



## Малогабаритный агрегат для восстановления горных лугопастбищных земель

**Сергей Игоревич Бидеев,**  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник,  
e-mail: biser0@yandex.ru;

**Людмила Романовна Гулуева,**  
научный сотрудник,  
e-mail: luda\_gulueva@mail.ru

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства  
Владикавказского научного центра РАН, Республика Северная Осетия–Алания, Российская Федерация

**Реферат.** Показали, что для предотвращения тенденции деградации горных лугов и пастбищ и снижения продуктивность горных кормовых угодий и их восстановления необходимо внесение минеральных удобрений. При этом выявлено отсутствие малогабаритной техники для обработки горных участков. (*Цель исследования*) Разработать малогабаритный лабораторный образец агрегата для внесения минеральных удобрений на поверхность горных склонов, где расположены естественные травостой залежных кормовых угодий. (*Материалы и методы*) Обосновали технологию и создали лабораторный образец агрегата. Техническая экспертиза и испытания агрегата и технологии проведены в горной зоне Республики Северная Осетия – Алания (Даргавская котловина). Составлено техническое задание на разработку образца агрегата. (*Результаты и обсуждение*) Предметом исследований являлись технология высева гранулированных удобрений на поверхность и в щели, нарезаемые поперек горных склонов, нормы и способ внесения удобрений с помощью малогабаритного агрегата. Разработана конструкция агрегата с маятниковыми высевающими аппаратами. Изготовлен малогабаритный лабораторный образец для поверхностного внесения минеральных удобрений. Определены функциональные показатели работы агрегата. Подтверждено, что лабораторный образец агрегата соответствует агротехническим требованиям и техническому заданию. Выявили, что при применении агрегата повышаются производительность труда и продуктивность горных кормовых угодий на 15–20 процентов. (*Выводы*) Применение малогабаритного агрегата обеспечивает снижение деградационных процессов на склоновых участках путем ускоренного восстановления качества и количества многолетних трав залежных кормовых угодий. Урожай зеленой массы на различных высотных поясах и экспозициях склонов увеличился соответственно: в лугостепном на 205,8; в субальпийском – на 95,3; альпийском – на 57,3 центнера с гектара. Признана целесообразность совершенствования и применения опытного образца на мелкоконтурных горных залежных участках с уклоном до 13 градусов.

**Ключевые слова:** горные лугопастбищные угодья, восстановление, внесение удобрений, малогабаритный агрегат, разработка блока-модуля,

■ **Для цитирования:** Бидеев С.И., Гулуева Л.Р. Малогабаритный агрегат для восстановления горных лугопастбищных земель // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2025. Т. 19. №2. С. 84-92. DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-2-84-92. EDN: MMHXRВ.

Scientific article

## A Small-Sized Unit for the Restoration of Mountain Grasslands

**Sergei I. Bideev,**  
Ph.D.(Eng.), senior researcher,  
e-mail: biser0@yandex.ru;

**Lyudmila R. Gulueva,**  
researcher,  
e-mail: luda\_gulueva@mail.ru

North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Republic of North Ossetia–Alania, Russian Federation

**Abstract.** The paper demonstrates that preventing the degradation of mountain meadows and pastures, mitigating the decline in the productivity of mountain grass lands, and supporting their restoration require the application of mineral fertilizers. It also highlights the lack of small-sized machinery suitable for treating mountainous areas. (*Research purpose*) The aim of this research is to develop a small-sized laboratory prototype of a unit for applying mineral fertilizers on sloped mountainous terrain covered with natural grass stands on fallow forage lands. (*Materials and methods*) The proposed technology was substantiated, and a laboratory

prototype of the unit was created. Technical evaluations and field tests of both the unit and the technology were conducted in the mountainous region of the Republic of North Ossetia–Alania (Dargavs Basin). Additionally, a technical specification was compiled to support the development of the prototype. (*Results and discussion*) The research focused on the technology for applying granular fertilizers both to the surface and into slits across mountain slopes, as well as on determining the optimal application rates and methods when using a small-sized. As a result, a unit design incorporating pendulum-type sowing mechanisms was developed, and a small-sized laboratory prototype for surface application of mineral fertilizers was produced. The functional performance indicators of the unit were established. The laboratory prototype was confirmed to meet agrotechnical requirements and comply with the technical specification. Furthermore, it was found that using the unit increases labor productivity and enhances the productivity of mountain forage lands by 15–20 percents. (*Conclusions*) The use of a small-sized unit contributes to reducing degradation processes on sloped plots by accelerating the restoration of both the quality and quantity of perennial grasses on fallow forage lands. The yield of green biomass increased across various altitudinal zones and slope exposures as follows: by 20.58 tonnes per hectare in the meadow-steppe zone, by 9.53 tonnes per hectare in the subalpine zone, and by 5.73 tonnes per hectare in the alpine zone. The feasibility of further improving and applying the prototype on small-contour mountainous fallow areas with slopes of up to 13 degrees has been confirmed.

**Keywords:** mountain meadow-pasture lands, restoration, fertilizer application, small-sized unit, block-module design.

**For citation:** Bideev S.I., Gulueva L.R. A small-sized unit for the restoration of mountain grass lands. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2025. Vol. 19. N2. 84-92 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-2-84-92. EDN: MMHXRБ.

Удовлетворение потребности населения в животноводческой продукции связано с ростом поголовья и продуктивности животных, что требует наличия прочной кормовой базы и увеличения производства основных технологических культур. Для эффективного ведения животноводства в горной местности нужны высококачественное корма в необходимых количествах. Это условие относится к Северной Осетии, где около половины территории занимают природные кормовые угодья. Из этих площадей сенокосы занимают только 13,4%, остальные 89,6% пастбища [1].

Сравнивая горное и полевое (равнинное) кормопроизводство, надо отметить важность развития и повышения эффективности горных пастбищных земель, что позволит освободить огромные площади на равнине под выращивание полевых злаковых культур и другой продукции растениеводства. Это особенно важно для регионов, где на человека приходится 0,35-0,40 га сельскохозяйственных угодий против 0,96 га в среднем по России (Харисов М.К., А. Абдуллин М.Р., Зотов А.А. Экологичные ресурсосберегающие технологии улучшения и рационального использования природных кормовых угодий Южного Урала; тр. XXVIII межд. науч. симпоз. 2019. С. 402-413). Потенциал горных, естественных сенокосов и пастбищ очень большой, однако по продуктивности их доля не превышает 17%, что объясняется крайне неудовлетворительным мелиоративным и агроэкологическим состоянием.

Сильно пересеченный рельеф, со склонами различной крутизны определяет мелкоконтурность землепользования, как следствие, ограничение и нередко отсутствие возможности использования механизации и приемов интенсивной агротехники.

К важнейшим агротехническим мероприятиям для получения высоких урожаев на сенокосах и пастбищах относится внесение минеральных и органических удобрений. В горных почвах в достаточном для растений количестве содержится калий, но наблюдается дефицит азота (Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Экология азотфиксации. — Саратов: Амирит, 2019. 252 с.) и фосфора [2]. Частое использование травостоя в летний сезон приводит к выносу из почвы с урожаем зеленой массы питательных веществ.

Так, на 1 т продукции (сена) расходуется 17 кг азота, 7 кг фосфора и 18 кг калия (Бясов К.Х. Почвы. Природные ресурсы Республики Северная Осетия–Алания. – Владикавказ, 2000. 126 с.). По этой причине все мероприятия, направленные на повышение продуктивности горных лугов без внесения необходимых химических элементов, дадут положительный результат только через 2-3 года, после чего продуктивность пастбищ упадет до первоначального уровня.

Эффект удобрения земель в горных районах зависит от способа внесения. В современном агропроизводстве удобрения вносят разбрасывателями РТТ-4,2, РУМ-3, НРУ-0,5, 1МРГ-4 и других марок. Однако по ряду причин (громоздкость, низкая маневренность) их невозможно использовать на мелкоконтурных пастбищах, а из-за постоянно меняющейся силу и направление розы ветров удобрения разносятся. Более 30 тыс. га залежных земель на сравнительно пологих склонах в виде террас лишены необходимых удобрений, остаются эродированными, заросшими сорняками [3]. Значительно сокращаются площади для заготовки кормов на горных сельскохозяйственных землях.

Проблему необходимо решать современными методами с внедрением культур технических мероприятий и приемов. Обогащение почвы минеральными удобрениями положительно действует на продуктивность, ботанический и химический состав травостоя, выживаемость отдельных видов трав и их долголетие. Правильное использование удобрений с учетом ботанического состава и возраста травостоя, запаса доступных питательных веществ в почве и режима ее увлажнения оказывает не меньшее влияние на агрохимические и агрофизические свойства почвы [4]. Минеральные удобрения часто способствуют мобилизации почвенных запасов питательных веществ.

Одним из культур технических приемов улучшения водно-воздушного режима почвы является щелевание. Совмещение этой операции с внесением удобрений позволяет удерживать воду в бороздах, изменить видовой состав трав, значительно повысить урожайность кормовых угодий,

**Цель исследования** — разработать и изготовить малогабаритный маневренный лабораторный образец блок-модуля для поверхностного внесения минеральных удобрений на базе трактора МТЗ-82. Использование такого агрегата обеспечит восстановление залежных кормовых угодий на 20-25%, способствуя ускоренному росту многолетних трав деградированных кормовых угодий.

В задачи исследований входили обоснование технологии, оценка влияния внесения минеральных удобрений на поверхность склона и в нарезаемые щели, изменения качественного и количественного состава травостоя, возможности улучшения питания растений и обогащение кормового травостоя [5].

**Материалы и методы.** По разработанному авторами эскизному проекту в лаборатории механизации отдела горного луговодства СКНИИ ГПСХ создан образец малогабаритного приспособления для улучшения качества травостоя кормовых площадей методом поверхностного внесения удобрений. За основу новой машины принят культиватор чизельный горный (КЧГ-2,4) конструкции СКНИИ ГПСХ (Патент RU 11440 U1, 1999 г.).

Техническую экспертизу, испытания агрегата и технологии проводили на деградированном участке горной зоны РСО – Алания (Даргавская котловина, опорный пункт СКНИИ ГПСХ) на высоте 1540 м над уровнем моря, крутизна склона в местности Сугсадтанраг 13-16°. Показатели работы агрегата определены по ОСТ 10.5.1-2000 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей», по ГОСТ 28714-2024. «Межгосударственный стандарт. Техника сельскохозяйственная. Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы

испытаний» (введен 25.12.2024 N 2003-ст) корректировались нормы внесения удобрения в виде гранул.

Проведены расчеты емкости бункера для минеральных удобрений, передаточного числа механизма привода туковысевающего аппарата, определена кинематика движения агрегата по полю согласно агротехническим требованиям (АТТ). По результатам НИОКР разработан эскизный проект и изготовлен лабораторный образец агрегата для поверхностного внесения минеральных удобрений на залежных кормовых угодьях [6, 10]. Разработаны принципиальная схема агрегата и технология поверхностного внесения минеральных удобрений на деградированные луга и пастбища [7].

Для внесения минеральных удобрений культиватор несколько переоснастили. На раму установили туковысевающий аппарат, оставили пружинные стойки для крепления прикатывающих катков [8] в варианте основного опыта и для нарезания щелей в дополнительном опыте.

На раме 6 культиватора установлены на кронштейнах 7 два ряда рабочих органов на пружинистых двухвитковых стойках 8, за счет которых при наезде на камень можно выйти из почвы и обогнуть препятствие, что очень важно при работе на каменистой земле (рис. 1). Ширина захвата культиватора небольшая – 2,4 м, что очень удобно для работы на мелкоконтурных горных участках.

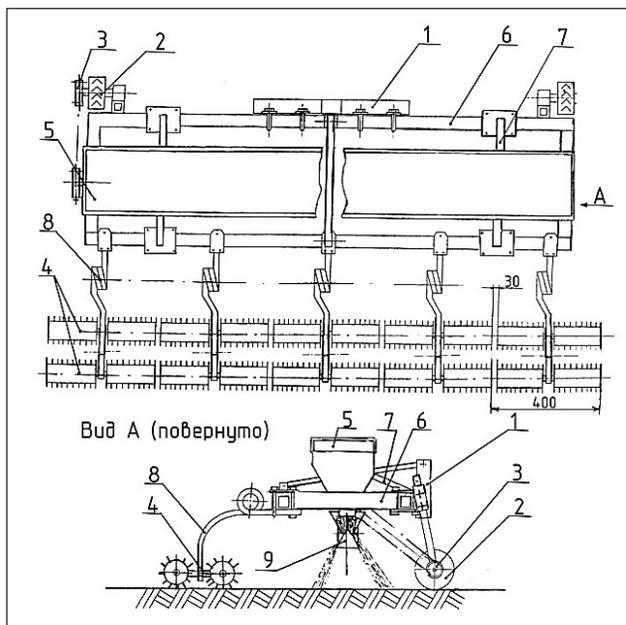


Рис. 1. Схема лабораторного образца  
Fig. 1. Schematic diagram of a laboratory prototype

В состав агрегата входят автосцепка 1 с трактором МТЗ-82, опорные колеса 2 с цепной передачей 3, при помощи которых можно изменять и регулировать глубину основных рабочих органов посредством телескопических стоек и фиксаторов. Выброс

гранул минеральных удобрений (туков) из бункера 5 производится высевными аппаратами 9 в зависимости от нормы высева, которая регулируется по мере необходимости. Катки 4 сразу прижимают гранулы к почве, препятствуя их уносу ветром или смыванию по склону при дожде.

В почвах и на поверхности горных участков очень много камней разных конфигураций и размеров [9, 10], которые препятствуют проведению почвообрабатывающих операций, в частности, внесению минеральных удобрений. В представленном агрегате реализован разбросной способ через высевные трубки 7 с разбросными конусами (рис. 2).

Особенность принципа высева удобрений состоит в том, что разбросная трубка подвешена на шарнире 6 к высевному аппарату и может при угле склона до  $15^\circ$  сохранять вертикальное положение, правильно и равномерно распределять гранулы по участку. Специальные высевные трубки при помощи шарнирного соединения могут отклоняться до  $20^\circ$  в любую сторону независимо от направления движения агрегата.

Гранулы 10 через патрубок 5 туковысевающего устройства поступают в специальный конус разбросной трубки 7. Хаотично высыпавшиеся гранулы превращаются в направленный поток, который, попадая на вершину конуса, равномерно распределяются по обрабатываемому участку.

Гранулы минеральных удобрений должны быть однородные размером не более 7 мм. Слежавшиеся удобрения предварительно надо измельчить и просеять через сито с отверстиями 7 мм. Для более надежной работы туковой сеялки следует предусмотреть возможно большее открытие высевной щели и малые обороты высевных тарелок. Угол при вершине конусной детали  $\alpha = 45^\circ$ , что обеспечивает равномерность попадания гранул на поверхность обрабатываемой зоны [11, 12]. Исследования показали, что равномерность высева удобрений на склоне горного участка при таком угле соответствует требованиям ГОСТ 28714-2024. «Межгосударственный стандарт. Техника сельскохозяйственная. Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний».

Вместимость бункера для удобрений туковысевающего аппарата можно рассчитать по известной максимальной норме внесения минеральных удобрений (200 кг/га) и времени между заправками (1 ч):

$$E_{\text{бун}} = \frac{W_{\text{час}} \cdot N}{n \cdot \rho} \cdot k, \text{ м}^3, \quad (1)$$

где  $W_{\text{час}}$  – часовая производительность агрегата, га/ч;  $N$  – норма внесения удобрений (принята 200 кг/га);  $n$  – количество аппаратов (в нашем случае  $n = 1$ );  $\rho$  – плотность массы минеральных туков (по стандарту в среднем  $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$ );  $k$  – коэффициент запаса объема бункера (минимально необходимый по стандарту  $k = 1,2$ ).

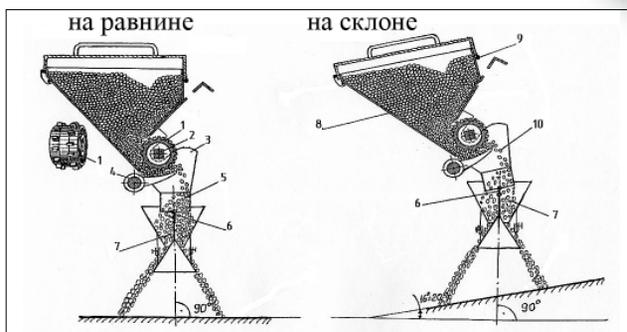


Рис. 2. Схема высева гранул удобрений катушечно-штифтовым аппаратом с разбросной трубкой

Fig. 2. Diagram of fertilizer granule dispensing using a coil-pin mechanism with a spreading tube for meadows and pastures

Часовая производительность

$$W_{\text{ч}} = Ш_{\text{р}} \cdot V_{\text{р}} \cdot K \cdot 0,1, \text{ га/ч}, \quad (2)$$

где  $Ш_{\text{р}}$  – рабочая ширина захвата ( $Ш_{\text{р}} = 2 \text{ м}$ );  $V_{\text{р}}$  – рабочая скорость устройства, км/ч;  $K$  – коэффициент рабочего времени ( $K = 0,8$ ).

Из формулы (1)

$$E_{\text{бун}} = \frac{Ш_{\text{р}} \cdot V_{\text{р}} \cdot K \cdot 0,1 \cdot N}{n \cdot \rho} \cdot k. \quad (3)$$

Вместимость бункера удобрений при заданных параметрах должна быть не менее  $0,224 \text{ м}^3$ .

При анализе вариантов и условий работы пришли к выводу, что новый агрегат должен обеспечивать нормы внесения удобрений от 30 до 200 кг/га [7]. Нормы внесения удобрений (Газданов А.У., Солдатов И.Э. Горные лугопастбищные угодья Северного Кавказа и пути их улучшения. – Владикавказ, 2006. – 92 с.) (табл. 1) зависят от высотных растительных поясов и должны обеспечиваться подбором сменных звездочек приводного механизма, что требует определения передаточных отношений цепной передачи привода [13, 14].

Согласно схеме лабораторного образца (рис. 1)

Таблица 1		Table 1		
НОРМЫ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ / FERTILIZER APPLICATION RATES				
Высотные пояса	Нормы внесения удобрений (кг/га действующего вещества)			
	азот	фосфор	калий	
<b>Лугоstepные пастбища:</b> с обилием бобовых (более 20%) с обилием злаков (более 50%)	45	60-90	40	
	120	60	30	
<b>Лугоstepные сенокосы:</b> с обилием бобовых с обилием злаков Сенокосы степного пояса	30	60-90	30	
	60-90	30-60	30	
	30-60	30-60	45	
<b>Субальпийские пастбища:</b> на южных склонах на северных склонах	90-120	60-90	45	
	150-180	60	30	
<b>Субальпийские сенокосы:</b> на южных склонах на северных склонах	60	60	30	
	60-90	30	30	

на устройстве установлен один бункер для гранул удобрения с 12 специальными аппаратами оригинальной маятниковой конструкции, осуществляющими разбросной высев.

Количество удобрений, которое по техническому заданию устройство должно высевать в расчете на один погонный метр при ширине захвата:

$$N_{п.м.а.} = \frac{N}{S}, \text{ кг}, \quad (4)$$

где  $N_{п.м.а.}$  – необходимая норма высева, кг/пог. м;  $N$  – норма высева, кг/га;  $S$  – длина пути при обработке 1 га, м.

Длина пути машины

$$S = \frac{10000}{Ш_p}, \text{ м}, \quad (5)$$

где  $Ш_p$  – ширина высева, м; 10000 – площадь одного гектара, м<sup>2</sup>.

Подставив формулу (5) в (4), получим:

$$N_{м.п.а.} = \frac{N \cdot Ш_p}{10000}, \text{ кг}. \quad (6)$$

Нормированное количество гранул, выбрасываемое одним катушечным аппаратом, определяется по формуле:

$$N_{м.п.к.} = \frac{N \cdot Ш_p}{100}, \text{ кг}. \quad (7)$$

Для работы выбираем катушечно-штифтовый туковывсевающий аппарат.

В этом случае количество высеваемых за один оборот катушки удобрений

$$q = V_o \cdot \gamma, \text{ г}, \quad (8)$$

где  $q$  и  $V_o$  – вес и объем гранул/удобрений, проходящих через катушку за один оборот, соответственно г и см<sup>3</sup>;  $\gamma$  – объемный вес удобрений, г/см<sup>3</sup>.

Объем удобрений, проходящих за один оборот через катушки, всегда отличается от ее рабочего объема. Особенность катушки в том, что она, вращаясь, сдвигает и перемещает так называемый активный слой гранул (вне желобков), а не только гранулы непосредственно в желобках.

Учитывая данное обстоятельство, должно выполняться условие

$$V_o = V_{ж} + V_{ак}, \text{ см}^3, \quad (9)$$

где  $V_{ж}$  и  $V_{ак}$  – объем удобрений в желобках и вне желобков (активный слой), см<sup>3</sup> (в среднем  $V_{ак} = 0,3V_{ж}$ ).

Объем желобков

$$V_{ж} = \frac{\pi r^2}{4} \cdot n \cdot l, \text{ см}^2, \quad (10)$$

где  $r$  – радиус желобков, см ( $r = 0,06$ );  $n$  – количество желобков на катушке ( $n = 12$ );  $l$  – длина катушки, см ( $l = 4$ ).

После преобразований получаем формулу для

определения веса удобрений, проходящих через катушку за один оборот:

$$q = 1,3 \frac{\pi r^2}{4} \cdot n \cdot l \cdot \gamma. \quad (11)$$

$$q = 1,3 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,036}{4} \cdot 12 \cdot 4 \cdot 1,2 = 2,12.$$

Принимаем  $q = 2$  г.

Далее определяем число оборотов катушки для высева туков, рассчитывая данные относительно прохода агрегатом 1 пог. м пути:

$$n_{кат} = \frac{N_{п.м.к.}}{q}, \text{ об/пог. м}, \quad (12)$$

где  $n_{кат}$  – число оборотов катушки при проходе агрегатом пути 1 пог. м;  $N_{п.м.к.}$  – количество туков, высеваемое одной катушкой на пути 1 пог. м.

После преобразований формулы (12)

$$n_{кат.} = \frac{N \cdot Ш_p}{200}, \text{ об/пог. м}. \quad (13)$$

Число оборотов опорно-приводного колеса при проходе пути 1 пог. м

$$n_{п.к.} = \frac{1 \text{ м. п.}}{2\pi R}, \text{ об/пог. м}. \quad (14)$$

где  $n_{п.к.}$  – число оборотов опорно-приводного колеса при проходе 1 пог. м;  $R$  – радиус приводного колеса устройства, м

В этом случае число оборотов  $i$  привода от опорного колеса к высевающей катушке

$$i = \frac{n_{п.к.}}{n_{кат.}}. \quad (15)$$

После преобразования формулы (15) с учетом значений из формул (13) и (14)

$$i = \frac{200}{N \cdot Ш_p \cdot \pi D}. \quad (16)$$

Данную формулу можно использовать для вычисления числа оборота приводного устройства опорно-приводного колеса, необходимых для высева разной нормы минеральных удобрений [14, 15].

Например, при норме высева 30 кг/га

$$i^1_{общ} = \frac{200}{30 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,45} = 2,35;$$

принимаем  $i^1_{общ} = 2,4$ ; при 90 кг/га:  $i^2 = 0,8$ ; при 200 кг/га:  $i^3 = 0,35$ .

Следовательно, сменные звездочки нужно выбирать в зависимости от нормы внесения минеральных удобрений и числа оборотов приводного устройства высевающего аппарата.

Как известно, на склонах необходимо соблюдать совмещение обработанных полос. Для этой операции на агрегате устанавливаются жидкостные маркеры с раствором гашеной извести, по их следу ориентируется переднее колесо трактора и обеспечивается совмещение полос. Длину маркера можно изменять в зависимости от колеи трактора [16].

**Основные технические характеристики устройства**

Диаметр круга разброса одной маятниковой трубки, см	40
Рабочая ширина захвата агрегата, м	2,4
Способ высева гранул	Разбросной
Количество туковывсевающих аппаратов	1
Количество разбросных трубок	12
Производительность работы часовая, га/ч	1,12
Рабочая скорость движения агрегата, км/ч	7
Норма высева семян, кг/га	3–40
Уклон участка, град.	До 16

Опытный образец агрегата с трактором МТЗ-82 показан на *рисунке 3*.



*Рис. 3. Лабораторный образец устройства для внесения удобрений*

*Fig. 3. General view of the laboratory sample*

**Результаты и обсуждение.** Опыт по выявлению эффективности внесения минеральных удобрений агрегатом, модифицированным для горных условий [17, 18], проводился на террасированных землях (горный стационар СКНИИ ГПСХ, с. Даргавс) на трех высотных растительных поясах. Виды и нормы внесения минеральных удобрений при создании и восстановления деградированных, залежных сенокосов и пастбищ устанавливаются с учетом

почвенных условий (почвенным картограммам) и ожидаемой урожайности луга.

Известно, что кормовые агрофитоценозы в горной местности обладают очень сложной структурой. Корневые системы горных трав располагаются в определенном порядке. Например, в верхнем горизонте (5–6 см) это мочкокорневые дернистые и корневищные злаки; ниже (15–20 см) – короткостержневые, корневые; в третьем горизонте (30 см и более) – длинностержневые растения. В такой же последовательности, как расположение горизонтов, на продуктивность трав оказывают влияние и минеральные удобрения.

В первый год улучшения горных участков путем внесения удобрений наибольшие прибавки урожая трав мочкокорневого типа: овсяницы овечьей, лисохвоста лугового, мятлика лугового и др. На второй год констатировали рост и развитие полустержневых видов: одуванчика Стивена, подорожника, колокольчика и др., т.е. при проникновении удобрений в более глубокие горизонты почвы. На третий год положительное влияние удобрений проявилось на длинностержневых видах: эспарцетах, вике, люцерне желтой и др. [19, 7].

Следовательно, для восстановления продукционных, структурных и качественных функций естественных травостоев на залежных угодьях требуется трехгодичное внесение удобрений, тогда как естественный восстановительный процесс происходит более 15–20 лет.

Таким образом, с помощью предлагаемого агрегата внесение удобрений с разными экспозициями склонов в короткий срок ранней весной позволяет увеличить урожай зеленой массы [20, 7] по трем высотным поясам: в лугостепном на 205,8; в субальпийском на 95,3; альпийском на 57,3 ц/га (*табл. 2*).

В собранном урожае сена увеличивается количество кормовых единиц и перевариваемого протеина. Это дает возможность при рациональном использовании (пастбище- и сенокосообороте) повысить погектарную нагрузку на нагульный мо-

Таблица 2		Table 2				
ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАСТБИЩНОГО КОРМА ПОСЛЕ ТРЕХЛЕТНЕГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЯСАХ						
PRODUCTIVITY OF PASTURE FEED AFTER THREE YEARS OF FERTILIZATION ACROSS VARIOUS VEGETATION ZONES						
Высотные пояса	Вариант опыта	Урожай, ц/га				
		зеленая масса	сухое вещество	ЭКЕ	кормовые единицы	переваримый протеин
Лугостепной	Контроль	66,6	13,6	27,4	12,8	2,1
	N120P90K40	186,7	41,3	84,7	37,6	7,0
	N240P90K40	272,4	57,6	114,6	50,4	10,8
Субальпийский	Контроль	51,2	10,4	21,0	9,8	1,6
	N120P90K40	121,6	27,0	54,7	24,5	4,6
	N240P90K40	146,5	30,9	61,7	27,1	5,7
Альпийский	Контроль	52,3	10,6	21,5	10,0	3,1
	N120P90K40	109,6	24,3	49,8	22,0	4,2

Таблица 3

Table 3

**ВЛИЯНИЕ ЩЕЛЕВАНИЯ И ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ И БОТАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛУГА  
INFLUENCE OF SLITTING AND FERTILIZATION ON MEADOW YIELD AND BOTANICAL COMPOSITION**

Способ улучшения	Урожай сухой массы, ц/га		Прибавка урожая, ц/га		Ботанический состав травостоя, %																	
											злаки			бобовые		разнотравье						
											1		2		1		2					
											Год эксперимента											
											1		2		1		2		1		2	
Контроль (без обработки)	5,8	7,4	–	1,6	22,0	24,4	1,1	1,6	76,3	74												
Щелевание через 1,5 м	11,7	15,6	5,9	9,8	27,2	32,0	2,0	3,8	70,8	64,2												
Щелевание через 1 м + удобрение N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>20</sub>	23,5	34,6	11,8	19,0	32,6	38,2	6,4	10,7	61	51,1												
Щелевание через 1,5 м + удобрение N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>20</sub>	32,9	53,8	21,2	38,2	35,2	49,5	10,5	15,6	54,3	34,9												
Щелевание через 2,4 м + удобрение N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>20</sub>	29,5	42,6	17,8	27,0	28,4	34,7	7,2	11,8	64,4	53,5												

лодняк крупного рогатого скота в лугостепном поясе почти до 6 усл. голов, в субальпийском – до 3 и альпийском поясе до 2 усл. голов. Срок пастбищного содержания продлится в горах на 40–45 дней, увеличится объем животноводческой продукции (среднесуточные привесы нагульного молодняка от 350 до 670–820 г), дополнительно будет заготовлен зимний корм в виде сена и сенажа.

В течение двух лет высев удобрений проводился параллельно с нарезкой щелей поперек склона без прикапывания катками, чтобы не обрушить и не деформировать щели. Для этого были выбраны сильно запущенные и деградированные участки на расстоянии 10 м от основного, чтобы почвенные показатели не сильно отличались.

Опыт проходил по схеме: без обработки (контроль); при щелевании без удобрений; при щелевании и внесении удобрений N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>20</sub> (табл. 3).

При внесении удобрений с щелеванием максимальный урожай кормов (32,9 ц/га) получен при расстоянии между нарезаемыми щелями 1,5 м. Прибавка урожая уже в первый год составила 5,9 ц/га по сравнению с контролем. Увеличению урожая способствовало сохранение влаги в нарезанных щелях за счет снижения стока талой воды по склону.

Урожай сухой массы отличался не очень силь-

но (57,6–53,8 ц/га). Анализируя данный результат, пришли к выводу, что в первом варианте (57,6 ц/га) существенную роль сыграли вносимые дозы удобрений N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>40</sub>, а во втором – задержание влаги в почве.

**Выводы.** Спроектирован, разработан и создан лабораторный образец малогабаритного агрегата, способного выполнять на горных участках операции по улучшению почвы методом внесения минеральных гранулированных удобрений с прикапыванием катками.

Также проведены эксперименты по высеву удобрений параллельно с нарезкой щелей поперек склона и определено влияние щелевания и внесения удобрений на урожай и ботанический состав деградированных участков.

Разработанный малогабаритный агрегат для внесения минеральных удобрений – обеспечит снижение деградационных процессов склоновых участков, улучшит качество и количество многолетних трав залежных кормовых угодий в короткие сроки (несколько лет), что будет способствовать использованию животными высококачественных кормов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Soldatov E., Dzhibilov S., Soldatova I., Guluyeva L. Restoration of degraded mountain pastures of the Central Caucasus by targeted sowing of seeds of perennial grasses. *E3S Web of Conferences*. 2020. 09013. DOI: 10.1051/e3s-conf/202017509013.
- Марченко О.С., Текушев А.Х., Уянаев Ю.Х. и др. Инновационные технологии и комплексы машин с активными рабочими органами для коренного улучшения сенокосов и пастбищ // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N1(30). С. 56–61. EDN: XPTXNJ.
- Ахалая Б.Х., Старовойтов С.И., Ценч Ю.С. и др. Комбинированный агрегат с универсальным рабочим органом для поверхностной обработки почвы // *Техника и оборудование для села*. 2020. N8(278). С. 8–11. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-8-8-11.
- Джибилов С.М., Гулуева Л.Р., Коробейник И.А. Агрегат для сгребания камней с одновременным автоматическим подсевом трав на горные луга и пастбища Северного Кавказа // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2018. Т. 55. N1. С. 106–112. EDN: YTFUZF.
- Федорова О.А., Текушев А.Х., Чаплыгин М.Е., Давыдова С.А. Технологии и технические средства для поверхностного улучшения кормовых угодий // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. 2022. N2(66). С. 404–414. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-50.



6. Кутузова А.А., Тебердиев Д.М., Родионова А.В. и др. Экономическая эффективность усовершенствованных технологий создания и использования сеяных сенокосов // *Кормопроизводство*. 2020. N3. С. 3-8. EDN: NGVSRE.
7. Солдатова И.Э., Солдатов Э.Д. Создание высокопродуктивных сенокосов и пастбищ в горной зоне Северного Кавказа // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2017. Т. 54. N3. С. 9-14. EDN: ZHELFCF.
8. Савченко И.В. Ресурсосберегающее экологически чистое растениеводство для получения продукции высокого качества // *Вестник Российской академии наук*. 2019. Т. 89. N5. С. 527-531. DOI: 10.31857/S0869-5873895527-531.
9. Джибилов С.М., Гулуева Л.Р. Механизированный способ удаления и утилизации камней на горных склонах // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N2. С. 23-28. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-2-23-28.
10. Дмитриев С.Ю., Дмитриев Ю.П., Ценч Ю.С. Комплекс машин АГРОМАШ для обработки залежных земель // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N2(31). С. 40-47. EDN: RXFMCP.
11. Мазитов Н.К., Сахапов Р.Л., Шогенов Ю.Х. и др. Конкурентоспособный комплекс техники и технологии для производства зерна и кормов // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019. Т. 20. N3. С. 299-308. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.3.299-308.
12. Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С., Бейлис В.М. Создание и развитие систем машин и технологий для комплексной механизации технологических процессов в растениеводстве // *История науки и техники*. 2019. N12. С. 46-55. EDN: RJSVZT.
13. Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х., Старовойтов С.И. и др. Трехсекционный почвообрабатывающий агрегат с универсальными сменными рабочими органами // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 14. N3(54). С. 92-95. DOI: 10.12737/article\_5db9656e2ade23.01560949.
14. Джибилов С.М., Солдатов Э.Д., Гулуева Л.Р., Солдатова И.Э. Способ решения проблемы деградации горных пастбищ Центрального Кавказа // *Аграрный вестник Урала*. 2020. N6 (197). С. 10-16. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-197-6-10-16.
15. Кудзаев А.Б., Уртаев Т.А. Адаптивный энергосберегающий культиватор для обработки каменистых почв // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2015. Т. 9. N2. С. 28-32. EDN: TOCCOX.
16. Джибилов С.М., Гулуева Л.Р. Многофункциональный агрегат для улучшения горных лугов и пастбищ // *Известия Горского государственного университета*. 2016. Т. 53. N3. С. 103-111. EDN: WNDDZX.
17. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E. et al. Adaptive energy-saving cultivator equipped with the simultaneous adjuster of sections for working stony soils. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017. N8(11). 714-720. EDN: XXBSDR.
18. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E. et al. Study of elastic composite rods for creating fuses of tilters. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2017. N8(11). 658-666. EDN: UXMTDK.
19. Джибилов С.М., Гулуева Л.Р. Технология и агрегат для восстановления экологического состояния горных лугов и пастбищ // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. Т. 17. N2. С. 20-27. DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-2-20-27.
20. Джибилов С.М., Гулуева Л.Р., Бестаев С.Г. Агрегат для подсева семян трав с одновременным внесением гранулированных удобрений на горные луга и пастбища // *Тракторы и сельхозмашины*. 2015. N5. С. 17-18. EDN: TUHZBR.

## REFERENCES

1. Soldatov E., Dzhibilov S., Soldatova I., Guluyeva L. Restoration of degraded mountain pastures of the central caucasus by targeted sowing of seeds of perennial grasses. *E3S Web of Conferences*. 2020. 09013 (In English). DOI: 10.1051/e3sconf/202017509013.
2. Marchenko O.S., Tekushev A.H., Uyanaev Yu.H. et al. Innovative technologies and complexes of machines with active working bodies for the radical improvement of hayfields and pastures. *Vestnik VIESKH*. 2018. N1(30). 56-61 (In Russian). EDN: XPTXNJ.
3. Akhalaia B.KH., Starovoitov S.I., Tsench Yu.S. et al. A combined unit fitted with a versatile working body for surface tillage. *Machinery and Equipment for Rural Area*. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-8-8-11.
4. Dzhibilov S.M., Gulueva L.R., Korobeinik I.A. Plant for raking stones with synchronous automatic seeding of grasses on mountain meadows and pastures in the North Caucasus. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2018. Vol. 55. N1. 106-112 (In Russian). EDN: YTFUZF.
5. Fedorova O.A., Tekushev A.H., Chaplygin M.E., Davydova S.A. Technologies and technical means for simplified improvement of forage lands. *Proceedings of the Lower Volga Agro University Complex*. 2022. N2(66). 404-414 (In Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-50.
6. Kutuzova A.A., Teberdiev D.M., Rodionova A.V. et al. Economic effectiveness of improved cultivation techniques for man-made hayfields. *Kormoproizvodstvo*. 2020. N3. 3-8 (In Russian). DOI: 10.25685/krm.2020.2020.61941.
7. Soldatova I.E., Soldatov E.D. Development of high-productive hay meadows and pastures in the mountain zone of the North Caucasus. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2017. Vol. 54. N3. 9-14 (In Russian). EDN: ZHELFCF.
8. Savchenko I.V. Resource-saving organic crop production for high quality products. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2019. Vol. 89. N5. 527-531 (In Russian). DOI: 10.31857/S0869-5873895527-531.

9. Dzhibilov S.M., Gulueva L.R. Mechanized method for the removal and disposal of stones on mountain slopes. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020. Vol. 14. N2. 23-28 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-2-23-28.
10. Dmitriev S.Yu., Dmitriev Yu.P., Tsench Yu.S. AGRO-MASH machinery complex for processing of fallow land. *Vestnik VIESKH*. 2018. N2(31). 40-47 (In Russian). EDN: RXFMCP.
11. Mazitov N.K., Sakhapov R.L., Shogenov Yu.Kh. et al. Competitive complex of machinery and technologies for the production of grain and feed. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019. Vol. 20. N3. 299-308 (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.3.299-308.
12. Lobachevskiy Ya.P., Tsench Yu.S., Beylis V.M. Creation and development of systems for machines and technologies for complex mechanization of technological processes in crop production]. *Istoriya nauki i tekhniki*. 2019. N12. 46-55 (In Russian). EDN: RJSVZT.
13. Ahalaya B.Kh., Shogenov Yu.Kh., Starovoytov S.I. et al. Three-section soil processing unit with universal replaceable working units. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2019. Vol. 14. N3(54). 92-95 (In Russian). DOI: 10.12737/article\_5db9656e2ade23.01560949.
14. Dzhibilov S.M., Soldatov E.D., Guluyeva L.R., Soldatova I.E. The way to solve the problem of degradation of mountain pastures of the Central Caucasus. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. N6 (197). 10-16 (In Russian). DOI: 10.32417/1997-4868-2020-197-6-10-16.
15. Kudzaev A.B., Urtaev T.A. Adaptive energy-saving cultivator for stony soils cultivating. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2015. Vol. 9. N2. 28-32 (In Russian). EDN: TOCCOX.
16. Dzhibilov S.M., Gulueva L.R. Multifunctional aggregate for the mountain meadows and pastures improvement. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2016. Vol. 53. N3. 103-111 (In Russian). EDN: WNDDZX.
17. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E. et al. Adaptive energy-saving cultivator equipped with the simultaneous adjuster of sections for working stony soils. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8. N11. 714-720 (In English). EDN: XXBSDR.
18. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E. et al. Study of elastic composite rods for creating fuses of tilters. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8. N11. 658-666 (In English). EDN: UXMTDK.
19. Dzhibilov S.M., Gulueva L.R. Restoring technology and a seeding unit for recovering mountain meadow and pasture ecosystems. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2023. Vol. 17. N2. 20-27 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-2-20-27.
20. Dzhibilov S.M., Guluyeva L.R., Bestayev S.G. Unit for overseeding of grass seeds with simultaneous application of granular fertilizers on mountain meadows and pastures. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2015. N5. 17-18 (In Russian). EDN: TUHZBR.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Заявленный вклад соавторов:

Бидеев С.И. – формулирование основных направлений исследования, разработка теоретических предпосылок, формирование общих выводов;

Гулуева Л.Р. – написание и доработка текста, литературный анализ, разработка эскизов, обработка результатов исследований, визуализация.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант

#### Coauthors' contribution:

Bideev S.I. – outlining the main research directions, developing theoretical framework and general conclusions.

Guluyeva L.R. – writing and refining the manuscript, analyzing the literature, developing sketch, data processing, and visualization.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию  
Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on  
The paper was accepted for publication on

04.04.2025  
14.05.2025