



DOI: 10.32782/2220-8674-2024-24-2-18

УДК 628.4.042:631.8

О. О. Червоткіна, асист.,

ORCID: 0000-0002-6814-0566

О. П. Прокопенко, асист.,

ORCID: 0009-0005-7304-923X

Н. О. Паляничка, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-8510-7146

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені  
Дмитра Моторного*

E-mail olena.prokopenko@tsatu.edu.ua, тел.: +380679333657

## **КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПЛОДООВОЧЕВГО ВИРОБНИЦТВА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ДОБРІВ**

*Анотація.* У статті наведено результати досліджень комплексної переробки органо- мінеральних добрив. Розглянуто два варіанта переробки у різних технологічних режимах. Комплексний метод використовується при переробці відходів, оскільки він забезпечує найбільш повну їхню утилізацію. У цьому дослідженні зразки органо- мінеральних добрив поєднуються з відходами плодоовочевих виробництв з оцінки динаміки вологості у процесі сушіння.

Зміну масової частки води можна розглядати, як один із показників ефективності застосування різних відходів та технологічних схем. Виявлено переваги технологічних схем, що полягають у додаванні відходів фруктових вичавків або жмиху бурякового на різних етапах. Технологія дозволяє отримувати добрива для ґрунту нового покоління. Для покращення параметрів запропоновано схему спільної переробки відходів свиноккомплексів та плодоовочевих виробництв.

*Ключові слова.* Органо- мінеральні добрива, утилізація, жмих, відходи плодоовочевого виробництва, вижимки фруктів, грануляція, комплексна переробка.

*Постановка проблеми.* Половина фруктів і овочів, вироблених у всьому світі, зрештою перетворюється на відходи, створюючи екологічні проблеми, спричинені головним чином деградацією мікроорганізмів. Більшість відходів утворюється внаслідок промислової переробки, так званих побічних продуктів. Ці побічні продукти все ще містять багато біологічно активних сполук після обробки, таких як макроеlementи (білки та вуглеводи) та фітохімічні речовини (поліфеноли та каротиноїди) [1]. Останнім часом вилучення цих біоактивних сполук з побічних продуктів промисловості приділяється значну увагу, головним чином через їх можливу користь для здоров'я людини.

*Аналіз останніх досліджень.* Яблучні вичавки зазвичай використовуються як корм для худоби, але вважаються недостатньо використовуваним відходом яблучної промисловості.



Відповідно до композиційного аналізу, даний відхід має потенціал для використання в технологічних цілях. Відходи включають, серед іншого, побічні продукти із фруктів сокова фабрика - яблучна вичавка.

Це джерело багатьох біологічно активних сполук: сахаридів (глюкози, фруктози, сахарози), білків, пектинів, клітковини, вітамінів та органічних кислот, волокнами (35-52,9%). Тому їх слід розглядати як сировину для подальшої утилізації.

Буряковий жом - це надзвичайно важливі органічні відходи, отримані в результаті виробництва цукру. Його можна використовувати як дуже цінний корм для тварин, або при комплексній переробці може бути як добриво. Слід зазначити, що органічні відходи, буряковий жом, мають великий потенціал як джерело органіки з використанням процесу комплексної переробки.

*Постановка завдання.* Нині лише половина бурякового жому піддається висушуванню та гранулюванню безпосередньо на корм худобі, згодовується у сирому вигляді (не більше 15 %). Отже, приблизно 1 млн т бурякового жому залишається незатребуваним, який міг би бути ефективно використаний. Не використаний жом гниє у жомових ямах, забруднюючи довкілля.

Відходи моркви, що утворюються після відділення м'якоті та соку, мають високу вологість, що породжує не тільки економічні, а й екологічні проблеми, що потребують спеціального підходу до їх вирішення [2]. Морква багата каротиноїдами (4996,4 мкг/г) та цукрами ( $84,83 \pm 3,26$  г/л) та поживними речовинами. Каротиноїди мають потенційне застосування у харчовій та фармацевтичній промисловості. Фракцію, багату на цукор, піддавали валоризації для отримання молочної кислоти та етанолу.

*Основна частина* Відходи плодоовочевих виробництв: яблук, моркви та буряків багаті на пектин, цукор, органічні кислоти та інші цінні компоненти сировини. Їх можна використовувати як корм для худоби, добрив, для отримання спирту, оцту.

Буряковий жом є мікростружкою товщиною не більше 2 мм з вологістю близько 90 %. Вихід жому при роботі на періодичній дифузійній батареї становить 90% за вагою переробленого цукрового буряка, а на безперервно діючої батареї - 70-80% за вагою переробленого цукрового буряка. Вихід вичавків із яблук становить від 25 до 40 % маси перероблених яблук вологістю 65—67 %. Рис. 1.

Вологість вичавки моркви після віджиму соку становила 84%. Морквяний залишок (морквяна вичавка і шкірка) – це побічний продукт, полунений при переробці морквяного соку, на частку якого припадає 12% від ваги свіжої моркви. Вологість аналізованих відходів представлена на рис. 1.

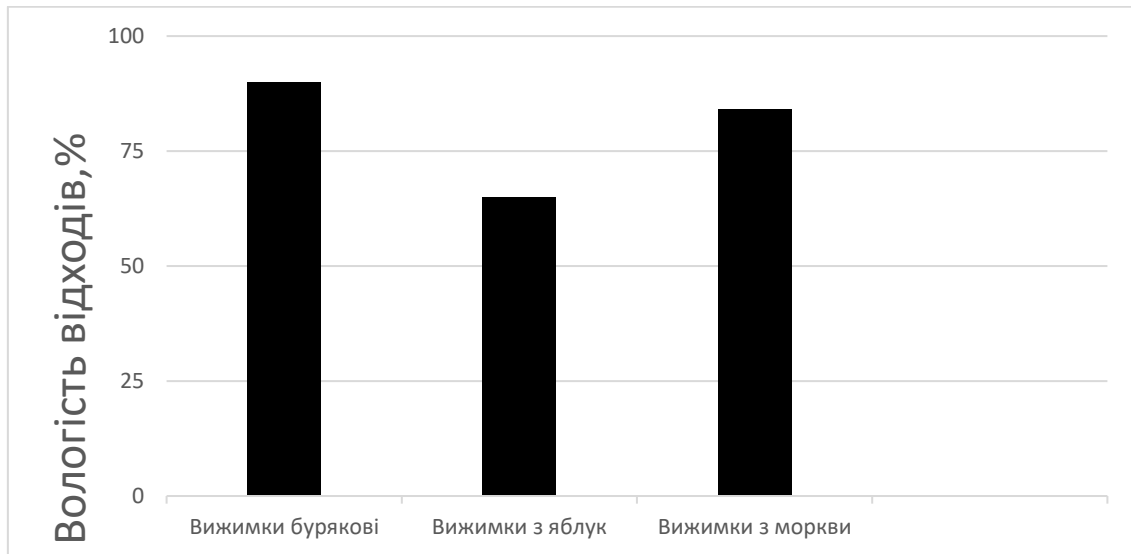


Рис. 1. Вологість відходів різних плодоовочевих виробництв

Дані про світове споживання добрив свідчать, що останніми роками світове споживання мінеральних добрив становило 185 млн т, збільшившись, таким чином, у 6 разів проти 1960 роком. У країнах, що розвиваються (Китай, Індія, Бразилія) використання добрив за ці роки збільшилося навіть у 34 рази. У зв'язку із збільшенням споживання подорожчали й мінеральні добрива. Порівняно з 2005 роком, 2019 року він збільшився на 77 %, досягнувши рівня 50 млрд доларів США[3]. За оцінками, азотні добрива становить 57 % від загальної кількості добрив, що використовуються. Важливо, що лише 20—30 % азоту з азотних добрив засвоюється і використовують рослинами. Решта викидається в природне середовище, що спричиняє негативні екологічні наслідки (у тому числі евтрофікацію вод).

Зростання попиту на продукти харчування, енергію та матеріали підвищило роль перероблених відходів в економіці, заснованій на біології. Однак промислове виробництво добрив все ще перебуває в стані, що розвивається. Органічні та мінеральні добрива мають високу цінність, тим часом у сільському господарстві утворюється великий обсяг відходів із високою концентрацією біогенних елементів, що належать до рідких відходів м'ясних кластерів. Існує широкий спектр можливостей для вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища, викликаного інтенсивним скотарством: анаеробна та аеробна аерація, біокомпостування та інші нові технології, а також традиційні методи, такі як метод обробки ґрунту та метод переробки біогазу. Суху речовину в колоїдному розчині можна виділити лише при використанні спеціальних методів обробки.

Висококонцентровані відходи м'ясних кластерів, по-перше, це рідкі відходи свиноферм, які при обробці реагентами стають



природними для зрошення сільськогосподарських угідь, оскільки містять такі цінні сполуки, як азот, фосфор і калій (N, P, K).

Процес зневоднення широко використовується як метод видалення вологи з використання різного обладнання та установок [4-7].

Це складний технологічний процес, в результаті якого змінюється властивості матеріалу. Двоетапні операції, що складаються з видалення рідкої фракції найдешевшим з можливих методів, привабливі з економічної точки зору. Процес зневоднення, що використовує систему з кількох етапів, дозволяє ефективно використовувати можливості устаткування, що використовується.

Плодоовочевий сектор виробляє велику кількість відходів, що створює як екологічні, і економічні проблеми. Різні стратегії можуть бути прийняті для оцінки відходів фруктів і овочів шляхом перетворення їх в продукти з доданою вартістю. Однак економічні і екологічні наслідки таких стратегій в значній мірі невідомі. Авторами проведено дослідження про відходи переробки моркви, яблук, цукрового виробництва. Метою роботи було вивчення властивостей відходів плодоовочевих виробництв і розробка засобів їх комплексної переробки для отримання органо- мінеральних добрив разом з відходами свинокомплексів.

Для досягнення поставленої мети необхідний вибір та обґрунтування оптимальних технологічних схем комплексної переробки відходів.

Самі по собі вижимки не є добривом, але можуть бути його компонентом[8-10]. Для цього необхідно вивчити вплив на процес зневоднення і характеристики кінцевого продукту додавання відходів плодоовочевого виробництва в технологічну схему отримання органо-мінеральних добрив на основі відходів свинокомплекса.

Відходи плодоовочевих виробництв широко використовують як кормову базу в сільському господарстві, частково переробляються в харчовій промисловості з отриманням нових продуктів. На теперешній час до 50% відходів плодоовочевих виробництв не переробляються, лише інколи використовуються як добрива.

Існує спосіб утилізації рідких відходів свинокомплекса і відходів цукрового виробництва (бурякові вижимки тощо) з отриманням цінної удобрювальної суміші яку вносять під сільськогосподарські культури. Результат досягається тим, що рідкі відходи свинокомплексів, оброблені розчином дефекаційного вапна або суспензією дефекації цукрового виробництва до рН = 10,0—11,0, змішують з подрібненими буряковими вижимками- свіжовижатим, або кислим, в тому числі вижимками, які втратили споживчі якості, в співвідношенні (1-2):(2-3), який забезпечує рН отриманої суміші 7,0- 8,5, розподіляючи і рівномірно вводячи в ґрунт на глибину 10- 15 см.



Бурякові вижимки, які додають в суміш, є цінним джерелом цінних поживних і мінеральних речовин, які можна повернути в ґрунт, який виснажують сільськогосподарські рослини. В той самий час бурякові вижимки та рідкі відходи свинокомплексів являють собою багатотонні відходи агропромислового кластеру, а також є екологічним забрудненням навколишнього середовища. Перевагою даних відходів є те, що вони являються безкоштовною сировиною для виготовлення удобрювальної суміші. При утилізації скорочуються площі, які відводять для накопичення цих відходів.

Зовнішні шари фруктів і овочів є потенційно цінними компонентами. Але не дивлячись на знання його корисних властивостей, овочеві і фруктові вижимки не отримали широкого використання в сільськогосподарській промисловості. Останніми роками спостерігається прогрес у дослідженні переробки овочів і фруктів, вилучення біологічно активних з'єднань з фруктових та овочевих вижимок, та вивчення їх впливу на організм людини. Це пов'язано з підвищенням зацікавленості до отримання нового продукту з відходів. Великий асортимент та велика кількість натуральних компонентів у вижимках роблять його цікавим для вивчення в промислових масштабах. Це б допомогло збільшити утилізацію цієї цінної сировини, а також скоротити використання штучних добрив, які б замінили органо- мінеральними [21-24].. Якщо використовувати компоненти вижимок також можна знизити забруднення навколишнього середовища та зменшити збіднення ґрунту. Додавання вижимок в органо- мінеральні добрива впливає на їх фізичні і хімічні властивості.

Для зневоднення відходів плодоовочевих виробництв, частіше за все, використовують схеми, які складаються з декількох етапів, а також з використанням високих температур. Є можливим додавати вологі вижимки на різних етапах зневоднення органо- мінеральних добрив, але через високу вологість добрив і вижимок, найбільш зручним є додавання вижимок на останніх етапах сушіння добрив (рис. 2).

Для порівняння динаміки вологості добрива, яке отримують при додаванні різних видів плодоовочевих відходів використовували співвідношення 10 частин зневодненого добрива з відходів свинокомплексу і 1 частину вижимок з яблук, моркви і буряка. У разі змішування добрив, які були зневоднені, після змішувача потребується додатковий етап сушіння. Вологість після змішування залежить від походження плодоовочевих виробництв.

Найбільш ефективний, з погляду витрат енергії та часу, є варіант з додаванням відходів плодоовочевих виробництв органо- мінеральне добриво після видалення вільної вологи з нього.

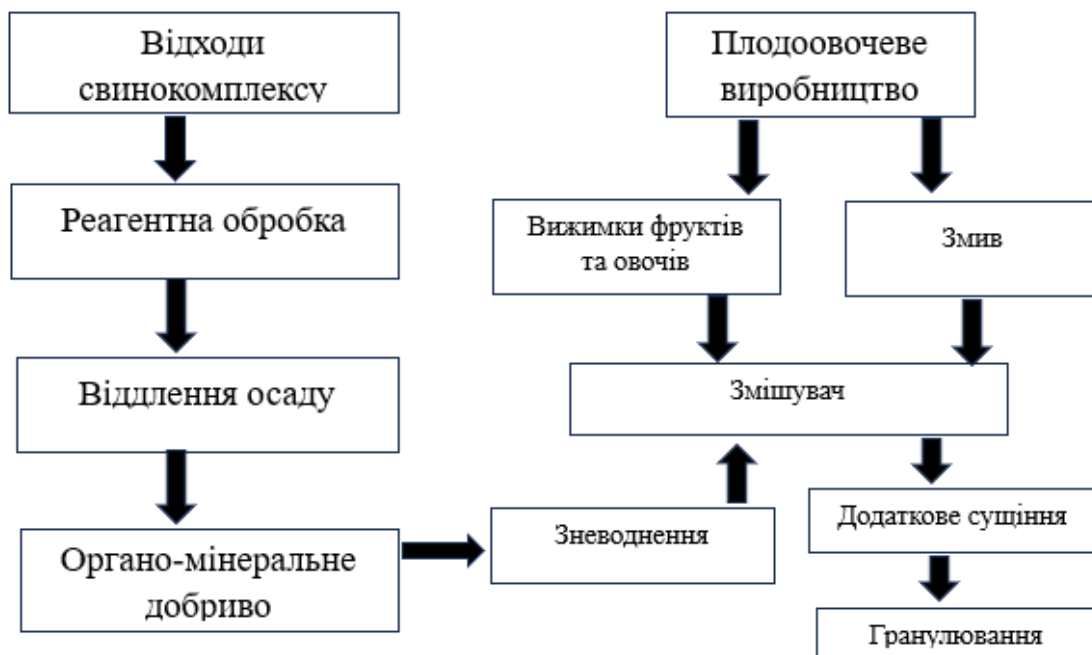


Рис. 2. Схема додавання відходів плодоовочевого виробництва у висушені органо-мінеральні добрива

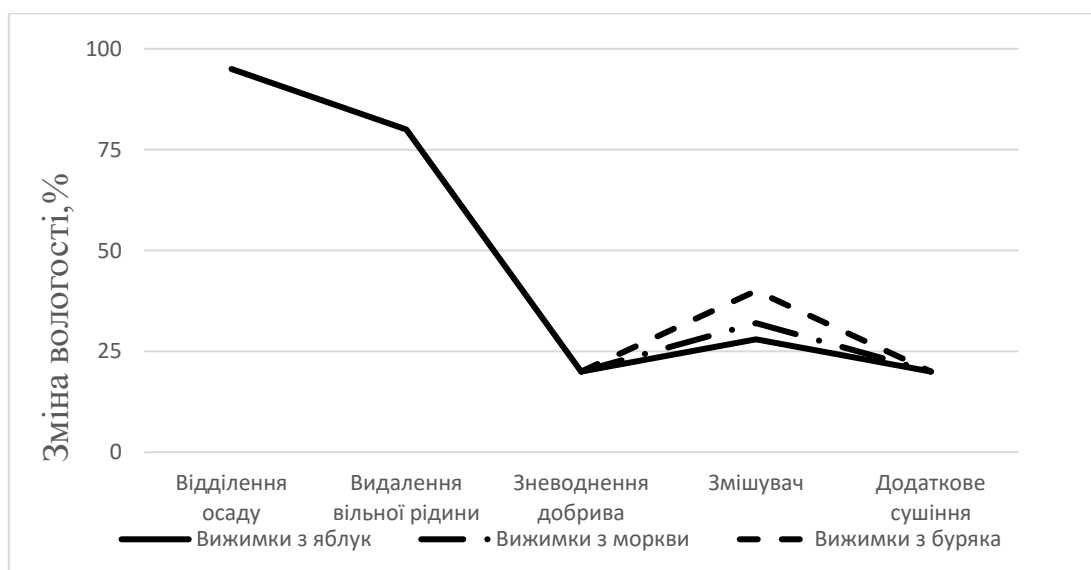


Рис. 3. Графік залежності зміни вологості зневодненого органо-мінерального добрива після додавання відходів плодоовочевого виробництва

Зазначене співвідношення 10:1 використання будь-якого з розглянутих видів плодоовочевих відходів у технологічній схемі одержання органо- мінеральних добрив незначно впливає на зміну вологості, тому застосування даного виду відходу не потребує суттєвої зміни технологічної схеми та доповнення витрат [16-20]. При додаванні відходів до пастоподібної форми добрив можна усунути етап досушування в технологічній схемі. Додавання відходів до етапу



відділення вільної рідини в центрифугах незручне через високу вологість рідких добрив.

Наявність волокон плодовоовочевих виробництв, що містяться у відходах, розширюють можливості подальшої грануляції. Впливають на міцність гранул та вивільнення органо- мінеральних добрив із них. Для точного визначення кількості відходів плодовоовочевого виробництва потрібні дослідження добрив як гранул. Для підготовки жому до грануляції використовується лінія, що складається із послідовно з'єднаних апаратів [15].

*Висновки* Представлена стратегія наголошує на необхідності стійкого виробництва як первинного органо- мінерального добрива, так і готового гранульованого добрива, отриманого з використанням відходів плодовоовочевих виробництв. У цьому контексті різні галузі економічної діяльності мають бути пов'язані з прогресивними досягненнями у галузі фундаментальних знань та прикладних наук, особливо технологій. Загальний принцип каскадного використання потоків біомаси та відходів визначає пріоритетні дії та послідовний підхід у біоекономіці. Слідуючи цій ідеї, спочатку має бути забезпечене виробництво продуктів з більш високою доданою вартістю, таких як органо-мінеральні добрива, повторне використання/переробка побічних продуктів, відходів та сировини разом із виробництвом біопродуктів та, нарешті, впровадження енергозберігаючих технологій. Принцип каскадування узгоджується з концепцією мінімізації відходів, визначеною як «програма без відходів», що розглядається як стратегія, має вирішальне значення для економіки замкнутого циклу, захищаючи цінні матеріали від «уцінки з економіки» цієї програми, ідеальною метою для будь-якої технології, орієнтованої біоекономіку, є виконання критеріїв «нульових відходів», що дозволяє повторно використовувати всі побічні продукти в ланцюжку створення вартості.

#### *Список використаних джерел*

1. Червоткіна О. О., Олексієнко В. О., Фучаджи Н. О. Обґрунтування параметрів робочого органу гранулятора для отримання гранул на основі овочевої сировини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2013. Вип. 13, т. 7. С. 57–62.

2. Технологічне обладнання для переробки продукції рослинництва: Лабораторний практикум / В. Ф. Ялпачик, Н. П. Загорко, Н. О. Паляничката ін. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 277 с.

3 Rombel A., Krasucka P., Oleszczuk P. Sustainable biochar-based soil fertilizers and amendments as a new trend in biochar research. *Science of The Total Environment Available [online]*. 2021. No 151588.



4. Lassaletta L., Estellés F., Beusen A. H. W., Bouwman L., Calvet S., van Grinsven H. J. V., Doelman J. C., Stehfest E., Uwizeye A., Westhoek H. Future global pig production systems according to the Shared Socioeconomic Pathways. *Science of The Total Environment*. 2019. P. 739–51.
5. Kolesnikova T. A., Kulikova M. A., Kasharin D. V., Monastyrskiy D. I. Optimization of the environmentally safe technology for the processing of liquid animal breeding. *Earth Environ. Sci.* 2019. Vol. 548. No 032013.
6. Monastyrskiy D. I., Zemhenko G. N., Kulikova M. A. Investigation of the method of dehydration of organomineral fertilizer based on liquid waste of pig farms. *Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 848. No 012135.
7. Червоткіна О. О., Олексієнко В. О., Фучаджи Н. О. Обґрунтування параметрів робочого органу гранулятора для отримання гранул на основі овочевої сировини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2013. Вип. 13, т. 7. С. 57–62.
8. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси / В. С. Бойко, К. О. Самойчук, В. Г. Тарасенко та ін. Київ: ПрофКнига, 2021. 468 с.
9. Єременко О. І., Василенков В. Є., Руденко Д. Т. Дослідження процесу брикетування біомаси шнековим механізмом. *Інженерія природокористування*. 2020. Вип. 3(17). С. 15–22.
10. Harun N. Y., Afzal M. Effect on particle size on mechanical properties of pellets made from biomass. *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 148. P. 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.44>.
11. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Розробка міні-лінії для виготовлення паливних брикетів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2021. Вип. 21, т. 1. С. 152–159.
12. Carré P. New approach for the elucidation of the phenomena involved in the operation of vegetable oil extraction presses. *Oilseeds & Fats Crops and Lipids*. 2022. Vol. 29, № 6. doi: 10.1051/ocl/2021048
13. Дідур В., Кюрчев В., Чебанов А., Асєєв А. Підвищення ефективності технологічного процесу переробки насіння рицини на рицинову олію. *Сучасні шляхи розвитку агропромислового виробництва*. Springer. 2019. С. 17–27. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_3).
14. Червоткіна О. О., Фучаджи Н. О., Паляничка Н. О., Самохвал В. А. Вплив різних параметрів на процес гранулювання рослинної сировини та якість гранул. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2023. Вип. 23, т. 2. С. 122–130.



15. Червоткіна О. О., Фучаджи Н. О., Ковальов О. О., Паляничка Н. О., Матвіїшин П. В. Аналіз методів отримання гранул і засобів для їх реалізації. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2023. Вип. 13, т. 2. С. 143–150.

16. Самохвал В. А., Самойчук К. О., Червоткіна О. О. Дослідження роботи остаточного формування брикету з здатністю відбору олій при виготовленні паливних брикетів на гвинтових прес-екструдерах. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції (01-24 листопада 2023 р.)*. Запоріжжя, 2023. С. 159-162.

17. Червоткіна О. О., Тарасенко В. Г. Використання в'яжучих речовин при виробництві гранульованих овочів. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р. : [матеріали конференції] / під заг. ред. В. М. Кюрчева. Мелітополь, 2020. С. 161–163.*

18. Ялпачик В. Ф., Буденко С. Ф., Олексієнко В. О., Червоткіна О. О. Дослідження коефіцієнта тертя гранульованого жому моркви. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. Вип.18, т. 1. С. 112–118.

19. Calvete-Torre I., Munoz-Almagro N., Pacheco M. T., Anton M. J., Dapena E., Ruiz L., Margolles A., Villamiel M., Moreno. Apple pomaces derived from mono-varietal Asturian ciders production are potential source of pectins with appealing functional properties. *Carbohydrate Polymers*. 2021. Vol. 264. P. 117980.

20. Wilk M., Sliz M., Gajek M. The effects of hydrothermal carbonization operating parameters on high-value hydrochar derived from beet pulp. *Renewable Energy*. 2021. Vol. 177. P. 216–228.

21. Kaszycki P., Giodniok M., Petryszak P. Towards a bio-based circular economy in organic waste management and wastewater treatment. – The Polish perspective. *New Biotechnology*. 2021. Vol. 61. P. 80–89.

22. Shkodich N. F., Rogachev A. S., Vadchenko S. G., Sachkova N. V., Chassagnon R. Reactivity of mechanoactivated Ni-Al blends. *Inter. J. SHS*. 2012. Vol. 21, No. 2. P. 104–109. <https://doi.org/10.3103/S1061386212020100>.

23. Black M. J., Anandan P. A framework for the robust estimation of optical flow. *ICCV'93*. 1993. P. 231–236.

24. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси / В. С. Бойко, К. О. Самойчук, В. Г. Тарасенко та ін. Київ: ПрофКнига, 2021. 468 с.



25. Сухое и влажное гранулирование. URL: <https://albnn.com/stati/sukhoe-i-vlazhnoe-granulirovanie/> (дата звернення 16.09.2024).

*Стаття надійшла до редакції 30.09.2024 р.*

**O. Chervotkina, O. Prokopenko, N. Palianychka**  
**Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University**

## **COMPLEX USE OF WASTE FROM FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTION IN FERTILIZER PRODUCTION**

### ***Summary***

The article presents the results of research into complex processing of organo-mineral fertilizers. Two variants of processing in different technological regimes are considered. The complex method is used in waste processing, as it ensures the most complete disposal of waste. In this study, samples of organomineral fertilizers are combined with waste from fruit and vegetable production to assess the dynamics of moisture during the drying process.

The change in the mass fraction of water can be considered as one of the indicators of the efficiency of the application of various wastes and technological schemes. The advantages of technological schemes consisting in the addition of waste fruit juices or beet pulp at different stages have been revealed. The technology makes it possible to obtain fertilizers for the soil of a new generation. To improve the parameters, a scheme of joint processing of waste from pig farms and fruit and vegetable production is proposed. Ukraine belongs to the countries with a high level of development of agriculture, the sphere of consumption of various products of industrial and agrarian origin. Every year, more than 1 billion tons of natural substances are involved in economic circulation in Ukraine. These are raw materials and products of various types of industry, in particular, a large share is occupied by agriculture and the production of organic-mineral fertilizers. Therefore, as a result of conducting research on complex processing of organic-mineral fertilizers, two options for processing waste from agricultural production were considered. A comprehensive method of waste processing allows us to ensure their complete disposal. The fruit and vegetable sector produces a large amount of waste, which creates both environmental and economic problems. The authors conducted a study on waste after the processing of carrots, apples, and sugar production. It was also found that the waste processing technology makes it possible to obtain fertilizers for the soil of a new generation. In recent years, there has been an increased demand for organic-mineral fertilizers. Most farmers use dry fertilizers - more than 80% of all fertilizers applied in the world.

**Key words:** agro-mineral fertilizers, utilization, pulp, waste of fruit and vegetable production, fruit pomace, granulation, complex processing.