

## ОЧИЩЕННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ВІД ЗВ'ЯЗАНИХ ЗАБРУДНЕНЬ

*В статті представлено результати досліджень видалення в процесі транспортування цукрових буряків у переробку зовнішніх домішок. Представлено результати досліджень ступенів відмивання домішок від сировини при різних режимах. Встановлено, що використання щіткових пристроїв, що безпосередньо контактують з забрудненнями на поверхні коренеплодів, інтенсифікувало процес відмивання і дозволяє майже у 2 рази знизити залишкову забрудненість та у середньому на 17 % підвищити ефект очищення буряків від зв'язаних забруднень.*

**Ключові слова:** домішки, очищення, цукровий буряк, щіткові пристрої

Очищення від зовнішніх домішок буряків, які надходять на кагатні поля цукрових заводів, відбувається двома способами: сухим — при розвантаженні транспортних засобів бурякоукладальними машинами і мокрим — при наступному гідравлічному транспортуванні у завод. Частка кожного із способів у загальному ефекті очищення завжди неоднакова. Ефективність сухого способу очищення залежить від особливостей ґрунтів, погодних умов, конструкцій очисних пристроїв і т. ін. Загальноприйнята і широко використовувана на підприємствах України та зарубіжних країн схема переробляння цукрових буряків допускає накопичення на складах очищених сухим способом коренеплодів з подальшою подачею у переробку за допомогою гідравлічного транспортування [1].

Така схема ввібрала в себе традиції і багаторічний досвід цукрової галузі та новітні розробки науковців, зарекомендувавши себе як надійний спосіб приймання коренеплодів, транспортування їх у переробку з одночасним очищенням від домішок. Система гідравлічного транспортування має такі переваги, як відносна простота будови та експлуатації, технологічна інтегрованість, яка виражається у суміщенні транспортної і технологічної функцій (очищення від домішок), та прийнятні техніко-економічні показники. Найсуттєвішими її недоліками є енергоємність та незадовільна екологічність, а саме — механічне, біологічне, хімічне забруднення великих обсягів транспортерної води та втрата значної кількості ґрунту, який надходить з полів

© О.І. Хоменко, Н.М. Пушанко, 2010

*The article presents the results of researches whose purpose was to elucidate the process of removal of external mixtures from the sugar beets during their transportation to wash machines. There are presented the results of grades of raw materials' washing from contaminants in different regimes. There was confirmed that using the brush devices that have a direct contact with contaminants on roots' surface has intensified the washing process and allowed decreasing the final contamination by 50% and increasing the purification effect by 17%.*

**Key words:** mixtures, purification, sugar beets, brush devices

з коренеплодами та безповоротно вимивається у ході гідротранспортування.

Рівень забрудненості буряків коливається у значних межах. З аналізу звітних даних роботи цукрових заводів України в 1991—2000 рр. видно, що середній показник загальної забрудненості буряків, укладених у кагати, складає 11,4% [2]. На сьогодні забрудненість буряків характеризується такими показниками: вміст землі — не менше 6% від маси буряків, нерідко 10...15% і більше, вміст зеленої маси — не менше 2...3%, а в окремих випадках — 4...6% і більше. Загальний вміст баластних домішок — не менше 12...15% від маси буряків, а часто і до 20% та більше [3,4]. У окремі роки і в окремих регіонах буряки на цукрові заводи надходили із забрудненістю 30...40% від маси буряків, а в деяких господарствах — до 80%. Забрудненість коренеплодів таким важковідокремлюваним компонентом, як зв'язана земля, може досягати 6...20% [5], при цьому у бічних борознах коренеплодів може знаходитися понад 59% від загальної забрудненості коренеплода зв'язаною землею [6].

Потрапляючи у потік гідравлічного транспортування, бурякосировина утворює складну буряководяну суміш, яка включає в себе такі компоненти, як транспортерна вода, коренеплоди буряків і фракції, що утворюють забрудненість буряків, а саме: частки та грудки вільної землі, вільну гичку, соломку, бур'яни і інші трав'янисті домішки, а також земля та гичка, зв'язані з коренеплодами.

Названі домішки мають різні властивості та походження, тому їх доцільно розглядати, як окремі об’єкти у потоці гідротранспортування. У зв’язку з цим процес очищення буряків від домішок у ході гідралічного транспортування слід описувати щонайменше як два окремі — процес виділення вільних домішок з потоку буряководяної суміші і процес відокремлення зв’язаних забруднень з поверхні коренеплодів. Процеси відокремлення вільних домішок, які традиційно поділяють на різновиди за такою ознакою, як відношення густини цих домішок до густини води, у діючих технологічних схемах достатньо ефективно проводяться на окремих відрізках гідротранспортування у спеціалізованому устаткуванні — камене-піскоуловлювачах та соломо-гичкоуловлювачах різних типів.

Процес відокремлення зв’язаних забруднень (4.5...6%) з поверхні коренеплодів відбувається поступово у ході гідротранспортування з завершенням у мийному відділенні і створює найскладнішу технологічну проблему у плані очищення бурякосировини від домішок. Фізична сутність процесу відмивання коренеплодів буряків від зв’язаних забруднень полягає у відділенні від поверхні коренеплодів структурних елементів ґрунту, що утримуються силами адгезії і прилипання. Цей процес складається з наступних етапів: просочення шару забруднень водою, відмочування (проникнення вологи між цим шаром і поверхнею коренеплоду), набухання шару забруднень, потім руйнування і відділення їх від поверхні коренеплоду. Здатність забруднень до просочування, набухання та відмочування залежить від типу ґрунту, на якому вирощувались буряки, його вологості, метеорологічних умов викопування та зберігання, геометрії коренеплоду та інших факторів. При зміні цих властивостей змінюється тривалість окремих етапів та й процесу у цілому. Для більш детального вивчення процесу відокремлення зв’язаних забруднень та визначення тривалості відмивання нами проведені лабораторні дослідження за наступною методикою. З метою одержання максимально наближених до практики умов досліджувались буряки, які зростали на ґрунтах сировинної зони Смілянського цукрового заводу, що класифікуються як реградовані суглинкові чорноземи. Характерною особливістю таких ґрунтів є низька просочуваність водою, що значно уповільнює відокремлення зв’язаних забруднень. Коренеплоди з достатньо помітними зв’язаними забрудненнями, зокрема — у бічних борознах, групувались у партії приблизно однакової маси та розмірів і відмивалися у лабораторній установці (рис. 1, а). Основний її вузол — встановлений на горизонтальному валу барабан 1 діаметром 800 мм та довжи-

ною 450 мм, на внутрішній циліндричній поверхні якого по твірних з метою турбулізації потоку та інтенсифікації процесу відмивання встановлювались змінні активатори 5 різних конструкцій (рис. 1, б, в). Передня стінка барабана має центральний завантажувальний отвір діаметром 200 мм. Вибір інших розмірів здійснено для створення у барабані співвідношення «буряководя» 1 : 6. З метою моделювання руху буряководяної суміші у гідротранспортері барабан приводився в рух приводом 2 зі змінною у різних групах дослідів частотою від 28 до 40 об/хв. Для відокремлення від води крупних часток забруднень було встановлено відстійник-накопичувач 3. Циркуляцію води у контурі по аналогії з реальним процесом гідротранспортування здійснював насос 4. Розміри барабана підібрані таким чином, щоб його залитий переріз за своїми пропорціями відповідав такому у гідротранспортері цукрового заводу невеликої потужності. При обертанні барабана з окружною швидкістю у ядрі потоку, рівній швидкості буряководяної суміші у гідротранспортері, у завантаженій у барабан буряководяній суміші формувалася турбулентний режим, подібний до режиму потоку у гідротранспортері, та відбувалося відмивання коренеплодів.

Партії буряків різних розмірів зважувались перед закладкою у барабан, а потім вивантажувались, зважувались і знову завантажувались для продовження процесу через кожні 2 хв. У зв’язку зі значним уповільненням процесу відмивання у завершальній стадії та впливом поглинання води коренеплодами на точність результатів, дані фіксувались протягом перших 14 хв. Перед проміжними зважуваннями для відведення з поверхні зайвої вологи коренеплоди на короткий час викладались на сітку.

У першій серії дослідів, метою яких було моделювання традиційного процесу гідротранспортування,

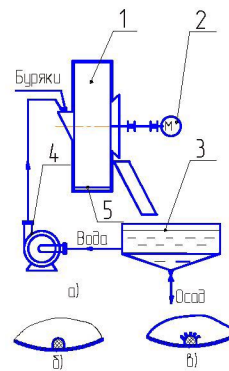


Рис. 1. Схема лабораторної установки

Таблиця 1

Результати дослідження процесу гідротранспортування у барабанах з активаторами

№ партії буряків	Середня маса забрудненого коренеплоду у партії буряків, г	Середня маса чистого коренеплоду у партії буряків, г	Середня забрудненість коренеплоду у партії, %	Забрудненість, % , після обробки на протязі						
				2 хв	4 хв	6 хв	8 хв	10 хв	12 хв	14 хв
1	938	916	2,40	2,29	1,53	1,09	0,87	0,87	0,66	0,66
2	974	944	3,18	2,75	2,12	1,69	1,48	1,27	1,06	0,90
3	900	866	3,93	3,46	2,77	2,31	1,96	1,62	1,39	1,39
4	802	772	3,89	3,63	3,11	2,59	2,33	1,81	1,49	1,36
5	638	616	3,57	3,25	2,29	2,27	2,26	1,95	1,62	1,62
6	598	574	4,18	3,83	3,48	2,79	2,44	1,74	1,39	1,39
7	585	570	2,63	2,46	1,75	1,40	1,23	1,23	1,05	1,05
Середні значення по дослідженню			3,40	3,10	2,44	2,02	1,80	1,50	1,24	1,20

у барабані встановлювались активатори з гладкими поверхнями (рис. 1,б).

Усереднені за партіями результати цього дослідження, яке здійснювалось при частоті обертання у межах 28...35 об/хв., наведені у табл. 1.

Динаміка відмивання коренеплодів кожної партії при використанні активаторів з гладкими поверхнями характеризується графіками, показаними на рис. 2. Узагальнена картина зменшення зв'язаної забрудненості проілюстрована рис. 3.

Інтенсивність відмивання зв'язаних забруднень у ході процесу та часові інтервали основних його етапів наглядно відображає діаграма (рис. 4). Ефект очищення у даній серії дослідів у середньому складає 65%, коливаючись від 55% до 72% для різних партій коренеплодів.

Як видно з таблиці 1 та графіків (рис. 2, 3, 4), тривалість інтенсивного відмивання буряків, вирощених на складних з точки зору відмивання суглинково-чорноземних ґрунтах, складає близько 12 хв. Зрозуміло, що у реальному технологічному процесі, з урахуванням чинників, які активізують процеси відмивання (гідранти, буряконасоси, камене-пісковловлювачі тощо), тривалість процесу активного відмивання до залишкової забрудненості, аналогічній отриманій у дослідженні, повинна бути меншою.

Аналіз залежностей (рис. 3, 4) показує, що процес відмивання має помітну різну інтенсивність у окремих часових інтервалах. За цією ознакою процес можна розділити на п'ять умовних етапів. Перший етап,

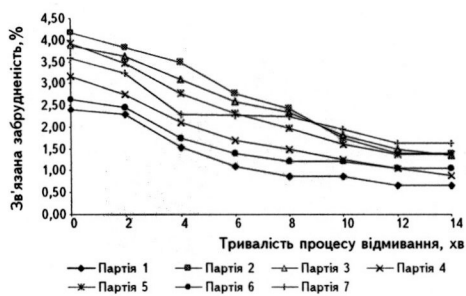


Рис. 2. Зміна забрудненості при використанні активаторів із гладкими поверхнями

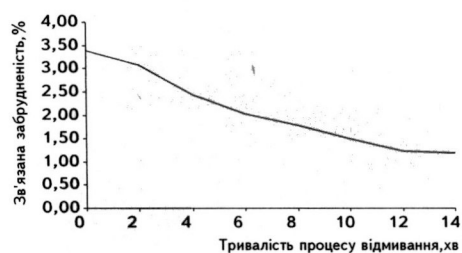


Рис. 3. Узагальнений графік зміни зв'язаної забрудненості при використанні активаторів з гладкими поверхнями



Рис. 4. Діаграма інтенсивності процесу відмивання при використанні активаторів із гладкими поверхнями

який має орієнтовну тривалість до 3 хв, полягає у просоченні та відокремленні верхніх шарів забруднень. Цей етап характеризується більш пологою початковою частиною кривої (рис. 3). Наступна, досить круто спадаюча частина кривої характеризує другий етап процесу орієнтовною тривалістю до 3...4 хв, який полягає у подальшому відмочуванні та наступному інтенсивному руйнуванні і відділенні забруднень з гладких поверхонь коренеплодів та з верхніх шарів у заглибинах.

Уповільнення процесу на третьому етапі можна пояснити тим, що у цьому часовому інтервалі обробки на коренеплодах залишилися домішки лише у заглибинах та бічних борознах, до того ж армовані кореневими волосками, на просочування та відмочування яких необхідний достатній час (згідно рис. 3 це близько 3 хв). На четвертому етапі, який триває 2...3 хв, відбувається прискорення процесу відмивання цих забруднень. Завершення процесу активного відмивання зв'язаних забруднень характеризується достатньо великою тривалістю (від 3 хв і більше) і характеризується пологою кривою на графіку процесу. Швидкість перебігу процесу на окремих етапах добре ілюструє діаграма інтенсивності відмивання (рис. 4), з якої видно, що перший і найбільший пік інтенсивності припадає на 4...6 хвилини процесу, а другий — на 9...12 хвилину.

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що при достатній довжині гідравлічного транспортування теоретично можливе відмивання коренеплодів від зв'язаних забруднень без використання додаткових технічних засобів до значень, що наближаються до забрудненості транспортерної води. Разом з тим відомо, що для запобігання замулювання гідротранспортерів швидкість буряководяної суміші повинна бути не нижчою 1,2...1,5 м/с [2]. Тому, орієнтуючись на отримані у досліді значення тривалості перших чотирьох активних періодів (близько 12...13 хв або 720...780 с), легко визначити теоретично необхідну протяжність гідротранспортера ( $720...780/1,2...1,5$ ), достатню для практично доцільного відмивання коренеплодів з залишковою забрудненістю близько 1%. Відповідно до результатів досліді така протяжність повинна складати у середньому 480...650 м.

Тракт подачі буряків кожного цукрового заводу має свої особливості, обумовлені рельєфом місцевості, компоновкою об'єктів і т. ін., але довжина гідравлічного транспортування у середньому менша вказаних меж, тому на практиці при гідравлічному транспортуванні достатньо повного відмивання коренеплодів не відбувається, при цьому залишкова зв'язана забрудненість коренеплодів, вирощених на суглинкових ґрунтах, як правило, не буває нижчою 1,5%. Саме цим пояснюється присутність у схемах всіх цукрових заводів потужних бурякомийних відділень з обладнанням для повного завершення процесів відмивання. Співставлення фактичної довжини гідротранспортерів з розрахованою протяжністю, необхідною для максимального відокремлення зв'язаних забруднень у ході гідротранспортування, дозволяє визначити необхідну тривалість технологічних процесів у бурякомийних комплексах, а також дає уяву про оптимальність конструктивного оформлення існуючих машинно-апаратних схем та напрямки підвищення їх ефективності.

Враховуючи, що велика тривалість перебування коренеплодів у транспортерній воді та бурякомийних машинах призводить до значних втрат цукру за рахунок

Ефект очищення коренеплодів при використанні активаторів зі щітковими вставками

Таблиця 2

№ партії буряків	Середня маса забрудненого коренеплода, г	Середня маса чистого коренеплода, г	Середня забрудненість коренеплода, %	Забрудненість, % , після обробки на протязі							
				2 хв	4 хв	6 хв	8 хв	10 хв	12 хв	14 хв	
1	913	887	2,93	2,33	1,47	0,99	0,78	0,58	0,48	0,37	
2	881	849	3,77	3,20	2,33	1,56	1,12	0,88	0,68	0,57	
3	817	786	3,94	2,87	2,27	1,76	1,41	1,09	0,88	0,69	
4	727	701	3,71	3,43	2,65	2,23	1,66	1,32	1,07	0,83	
5	607	582	4,30	3,47	2,81	2,41	1,88	1,43	1,13	0,77	
Середні значення по дослідженню				3,73	3,06	2,31	1,79	1,37	1,06	0,85	0,65

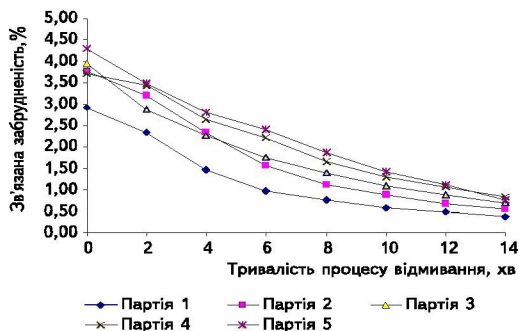


Рис. 5. Зміна забрудненості при використанні активаторів з щітковими вставками

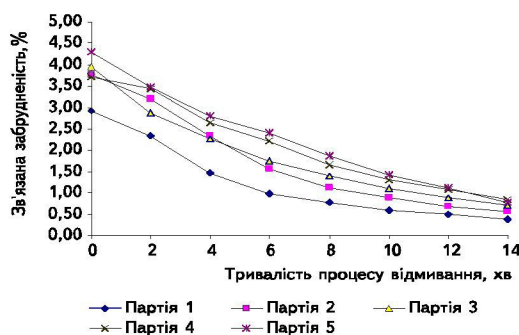


Рис. 6. Узагальнений графік змін зв'язаної забрудненості при використанні активаторів зі щітковими вставками

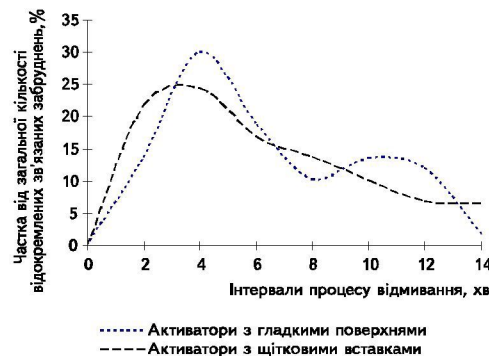


Рис. 7. Діаграма інтенсивності процесів відмивання при використанні активаторів різних конструкцій

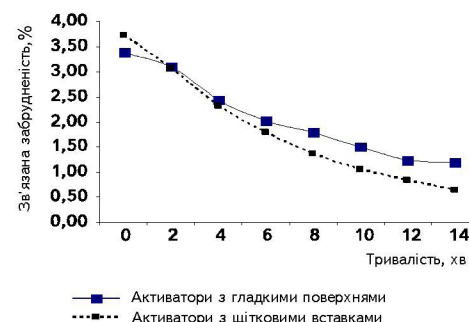


Рис. 8. Порівняльний графік змін забрудненості сировини при використанні активаторів різних конструкцій

його вимивання з тканин пошкоджених коренеплодів [2], одним з найважливіших напрямків є зменшення тривалості процесів відмивання за рахунок інтенсифікації відокремлення зв'язаних забруднень.

Для вивчення можливостей інтенсифікації було проведено дві серії дослідів по відмиванню коренеплодів у барабані: одна — при частоті обертання барабана у межах 40...45 об/хв. та активаторами з гладкою поверхнею (рис. 1, б), друга — при частоті 28...35 об/хв. та активаторами з щітковими вставками (рис. 1, в).

Збільшення частоти обертання барабана та досягнуте при цьому підвищення швидкості і турбулентності потоку буряководяної суміші дало незначне підвищення ефекту очищення до 68% порівняно з 65%, отриманими раніше.

Використання активаторів з щітковими вставками показало значно більшу ефективність. Ефект очищення у середньому по серії дослідів склав 82 %, коливаючись у окремих партіях коренеплодів від 78 % до 87 %, що видно з усереднених за партіями коренеплодів результатів дослідження, які наведені у табл. 2.

Динаміка відмивання коренеплодів кожної партії при використанні активаторів з щітковими вставками, а також усереднена по дослідженню, характеризується графіками, показаними на рис. 5 та 6.

На графіках (рис. 6 та 7) добре помітні суттєві відмінності у перебігу процесу при використанні активаторів з щітковими вставками — у цілому він проходить більш інтенсивно та рівномірно від початкових стадій до завершальних етапів.

Порівняльна діаграма зміни забрудненості (рис. 8) наглядно демонструє ці відмінності — у перші дві хвилини вона приблизно у 2 рази більша, надалі процес відбувається без виражених піків та, починаючи з 4–5 хвилини, поступово уповільнюється. Особливий інтерес представляє перебіг процесу у завершальній частині. Порівняно з використанням активаторів з гладкими поверхнями, де інтенсивність на кінцевих етапах наближається до нуля, завершальна стадія процесу при використанні активаторів з щітковими вставками вказує на можливість його продовження до межі, яка наближається до забрудненості транспортерної води.

**Висновки.** Зв'язані забруднення буряків, вирощених на найменш прийнятних з точки зору їх очищення суглинкових ґрунтах, активно видаляються у процесі гідротранспортування на протязі перших 12...14 хвилин.

Залишкову забрудненість у межах 1,5...2%, з якою буряки надходять у мийні комплекси цукрових заводів, утворюють забруднення, що знаходяться у заглибинах коренеплодів.

Видалення таких забруднень шляхом збільшення тривалості традиційного процесу відмивання без застосування зовнішніх впливів, як правило, не забезпечує достатнього ефекту, одночасно призводячи до збільшення втрат цукрози у транспортерній воді.

Підвищення швидкості потоку буряководяної суміші до 1,7...1,9 м/с не призводить до помітної інтенсифікації видалення зв'язаних забруднень з поверхні коренеплодів.

Використання щіткових пристроїв, що безпосередньо контактують з забрудненнями на поверхні коренеплодів, інтенсифікувало процес відмивання, дозволило майже у 2 рази знизити залишкову забрудненість та у середньому на 17 % підвищити ефект очищення буряків від зв'язаних забруднень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства*. В 2-х ч. Ч.1/В.О. Штангеев, В.Т. Кюбер, Л.Г. Белостоцкий и др.; под ред. В.О. Штангеева. — К.: «Цукор України», 2003. — 352 с.

2. *Шляхи підвищення ефективності цукробурякового виробництва: Рекомендації семінару голов, інж. і голов. техн. об'єднань та цукр. з-дів*. — Ворзель, 1995. — 103 с.

3. *Хоменко М.Д.* Сучасне обладнання бурякопідготовчого відділення цукрового заводу. Рациональна експлуатація, ремонт, монтаж і налагодження. — К.: ІПК Держхарчопрому України, 1996. — 62 с

4. *Хелемский М.З., Томиленко Е.Г., Погорельный П.В.* Влияние новых свеклоуборочных машин на технологические качества сахарной свеклы // Сахарная пром-ть. — 1975. — № 11. — С. 58–63.

5. *Кузнецова Л.А.* Фракционный и гранулометрический состав вороха свеклы механизированной уборки, поступающей на свеклоукладчики / Сахарная пром-ть. — 1983. — №4. — С. 55–58.

6. *Хоменко О.І., Пушанко М.М.* Склад і структура зв'язаних забруднень коренеплодів цукрових буряків, — К.: Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2007. — №22. — с. 44–47.

*Надійшла до редколегії 16.04.10 р.*