

## **РОЗРОБКА ВИМОГ ДО ПРИЛАДІВ ЗДАТНИХ РЕЄСТРУВАТИ ПСУВАННЯ БУЛЬБ КАРТОПЛІ ПІД ЧАС ЇХ ЗБЕРІГАННЯ**

***Г. І. Подпратов, кандидат сільськогосподарських наук, професор  
С. М. Гунько, кандидат технічних наук***

*Наведено узагальнені результати досліджень щодо розробки комплексу вимог до приладів здатних реєструвати псування бульб картоплі під час їх зберігання.*

***Бульби картоплі, зберігання, псування, газоаналізуючі прилади.***

Картопля – один з основних продуктів харчування на Україні. Вона є цінною сировиною для переробної промисловості. Велика кількість бульб картоплі закладається на зберігання, однак основною проблемою є досить значні втрати, які в окремі роки складають до 20–30 % [1] і в середньому в Україні можуть сягати 2,7 млн т на рік і більше [2]. Зниження цієї чималої цифри навіть на 10 % може дати щорічний економічний ефект у 80–130 млн грн. Важливим аспектом цієї проблеми є виявлення та локалізація осередків псування продукції в овочесховищах якомога раніше, що може сприяти своєчасному їх знешкодженню та запобіганню великих втрат [3, 4].

Шукають засоби виявлення та локалізації початкових стадій псування сільськогосподарської продукції як вітчизняні дослідники, так і закордонні, протягом багатьох років. Одним із таких засобів є контроль газового середовища в місцях зберігання за допомогою газоаналізуючих приладів.

Основною причиною псування картоплі є зараження гнилісними бактеріями та грибками, у процесі життєдіяльності яких виділяються різні леткі органічні сполуки [5, 6]. Найбільш інтенсивними й характерними сполуками є етанол, метанол та бутанол, які можуть слугувати маркерами процесів гниття вже на початковій стадії, однак методи контролю газового середовища для цілей зберігання сільськогосподарської продукції довгий час не виходили за межі лабораторій через велику вартість обладнання, тривале проведення вимірювань та потребу кваліфікованого персоналу.

Прогрес у технології газових сенсорів, призвів до суттєвого покращення їхньої чутливості (одиниці ppm), економічності, стабільності характеристик та зменшення габаритів. Освоєння масового виробництва таких сенсорів спричинило їхню широку доступність та сприяло суттєвому зниженню вартості, тому останніми роками в розвинених країнах (Велика Британія, Канада, США) почались розробки технічних засобів контролю газового середовища у сховищах, що використовують сучасні газові сенсори [7].

**Мета дослідження** – встановити комплекс вимог до приладів здатних реєструвати леткі органічні сполуки, які виділяються під час псування бульб картоплі.

**Матеріали і методи дослідження.** Експеримент проводили протягом 2008–2012 рр. Для досягнення поставленої мети було використано результати досліджень провідних світових науково-дослідних центрів, які займаються питаннями псування сільськогосподарської сировини під час її зберігання та розробкою способів виявлення цих процесів на ранніх стадіях.

**Результати дослідження та їх аналіз.** Проведені дослідження в розвинених країнах (Велика Британія, Канада, США) свідчать про те, що сукупність летких органічних сполук (ЛОС), які утворюються в процесі життєдіяльності збудників хвороб картоплі під час її зберігання, може бути значною навіть на початковій стадії гниття, коли наявних (візуальних) ознак ще немає.

Потрапляння ЛОС від шкідливих збудників у повітря всередині сховища призводить до поступового підвищення концентрації таких летких маркерів гниття й може бути зафіксовано чутливою газоаналізуючою апаратурою. Перевищення концентрації цих ЛОС у повітрі овочесховища певного граничного значення, яке визначається експериментально заздалегідь, може бути зафіксовано приладами й слугувати ознакою початку розповсюдження інфекції. На сьогодні спеціалізованих приладів для такого моніторингу стану повітря в умовах овочесховища не існує, але для різних галузей застосування створена й виробляється велика кількість газочутливих сенсорів (датчиків), які є основою будь-якого газоаналізуючого приладу.

Враховуючи умови, що існують у картоплесховищах, беручи до уваги специфічну сукупність ЛОС, які виробляються збудниками хвороб картоплі, та експлуатаційні вимоги до приладу в цілому, нами було проведено роботу щодо розробки вимог до цих газочутливих приладів.

По-перше, прилад для моніторингу наявності ЛОС в овочесховищі повинен бути стаціонарним та обслуговувати окреме відділення сховища (якщо сховище має поділ навіть на неізольовані одне від одного приміщення) в постійному тривалому режимі, тому газовий сенсор приладу повинен мати тривалий термін експлуатації у ввімкненому стані (декілька років) і демонструвати за цей час добру стабільність своїх характеристик.

По-друге, чутливість газового сенсора приладу повинна бути якомога вища саме для того кола ЛОС, що виробляються збудниками хвороб, тобто до найбільш інтенсивних маркерів гниття. Саме тому сенсори-претенденти повинні випробуватись у першу чергу на малих концентраціях (одиниці – десятки ppm). Чим вища чутливість сенсора та його стабільність, тим меншу концентрацію маркерних ЛОС він може зафіксувати й тим раніше виявити початок гниття.

Наступна вимога – спроможність працювати в типових умовах овочесховища: відносно низька температура 2–10 °С, підвищена вологість – 80–95 % та вірогідний рух повітря в умовах природної чи примусової вентиляції.

Основним елементом таких приладів є газовий сенсор, який фіксує появу та концентрацію ЛОС в атмосфері сховища, тому нами був проведений

аналіз сенсорних технологій, які існують у світі та окреслено коло вимог з точки зору їх використання в цьому приладі.

На цей час проблема вибору газового сенсору для конкретного застосування не є тривіальною. Потрібно враховувати багато факторів, які часто можуть бути суперечливими. Бажано звичайно орієнтуватися на найвищі показники, які можуть бути сформульовані як властивості "ідеального" сенсору. На практиці до "ідеального" сенсору прийнято висувати приблизно такий перелік умов: висока чутливість до хімічних сполук, що визначаються; висока селективність (не чутливість до фонових сполук); висока стабільність; низька чутливість до вологості та температури; швидка реакція; просте калібрування; лінійність характеристики; малі розміри; мале енергоспоживання; великий термін експлуатації; мала вартість; доступність.

Із урахуванням огляду різних технологій, що застосовуються на цей час для розробки та виготовлення газових сенсорів, придатних для контролю летких органічних сполук в атмосфері типового овочесховища, можна скласти порівняльну таблицю.

### Характеристики сенсорних технологій, що можуть застосовуватись для контролю летких органічних сполук

Параметр	Сенсорна технологія			
	каталітичний	металооксидний	електрохімічний	оптичний
Концентрації	ppm – %	ppm – 10000 ppm	ppb – ppm	0–100 %
Термін роботи	****	*****	***	****
Селективність	***	**	****	****
Час відгуку	****	***	***	*****
Споживання	***	**	*****	***
Відтворюваність	****	**	****	*****
Дрейф	****	**	****	*****
Температурний діапазон	*****	****	****	****
Вплив вологості	****	**	****	*****
Доступність	****	*****	***	*
Ціна	\$\$	\$	\$\$\$	\$\$\$

Примітка. Зірочками позначені характеристики, що можуть бути оцінені від \* - погано до \*\*\*\*\* - відмінно, а ціна сенсору від \$ - дешевий до \$\$\$ - дорогий.

Із таблиці видно, що найбільш чутливими є електрохімічні сенсори, вони спроможні реєструвати концентрації органічних сполук на рівні мільярдних доль (ppb) і мають непогані інші параметри, однак термін служби таких сенсорів зазвичай близько одного року. Термін зберігання таких сенсорів теж складає трохи більше одного року, тобто його не можна придбати «про запас». З урахуванням високої вартості та витрат на обслуговування (заміну) застосування електрохімічних сенсорів в апаратурі моніторингу повітря в овочесховищах не є перспективною. Що стосується оптичних інфрачервоних сенсорів, то, незважаючи на високу селективність і стабільність, вони теж не можуть вважатись перспективними для застосування в овочесховищах через

високу вартість та обмежену доступність. Останні два типи сенсорів – каталітичний та металооксидний (напівпровідниковий) є найбільш перспективними для моніторингу повітря в овочесховищах. І хоча експлуатаційні характеристики каталітичного сенсора дещо кращі, його чутливість саме до летких органічних сполук приблизно на порядок менша, ніж у металооксидного. З урахуванням низької вартості (10–30 \$) та доступності (випускається багатьма фірмами в промислових кількостях, імпортується в Україну) металооксидний напівпровідниковий сенсор для побудови приладів моніторингу складу повітря в овочесховищах може вважатись найбільш придатним і перспективним. Його вітчизняне промислове виробництво очікується в найближчі роки.

**Висновки.** Отже, враховуючи умови, які існують у картоплесховищах, специфічну сукупність летких органічних сполук, що виробляється збудниками хвороб картоплі, було розроблено коло вимог до газових сенсорів, які можуть бути застосовані в приладі для виявлення псування бульб картоплі під час їх зберігання. Огляд та порівняльний аналіз газових сенсорів, які існують у світі дозволив встановити, що найбільш придатними та перспективними для побудови приладу виявлення псування бульб картоплі є металооксидні напівпровідникові сенсори, які мають добрі експлуатаційні характеристики, високу чутливість, низьку вартість і є доступними.

### Список літератури

1. Горкуценко О. В. Виробництво ранньої картоплі / О. В. Горкуценко, Б. О. Бенюх, В. І. Заєць. – Ужгород : Карпати, 1988. – 165 с.
2. Бондарчук А. А. Стан картоплярства в Україні та перспективи його розвитку /А. Бондарчук // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 3/4. – С. 49–51.
3. Burton W. G. The potato crop: The scientific bases for improvement / W. G. Burton, E. A. Van, K. J. Hartmans // American Pot. J. – 1992. – Vol. 2, №12. – P. 41–49.
- 4 Varns J. L. Potatoes losses during the first three months of storage for processing / J. L.Varns, L. A. Schaper, D. A. Preston // American Pot. J. – 1985. – Vol. 4, №62 (2). – P. 91–99.
5. Maga J. A. Potato flavour / J. A. Maga // Food Review International. – 1994. – № 10. – P. 1–48.
6. Changes in volatile production during an infection of potatoes by *Erwinia carotovora* / [Lyew D., Gariєpy Y., Raghavan G. S. V., Kushalappa A. C.] // Food Research International. – Vol. 6, № 34. – 2001. – P. 807–813.
7. Waterer D. R. Volatile monitoring as a technique for detecting soft rot (*E. carotovora*) in stored potatoes / D. R. Waterer, M. K. Pritchard // Can. J. Plant Pathol. – № 5. – 1984. –

P. 23–29.

*Приведены обобщенные результаты исследований по разработке комплекса требований к приборам способных регистрировать порчу клубней картофеля при их хранении.*

***Клубни картофеля, хранение, порча, газоанализирующие приборы.***

*The results of general researches of development of complex requirements to devices which capable recording spoilage of potato tubers during its storage are presented.*

***Tuber of potatoes, storage, spoilage, gas detector.***