

**УДК 629.78**DOI: [10.62717/2221-4550-2025-1-082](https://doi.org/10.62717/2221-4550-2025-1-082)*Стряпан С.О.**Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара**E-mail: [sofiastriapan@gmail.com](mailto:sofiastriapan@gmail.com)**Шевцов В.Ю.**Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара**E-mail: [Vas.shevtsov@ukr.net](mailto:Vas.shevtsov@ukr.net)*

## **МОДИФІКАЦІЯ ПРОТИГРАДОВИХ РАКЕТ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

**Анотація.** Протиградові ракети є сучасним, ефективним та технологічним методом боротьби з градом. Проте найбільш застосований реагент — йодисте срібло, має ряд недоліків. Для більш доступного і безпечного використання протиградових ракет, пропонується застосування солей, які можуть стати достойними аналогами та замінити йодисте срібло. Також пропонується модифікувати ракету використавши балон з газом високого тиску.

**Ключові слова:** Протиградові ракети, кристалізація води.

*S. Striapan**Oles Honchar Dnipro National University**E-mail: [sofiastriapan@gmail.com](mailto:sofiastriapan@gmail.com)**V. Shevtsov**Oles Honchar Dnipro National University**E-mail: [Vas.shevtsov@ukr.net](mailto:Vas.shevtsov@ukr.net)*

## **MODIFICATION OF ANTI-HAIL ROCKETS FOR USE IN AGRICULTURE**

**Abstract** Anti-hail rockets are a modern, efficient, and technological method of combating hail. However, the most commonly used reagent — silver iodide has a lot of drawbacks. To make the use of anti-hail rockets more accessible and safer, it is proposed to use salts that can serve as worthy analogs and replace silver iodide. It is also proposed to modify the rocket using a high-pressure gas cylinder.

**Keywords:** Anti-hail rockets, crystallization of water.

Ракетна техніка має широкий спектр застосування її використовують у військовій діяльності, а також у цивільному житті. Завдяки своїм технічним можливостям, ракети застосовуються для досліджень та вирішення завдань у космосі, обороні, наукових дослідженнях, сільському господарстві, метеорології та багатьох інших галузях.

Концептуально протиградові ракети працюють за принципом засівання всередині хмар хімічних речовин, які викликають процес штучної кристалізації води, в результаті чого, зменшується ризик випадіння граду великого розміру, або град взагалі не випадає. В більшості випадків така технологія навіть збільшує кількість опадів, що в свою чергу може потенційно покращити врожайність.

Тобто частинки хімічних речовин, які діють як ядро кристалізації, створюють велику кількість дрібних кристалів, вода в хмарі починає замерзати навколо цих

кристалів, що запобігає утворенню великих градових часток. Унаслідок цих фізико-хімічних реакцій вода може залишитись в дрібнодисперсному стані, або випадати у вигляді дощу на поверхню землі.

В протиградових ракетах в якості реагенту традиційно використовують йодисте срібло ( $\text{AgI}$ ), яке спричиняє кристалізацію води. Але ця сполука має ряд недоліків. Перший недолік — вартість, так як срібло відноситься до дорогоцінних металів, сполука  $\text{AgI}$  є доволі дорогою. Другий недолік — повільне розкладання, через що залишки  $\text{AgI}$  накопичуються в ґрунті та погано впливають на мікроорганізми та якість ґрунту в цілому.

На заміну йодистому сріблу можуть прийти солі ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ), які мають такий же вплив на кристалізацію води. Звісно солі теж впливають на якість ґрунту, надмірна кількість цієї речовини може призвести до погіршення росту рослин. Але на відміну від йодистого срібла, солі набагато швидше виводяться з ґрунтів, завдаючи менше шкоди навколишньому середовищу та екології.

Також серед переваг використання  $\text{NaCl}$  та  $\text{KCl}$ , в якості реагентів в протиградових ракетах є їх доступність. Так як солі є широко розповсюдженими, їх вартість значно менша за йодисте срібло.

З точки зору безпеки пропонується, замість вибухонебезпечних протиградових комплексів, використовувати балон з газом високого тиску. Основуючись на фізичних властивостях води, при зміні висоти буде змінюватись тиск, як наслідок зростатиме температура кипіння води. Коли тиск рідини в балоні досягатиме критичного рівня відбуватиметься розрив мембрани критичного перетину, в наслідок чого тиск падатиме, а перегріта вода миттєво перейде в стан перегрітого пару, який витікатиме через сопловий блок, чим буде приводити ракету в дію.

Реалізувавши запропоновані вище модифікації протиградових ракет вдасться отримати більш безпечну установку з використанням менш шкідливих реагентів, а також значно зекономити на них, замінивши дорогоцінний реагент на широкодоступну сіль.

### Список використаних джерел

1. Azubuike faith. Medium: Water of Crystallization | Unveiling The Mystery, 2023 — URL: <https://medium.com/teach-chemistry/water-of-crystallization-unveiling-the-mystery-5e72eddf8799>
2. Anti-Hail System — URL: <https://trayal.rs/en/explosives-and-pyrotechnics/antihail-rocket>
3. Anti-hail rockets D-6 B and D-8 — URL: <https://en.missilery.info/missile/pgk>