УДК 631.9

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ОТ ГРАДОБИТИЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПУНКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Алита Сергей Леонидович
к. ф.- м. н.
РИНЦ SPIN- код 3421-0322
alitasergei@yandex.ru

Аппаева Жанна Юсуповна
к. ф.- м. н.
РИНЦ SPIN- код 2800-4544
conkordya@mail.ru
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Высокогорный геофизический институт», Кабардино-Балкарская республика, Нальчик, Россия, 360030

В статье представлены данные о размере экономического ущерба производителям сельскохозяйственной продукции от градобитий в регионах, в которых проводятся противоградовые работы посредством применения сети стационарных пунктов воздействия. Из общего экономического ущерба выделена та его часть, которая обусловлена недостатками в схемах расположения стационарных пунктов воздействия по защищаемой территории. Для устранения данной проблемы предлагается использование мобильных пунктов воздействия в дополнение к уже работающим стационарным пунктам. В статье представлено описание возможных компоновочных схем мобильных пунктов воздействия, на основании анализа которых, сделан вывод о наиболее предпочтительном с экономической точки зрения варианте компоновки, а также предложена методика оценки возможного числа мобильных пунктов, которое целесообразно было бы развернуть в дополнение к стационарным, для купирования недостатков их схемы размещения

Ключевые слова: ЗАЩИТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР, УЩЕРБ ОТ ГРАДОБИТИЙ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, МОБИЛЬНЫЙ ПУНКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ, ЗАЩИЩАЕМАЯ ТЕРРИТОРИЯ

http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-222-003

UDC 631.9

4.1.1. General agriculture, plant growing

INCREASING THE EFFICIENCY OF PROTECTING AGRICULTURAL CROPS FROM HAILS THROUGH THE USE OF MOBILE INFLUENCE POINTS

Alita Sergey Leonidovich
Candidate of Physical and Mathematical Sciences
RSCI SPIN- code: 3421-0322
alitasergei@yandex.ru

Appaeva Zhanna Yusupovna
Candidate of Physical and Mathematical Sciences
RSCI SPIN- code: 2800-4544
conkordya@mail.ru
Federal State Budgetary Institution " High-Mountain Geophysical Institute", Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Russia,360030

This article presents data on the economic damage to agricultural producers from hailstorms in regions where hail control measures are implemented using a network of stationary hail control stations. The portion of the total economic damage attributed to deficiencies in the layout of stationary hail control stations across the protected area is identified. To address this issue, it is proposed to use mobile hail control stations in addition to existing stationary stations. The article describes possible layouts for mobile hail control stations, analyzing which leads to a conclusion on the most economically preferable layout option. It also proposes a method for estimating the possible number of mobile stations that would be appropriate to deploy in addition to stationary ones to mitigate the deficiencies in their layout

Keywords: CROP PROTECTION, HAIL DAMAGE, COST EFFECTIVENESS, MOBILE INTERVENTION POINT, PROTECTED AREA

Введение

Производители сельскохозяйственной продукции в южных регионах Российской Федерации (РФ) каждый год несут ощутимые финансовые потери от града. Эти потери складываются из стоимости полностью уничтожаемого градом урожая посевов и садов, уменьшения стоимости частично поврежденных посевов и плодов за счет снижения товарного качества продукции, затрат на ликвидацию последствий градобитий связанных с ущербом многолетним растениям (сады и виноградники), а также аграрной инфраструктуре в частности парникам и теплицам. Наиболее градоопасными регионами являются регионы, вносящие значительный вклад в продовольственную безопасность страны к ним можно отнести Краснодарский и Ставропольский края, и все Северокавказские республики. Суммарная площадь защищаемой от града территории сельскохозяйственного назначения составляет около 2737 тыс. га. В среднем за сезон общая площадь градобитий в этих регионах составляет порядка 26765 га.

За последние 20 – 30 лет в связи с существенными климатическими изменениями, связанными с глобальным потеплением в южных и центральных регионах европейской части РФ отмечается увеличение интенсивности и частоты опасных конвективных явлений, в том числе града. По данным метеонаблюдений кроме увеличения интенсивности градовых процессов меняется и их география, так все чаще град наблюдается в центральных и даже северных регионах нашей страны. В южных регионах, с традиционно высоким уровнем градовой активности, происходит изменение преимущественных мест зарождения конвективных ячеек (КЯ) и траекторий их движения.

На сегодняшний день, защита сельхоз культур от града в РФ производятся по ракетной технологии [1] на территориях Краснодарского и Ставропольского края, Республике Крым, Кабардино-Балкарии,

Карачаево-Черкесии и Северной Осетии. Вся противоградовая инфраструктура в этих регионах была создана в 70-е – 90-е годы прошлого века и представляет собой сеть стационарных пунктов воздействия (СПВ) оснащенных оборудованием для хранения и запуска противоградовых ракет. Таким образом, схема размещения СПВ адекватно удовлетворявшая градовой угрозе 30 – 40 лет назад, на сегодняшний день устарела и не всегда отвечает современным условиям градовой активности.

Применение мобильных пунктов воздействия (МПВ) способных оперативно менять свое место дислокации в дополнение к уже имеющейся сети СПВ позволит более тонко адаптировать систему противоградовой защиты к специфике каждого региона. Настоящая статья посвящена описанию возможных компоновок МПВ и методики оценки их общего количества, которое целесообразно дополнительно разместить на защищаемой территории (ЗТ) для купирования недостатков существующей схемы размещения СПВ.

Материалы и методы исследования

В таблице 1 приведены данные о площадях градобитий и ущербе от града, имевшем место за последние 7 лет на защищаемой территории (ЗТ) регионов с градозащитой. Данные взяты из годовых отчетов по производственной деятельности противоградовых служб.

Таблица 1 – Ущерб сельхоз культурам от градобитий в регионах с градозащитой за период 2019 – 2025 гг.

Параметр	**Год**						
	2019	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**
Общая площадь повреждений, га.	22959	56585	28985	8589	21153	33245	15838
Площадь повреждений в пересчете на 100% ущерба, га.	7220	17950	5210	2468	8161	11676	4394
Размер экономического ущерба, млн. руб.	355,3	1207	425,8	161,6	983,4	1247	311,5

В первой строке таблицы 1 представлена общая площадь повреждений посевов и насаждений разной степени ущерба от 1 до 100%.

Во второй строке представлена площадь этих же повреждений в пересчете на 100% ущерба. В третьей строке показан размер суммарного экономического ущерба всех товаропроизводителей сельхоз продукции на данной территории.

Пересчет общей площади повреждений в площадь повреждений на 100% производился согласно [2] по формуле:

$$S_{100} = \sum_{i=1}^{n} \frac{K_i \cdot S_{Пi}}{100\%}, \quad (1)$$

где n – число наименований сельхоз культур произрастающих на ЗТ; K_i – степень повреждения i-той культуры, (%); $S_{Пi}$ – площадь повреждений i-той культуры, (га). При расчетах по формуле (1) учитываются только те культуры, площадь посевов которых составляет не менее 1% от площади ЗТ.

По результатам анализа пропусков града представленных в отчетах противоградовых служб, работающих на территории РФ, в среднем во всех службах до 25 % случаев пропуска града связаны с недостатками в схеме размещения СПВ по ЗТ. Как отмечалось во введении, за последние десятилетия произошли существенные изменения в пространственном распределении мест зарождения и преимущественных направлениях перемещения КЯ. Это привело к отсутствию или недостаточной глубине зоны предзащиты на наиболее градоопасных направлениях вторжения КЯ на ЗТ. Практически на всех ЗТ имеют место значительные по площади непростреливаемые участки. Наличие таких участков, как правило, связано с тем, что ранее эти области ЗТ были не столь градоопасными и СПВ в них либо не размещались вовсе, либо их плотность была незначительной [3 – 5]. Применение МПВ в дополнение к уже сложившейся системе работающих СПВ позволит в значительной мере решить проблему нерациональности схемы размещения СПВ. Методика определения мест

вероятного размещения МПВ для усиления защиты в условиях конкретной ЗТ изложена в работе [6]. Данная методика базируется на оценке степени загруженности каждого СПВ и выявлении СПВ, работающих с перегрузкой, вблизи которых и рекомендуется дополнительно размещать МПВ. На рис. 1, 2 и 3 представлены три возможных варианта компоновки МПВ, один буксируемый и два самоходных.

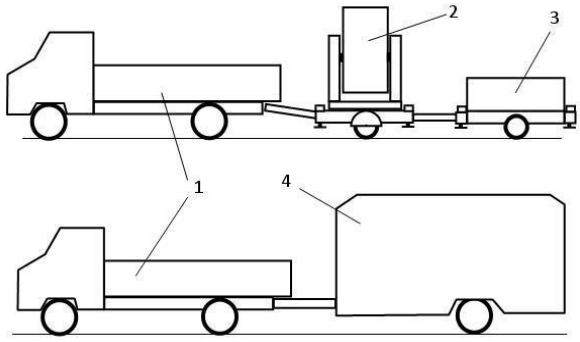


Рис. 1. Буксируемый вариант МПВ в походном положении

Первый вариант представляет собой буксируемый МПВ, рис. 1. Для его транспортировки требуются два бортовых грузовых автомобиля типа «Газель», которые не входят в состав МПВ, позиция 1. Компоновочная схема данного МПВ состоит из трех основных структурных элементов:

- мобильный жилой модуль, представляющий собой стандартный жилой прицеп, с незначительными доработками обеспечивающий комфортное размещение в нем рабочей смены из двух человек, позиция 4;

- мобильная пусковая установка (МПУ) на буксируемом одноосном прицепе, оснащенном четырьмя аутригерами для горизонтирования, позиция 2 [7];

- мобильный склад для хранения оперативного запаса противоградовых ракет, также смонтированный на одноосном буксируемом прицепе, позиция 3 [8].

В буксируемом варианте один из автомобилей буксирует сцепку из МПУ и склада, второй – жилой модуль. При транспортировке МПВ к месту дислокации оперативный запас противоградовых ракет в заводской

упаковке размещается в кузове одного из грузовиков. В кузове другого транспортируется: телескопическая мачта для радиосвязи, электрогенератор в защитном кожухе, пластиковая емкость для топлива, комплект сигнального ограждения, ЗИП и т.д.

Второй вариант МПВ является самоходным, то есть не требующим привлечения стороннего транспорта для перемещения к месту дислокации рис. 2. В его состав входят:

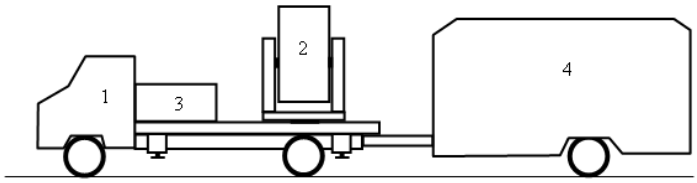


Рис. 2. Самоходный вариант МПВ № 1 с буксируемым жилым модулем в походном положении

- автомобиль-носитель, выполненный на базе грузового автомобиля «Газель» (автовышка) со стандартной системой горизонтирования, позиция 1;

- пусковая установка, смонтированная на поворотном основании автовышки, позиция 2;

- склад для хранения оперативного запаса противоградовых ракет, позиция 3;

- буксируемый жилой модуль аналогичный жилому модулю в буксируемом варианте МПВ, позиция 4.

Третий вариант компоновки МПВ является тоже самоходным, рис. 3.

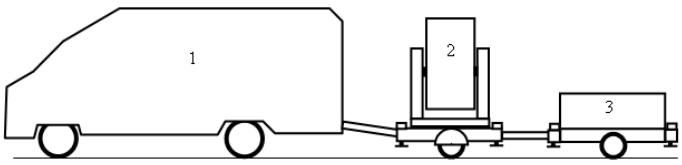


Рис. 3 Самоходный вариант МПВ № 2 с буксируемой МПУ и складом

Он состоит из тягача, выполненного на базе автомобиля типа «Дом на колесах» (позиция 1) и буксируемых в одной сцепке МПУ и склада (позиции 2 и 3).

Стоимость буксируемого варианта МПВ (рис. 1) можно оценить по формуле:

$$C_Б = C_{ЖМ} + C_{МС} + C_{МПУ} + C_О, \quad (2)$$

где $C_Б$ – стоимость МПВ в данной компоновке; $C_{ЖМ}$ – стоимость жилого модуля; $C_{МС}$ – стоимость мобильного склада; $C_{МПУ}$ – стоимость мобильной пусковой установки; $C_О$ – стоимость оборудования (средства связи, освещение, генератор и т.д.), ЗИП и ограждения.

Стоимость самоходного варианта № 1 с автомобилем-носителем (рис. 2) можно оценить по формуле:

$$C_{С1} = C_{ЖМ} + C_{АН} + C_Д + C_{МС} + C_{МПУ} + C_О, \quad (3)$$

где $C_{С1}$ – стоимость самоходного варианта МПВ; $C_{АН}$ – стоимость автомобиля носителя; $C_Д$ – стоимость доработки серийного автомобиля носителя.

Стоимость самоходного варианта № 2 с буксируемыми МПВ и складом (рис. 3) можно оценить по формуле:

$$C_{С2} = C_{АЖМ} + C_{МС} + C_{МПУ} + C_О, \quad (4)$$

где $C_{С2}$ – стоимость МПВ в данной компоновке; $C_{АЖМ}$ – стоимость автомобиля типа «дом на колесах».

Оценочное количество МПВ, которое можно развернуть на всех ЗТ для устранения недостатков в схемах размещения СПВ можно рассчитать по формуле:

$$M < \frac{У^*}{Ц_{ГС} + \overline{m} \cdot Ц_{ПГР}}, \quad (5)$$

где M – число МПВ; $У^*$ – среднегодовой ущерб, связанный с недостатками в схемах размещения СПВ, руб./год; $Ц_{ГС}$ – цена содержания одного МПВ в течение года, руб./год; $Ц_{ПГР}$ – цена одной противоградовой ракеты, руб.; $\overline{m}$ – средняя величина годового расхода ракет на одном МПВ, 1/год.

Результаты исследования

На основании данных приведенных в таблице 1 был рассчитан среднегодовой экономический ущерб сельхоз культурам от градобитий на территориях охваченных градозащитой, он составил величину $У = 670{,}2$ млн. руб. Ущерб связанный непосредственно с недостатками схемы размещения СПВ (в размере 25 % от $У$) составил величину $У^* = 167{,}6$ млн. руб.

Стоимости МПУ, мобильного склада и вспомогательного оборудования одинаковы во всех компоновках МПВ. Стоимость жилого модуля, в случае автомобиля типа «дом на колесах», входит в его общую стоимость. Таким образом, с учетом формулы (2) формулы (3) и (4) можно переписать в следующем виде:

$$C_{С1} = C_Б + C_{АН} + C_Д, \quad (6)$$

$$C_{С2} = C_Б + C_{АЖМ} - C_{ЖМ}. \quad (7)$$

Из анализа выражений (6) и (7) можно сделать вывод о том, что наиболее дешевым из рассматриваемых вариантов компоновки является буксируемый (рис. 1). Из выражения (6) напрямую следует утверждение $C_{С1} > C_Б$ так как $C_{АН} + C_Д > 0$. Из выражения (7) следует тоже утверждение в силу того, что при прочих равных условиях $C_{АЖМ} > C_{ЖМ}$.

Согласно данным приведенным в [5] стоимость разворачивания одного МПВ в буксируемом варианте, в среднем для разных регионов составляет порядка 4 млн. руб. Годовое содержание одного СПВ составляет около 1,7 млн. руб. стоимость годового содержания одного

МПВ будет аналогичной. В среднем за сезон один пункт воздействия выстреливает около 130 противоградовых ракет по цене порядка 30 тысяч рублей за штуку. Подставляя все эти данные в формулу (5) получаем, что на сумму годового ущерба сельхоз культурам от града можно дополнительно развернуть до 30 МПВ.

Заключение

Предложенная методика позволяет в первом приближении оценить количество МПВ, которое целесообразно развернуть для купирования недостатков сложившейся к настоящему времени системы СПВ. Данную методику можно применять как ко всем ЗТ сразу, так и по отдельности учитывая величину и структуру потерь урожая от града для каждой ЗТ. Для устранения пропусков града связанных с нерациональностью схем размещения СПВ на ЗТ в регионах, где проводится противоградовая защита, можно дополнительно развернуть до 30 МПВ определив непосредственные места их дислокации по методике, описанной в работе [6].

Наиболее экономически выгодным вариантом МПВ является буксируемый, рис. 1, хотя он и имеет меньшую мобильность, чем самоходные. Самоходные варианты обойдутся значительно дороже, а их мобильность является избыточной при применении МПВ согласно методике описной в работе [6]. Использование МПВ также позволит более тонко учитывать текущую экспликацию земель, а также периоды вегетации различных сельхоз культур, произрастающих на конкретной ЗТ. Так, например, после уборки урожая ранних культур, МПВ, которые защищали данный участок ЗТ, могут быть передислоцированы на другие участки, где культуры находятся на более ранних стадиях вегетации. Аналогичным образом можно поступать и в случае временного вывода определенных площадей сельхозугодий из обращения, либо расширения ЗТ путем присоединения участков ранее в нее не входивших.

Библиографический список

1. Абшаев А.М., Абшаев М.Т., Барекова М.В., Малкарова А.М. Руководство по организации и проведению противоградовых работ // *Нальчик: Печатный двор*. 2014. 508 с.

2. Руководящий документ РД 52.37.932. Методы оценки эффективности активных воздействий на градовые процессы и порядок отчетности о проведении противоградовой защиты // *Нальчик: ООО «Фрегат».* 2024. 76 с.

3. Алита С.Л., Лиев К.Б. Об экономической целесообразности применения мобильных пунктов воздействия в Краснодарской противоградовой службе // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион.* 2024. № 3. С 48 – 54.

4. Алита С.Л., Борисова Н.А. Анализ схемы расположения пунктов воздействия в Крымской противоградовой службе // *Труды Главной геофизической обсерватории*. 2023. № 608. С. 145 – 158.

5. Алита С.Л., Аппаева Ж.Ю., Шаповалов В.А. Экономические аспекты применения мобильных пунктов воздействия в Ставропольской противоградовой службе // *Труды Главной геофизической обсерватории.* 2023. № 610. С. 160 – 170.

6. Алита С.Л., Борисова Н.А. Разработка концепции расположения мобильных пунктов воздействия на градовые процессы // *Труды Главной геофизической обсерватории.* 2020. № 599. С. 151 – 161.

7. Алита С.Л. Автоматизированная противоградовая ракетная пусковая установка. *Патент на изобретение* № 2738319 от 17.03.2020.

8. Алита С.Л., Байсиев Х.-М.Х. Контейнер на колесном шасси для хранения и перевозки противоградовых ракет. *Авторское свидетельство на полезную модель* № 220863 от 06.10.2023.

References

1. Abshaev A.M., Abshaev M.T., Barekova M.V., Malkarova A.M. Rukovodstvo po organizacii i provedeniju protivogradovyh rabot // Nal'chik: Pechatnyj dvor. 2014. 508 s.

2. Rukovodjashhij dokument RD 52.37.932. Metody ocenki jeffektivnosti aktivnyh vozdejstvij na gradovye processy i porjadok otchetnosti o provedenii protivogradovoj zashhity // Nal'chik: OOO «Fregat». 2024. 76 s.

3. Alita S.L., Liev K.B. Ob jekonomicheskoj celesoobraznosti primenenija mobil'nyh punktov vozdejstvija v Krasnodarskoj protivogradovoj sluzhbe // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. 2024. № 3. S 48 – 54.

4. Alita S.L., Borisova N.A. Analiz shemy raspolozhenija punktov vozdejstvija v Krymskoj protivogradovoj sluzhbe // Trudy Glavnoj geofizicheskoj observatorii. 2023. № 608. S. 145 – 158.

5. Alita S.L., Appaeva Zh.Ju., Shapovalov V.A. Jekonomicheskie aspekty primenenija mobil'nyh punktov vozdejstvija v Stavropol'skoj protivogradovoj sluzhbe // Trudy Glavnoj geofizicheskoj observatorii. 2023. № 610. S. 160 – 170.

6. Alita S.L., Borisova N.A. Razrabotka koncepcii raspolozhenija mobil'nyh punktov vozdejstvija na gradovye processy // Trudy Glavnoj geofizicheskoj observatorii. 2020. № 599. S. 151 – 161.

7. Alita S.L. Avtomatizirovannaja protivogradovaja raketnaja puskovaja ustanovka. Patent na izobretenie № 2738319 ot 17.03.2020.

8. Alita S.L., Bajsiev H.-M.H. Kontejner na kolesnom shassi dlja hranenija i perevozki protivogradovyh raket. Avtorskoe svidetel'stvo na poleznuju model' № 220863 ot 06.10.2023.