поживними речовинами та мікроелементами.

Застосування твердих ОМД дає змогу найбільш ефективно і безпечно для навколишнього природного середовища підвищити родючість ґрунту, забезпечити рослини найважливішими поживними елементами — азотом, фосфором, калієм, гуміновими сполуками тощо. Також значною перевагою гранульованих добрив є їх зручне застосування, зберігання і транспортування.

Добрива не містять підвищених концентрацій важких металів, тому в урожаї вони не накопичуються. Позитивного ефекту добрив досягають за рахунок гумінових кислот, що містяться в орґанічній складовій леонардиту, життєздатності орґанізмів і біологічної маси та наявності в леонардиті потрібної кількості мікроелементів. Економічний ефект від впровадження технології становить 20–30% порівняно із застосуванням комплексного добрива нітроамофоски.

Висновки

Сфера застосування органо-мінеральних добрив для виробництва сільськогосподарської продукції постійно розширюється, що сприяє ряду істотних переваг. Значні обсяги гумусних речовин викопного походження можуть бути залучені до сфери виробництва добрив як корисної органічної складової. За технологічним процесом передбачається отримання органо-мінерального комплексу, органічна частина якого хімічно зв'язана з біогенними елементами. На основі проведених модельних дослідів установлено, що для збагачення леонардиту

найкращою мінеральною складовою є комплексне добриво — нітроамофоска у співвідношенні 1:1, яка значно поліпшує якість кінцевого продукту, не порушуючи функціональні можливості мінеральних і органічних компонентів, як поживну цінність для рослин. Тому з розвитком виробництва органо-мінеральних добрив і впровадженням їх у сільськогосподарську практику можна комплексно вирішити питання сировинних ресурсів, охорони навколишнього природного середовища та забезпечити подальший розвиток аграрного виробництва.

Skrylnyk Ye.¹, Artemieva K.², Kolpakov Ya.³
National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemical Researches named after O.N. Sokolovsky, 4 Chaikovska Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail: ¹orgminlab@gmail.com, ²artemyeva.katti@gmail.com, ³realgold92@gmail.com; ORCID: ¹0000-0002-8642-8547, ²0000-0001-8634-9147, ³0000-0001-5031-2043

Technological principles of production of organo-mineral fertilizers from leonardite

Goal. Improvement of the method of obtaining solid organo-mineral fertilizer with the use of leonardite. **Methods.** Laboratory-analytical, model, statistical. **Results.** Technological approaches to the processing of natural raw materials into organo-mineral fertilizers with the definite composition of nutrients are proposed. The expediency of enriching leonardite with a starting complex of nutrients, which enhances the fertilizer-stimulating effect and allows to obtain fertilizers with improved agro-chemical properties and increased physiological activity, has been scientifically substantiated. The optimal ratio in mixture of components of solid organo-mineral fertilizers is 1:1. Such mixture contains organic (leonardite with a moisture content of at least 40%) and

mineral (a complex fertilizer $N_{16}P_{16}K_{16}$) components. The mixture contain easily digestible form all 3 basic nutrients that significantly improve the quality of the final product without decreasing the functionality of mineral and organic components as a nutritional value for plants. The technology of preparation of solid organo-mineral fertilizers provides a separate stage of grinding organic and mineral components, during which they are stabilized. The next technological stage is the enrichment of leonardite in the appropriate ratio of the starting complex of nutrients with the replacement of water with mineral components and the process of saturation of leonardite with subsequent granulation and drying of the finished product. **Conclusions.** The proposed method of obtaining organo-mineral fertilizer is based on the use of available organic and mineral raw materials, which transform into organo-mineral form, balanced in the content of humic substances, macro- and micronutrients.

Key words: soil improver, $N_{16}P_{16}K_{16}$, processing of natural raw materials, mechanical mixing, activation of carbonaceous raw materials, granulation, drying.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202010-01>

Бібліографія

1. Гоцький Я.Г., Степанюк А.Р. Перспективи використання гранульованих органо-мінеральних добрив нового покоління. *Екологія та економіка природокористування*, 2019. С. 61–65. doi: 10.32846/2306-9716-2019-1-21-1-10

2. Гоцький Я.Г., Степанюк А.Р. Переваги застосування гранульованих органо-мінеральних добрив пролонгованої дії. *Вісник НТУУ «КПІ імені І. Сікорського»*. 2019. № 1. С. 61–67. doi:

10.20535/2617-9741.1.2019.171044

3. Усанбаев Н.Х., Намазов Ш.С., Тиллабеков Б.Х. и др. Органо-минеральные удобрения на основе бурого угля и фосфоритов, и их эффективность на хлопчатнике. *Плодородие*. 2017. № 1(94). С. 21–23.

4. Кирейчева Л.В., Яшин В.М., Хусин Р.Р., Жилкина Т.А. Влияние новых органо-минеральных удобрений на урожайность сельскохозяйственных

культур и плодородие почв выработанных торфяников. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017. № 03 (57). С. 123–125. doi: 10.23670/IRJ.2017.57.050

5. Костик І., Матрофайло М., Король М., Шульга В. Перспективи промислової вугленості глибоких горизонтів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Петрографічний склад, якісна характеристика, запаси вугілля і ресурси метану серпуховського вугільного пласта іб. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2015. № 1, 2. С. 40–63.

6. Ukwattage N.L., Ranjith P.G., Bouazza M. The use of coal combustion fly ash as a soil amendment in agricultural lands (with comments on its potential to improve food security and sequester carbon). *Fuel*. 2013. № 109. Р. 400–408. doi: 10.1016/j.fuel.2013.02.016

7. Yakup Y.K., Tuncay D., Gürbüz K.O. The effect of leonarditis and vermicompost on yield and some quality criteria in spinach. *Stratejik Arastirmalar Merkezi*. 2019. № 11(43). Р. 468–481. doi: 10.15189/1308-8041

8. Dzantor E.K., Adeleke E., Kankarla V. Using coal fly ash in agriculture: Combination of fly ash and Poultry litter as soil amendments for bioenergy feedstock production. *Coal combustion and gasification products*. 2015. № 7. Р. 33–39. doi: 10.4177/CCGP-D-15-00002.1

9. Wu T., Lima S., Lima P., Shaka K. Biotransformation of Biodegradable Solid Wastes into Organic Fertilizers using Composting or/and Vermicomposting. *Chemical Engineering Transactions*. 2014. № 39. Р. 1579–1584. doi: 10.3303/CET1439264

10. Носкова Л.П., Сорокин А.П. Метилирование метода углубления экстракционной переработки угля. *Химия твердого топлива*. 2014. № 48(5). С. 275–280. doi: 10.7868/S0023117714050090

11. Жеребцов С.И., Малышенко Н.В., Смотрина О.В., Лырчиков С.Ю. Структурно-групповой состав гуминовых кислот бурых углей и их физическая активность. *Химия в интересах устойчивого развития*. 2015. № 23. С. 439–444. doi: 10.15372/KhUR20150413

12. Климович М.Ю., Жеребцов С.И., Смотрина О.В. Влияние факторов выщелачивания на структурные параметры гуминовых кислот сажистого бурого угля. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2016. № 3. С. 111–116.

13. Москаленко Т.В., Михеев В.А., Ворсина Е.В. Повышение извлечения гуминовых веществ из

бурого угля Харанорского месторождения направленным окислением. *Современные наукоемкие технологии*. 2016. № 2–3. С. 435–440.

14. Бортников С.В., Голубков В.А., Воронцов Е.П. Использование каменного угля в качестве источника гуминовых кислот. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2020. № 1–1(40). С. 196–200. doi: 10.24411/2500-1000-2020-10046

15. Вотолин К.С., Жеребцов С.И., Климович М.Ю., Смотрина О.В. Влияние параметров измельчения бурого угля на выход гуминовых веществ. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2017. № 6. С. 197–202. doi: 10.26730/1999-4125-2017-6197-202

16. Кучеренко В.А., Тамаркина Ю.В., Раенко Г.Ф. Влияние гидроксида калия на структуру и развитие поверхности бурого угля при щелочной активации. *Хімія, фізика та технологія поверхні*. 2017. № 8(2). С. 133–142. doi: 10.15407/hftp08.02.133

17. Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Мартинюк О.В., Любека А.М. Гранульовані гуміново-органомінеральні добрива. Спосіб одержання. *Хімічна промисловість України*. 2015. № 1. С. 44–48.

18. Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Мартинюк О.В. Підвищення ефективності процесу одержання гранульованих гуміново-мінеральних добрив. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 349 с.

19. Luhovskoi A., Glikin M., Kudryavtsev S., Glikina I. Studying the influence of the intensity of mechano-chemical activation on the process of steam conversion of coal. *Eastern-European j. of enterprise technologies*. 2018. № 4/6(94). Р. 56–62. doi: 10.15587/1729-4061.2018.136371

20. Білецький В.С., Горобець Л.Ж. Стан і перспективи механохімічної активації у вугільних технологіях. *Збагачення корисних копалин*. 2015. № 61(102). С. 13.

21. Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А. та ін. Місцеві сировинні ресурси: проблеми та перспективи раціонального застосування в аграрному секторі. Харків, 2016. 132 с.

22. Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А., Товстий Ю.М. Якість місцевої сировини різного походження та способи її раціонального використання в сільському господарстві. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 7. С. 12–16.

23. Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А., Артем'єва К.С. Виробництво добрив на основі вторинної сировини та їх залучення в системи удобрення сільськогосподарських культур в умовах органічного виробництва: рекомендації. Харків, 2018. 29 с.