

EDN: KHLEYY

DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-4-41-48

Научная статья
УДК 631.31

Способ увеличения площади травостоя на горных кормовых угодьях

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 до 60 процентов площади горных лугопастбищных участков засорены камнями. Отметим, что освобождение пастбищ от камней способствует увеличению площади кормовых угодий и снижению травматизма животных. Выявили отсутствие малогабаритных агрегатов, способных удалять камни со склоновых территорий. (*Цель исследования*) Разработать и изготовить лабораторный образец агрегата на базе минитрактора Feng Shou 180 для удаления камней с поверхности склонов. Агрегат предназначен для ускоренного восстановления непригодных для использования в животноводстве горных участков и повышения устойчивости почвы к водной и ветровой эрозии. (*Материалы и методы*) Обосновали технологию и создали лабораторный образец агрегата для удаления камней. Испытания проводились в горной зоне Республики Северная Осетия–Алания на высоте 1540 метров над уровнем моря. Камни удаляли на участке северного склона крутизной 13 градусов в селе Даргавс. Техническая экспертиза, стендовые и полевые испытания агрегата проведены согласно агротехническим требованиям и техническому заданию. (*Результаты и обсуждение*) Изготовили лабораторный образец агрегата для удаления камней на базе мини-трактора Feng Shou 180. Установили, что лабораторный образец агрегата соответствует агротехническим требованиям и техническому заданию. Выявили, что происходит удаление камней диаметром более 30 миллиметров на 91-93 процентов, и на первый год после применения агрегата повышается продуктивность кормовых угодий на 90-95 процентов. (*Выводы*) Применение агрегата на горных склонах позволяет увеличить полезную площадь, улучшить водно-воздушный и питательный режимы, изменить видовой состав растительности (увеличить бобовый компонент до 16,7 процента, злаковый до 47,3 процента). Сделан вывод о целесообразности совершенствования и применения опытного образца на засоренных кормовых угодьях с уклоном до 13 градусов.

Ключевые слова: животноводство, луговое кормопроизводство, горные склоны, удаление камней, мини-трактор, видовой состав растительности, улучшение почвы.

■ **Для цитирования:** Бидеев С.И., Гулуева Л.Р. Способ увеличения площади травостоя горных кормовых угодий // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. №4. С. 41-48. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-4-41-48. EDN: KHLEYY.

Scientific article

A method of Increasing the Area of the Herbage on Mountain Forage Lands

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 Mining and Piedmont Agriculture of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Republic of North Ossetia–Alania, Russian Federation

Abstract. The present study reveals that up to 60 percent of mountain grasslands are strewn with stones. Their removal can significantly expand forage land and decrease animal injuries. It has been found out that there are no small-sized units capable of removing stones on sloped terrains. (*Research purpose*) The research aims to develop and construct a laboratory prototype of a stone removal unit adapted to the Feng Shou 180 mini-tractor, specifically for use on slopes. This unit is intended to facilitate the rehabilitation of mountain regions that are otherwise unsuitable for livestock farming, and enhance soil resistance to both water and wind erosion. (*Materials and methods*) The technology has been substantiated and the unit prototype has been constructed.

The tests were conducted in the mountainous area of the Republic of North Ossetia–Alania, at an altitude of 1540 meters above sea level. The stones were removed from a section of the northern slope with a steepness of 13 degrees in the village of Dargavs. Technical expertise, bench and field tests of the unit were performed in accordance with agrotechnical standards and technical specifications. (*Results and discussion*) As a result a laboratory prototype of a stone removal unit adapted to the Feng Shou 180 mini-tractor was produced. It is determined that the laboratory prototype meets the agrotechnical standards and technical specifications. The unit proves to effectively remove stones larger than 30 millimeters with an efficiency rate of 91-93 percent. Additionally, it has been demonstrated that the first year of using the unit results in a 90-95 percent increase in the productivity of forage lands. (*Conclusions*) The use of this unit on mountain slopes significantly enhances the usable area and improves the water-air and nutrient regimes. This adjustment also alters the species composition of the vegetation, increasing the legume component to 16.7 percent and the cereal component to 47.3 percent. Our findings underscore the potential benefits and feasibility of further developing and deploying this prototype on densely stoned forage lands with slopes of up to 13 degrees.

Keywords: livestock farming, meadow forage production, mountain slopes, stone removal equipment, mini-tractor, species composition of vegetation, soil reclamation.

■ **For citation:** Bideev S.I., Gulueva L.R. A method of increasing the area of the herbage on mountain forage lands. *Agricultural machinery and technologies*. 2024. Vol. 18. N4. 41-48 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-4-41-48. EDN: KHLEY

Разрушение горных склонов в результате происходящих почвенно-климатических процессов и сбивания скальных пород копытами животных приводит к засорению почвы лугов и пастбищ камнями [1]. По этой причине значительно затрудняется применение средств механизации и сельскохозяйственной техники [2]. Повышенные усилия и нагрузки на орудия при проведении работ на таких территориях провоцируют преждевременный износ и выход из строя машин и устройств, их ремонт иногда занимает 60% времени рабочей смены. Эксплуатация серийных камнеуборочных машин усложнена из-за сложного рельефа [3, 4].

В почве пахотных полей и пастбищ наиболее часто встречаются камни размером от 50 до 300 мм. При засоренности камнями площади поля порядка 125 м² (10 м³/га) потери зерновых составляют около 0,2 ц/га, а при количестве камней 25 м³/га (570 м³) недобор урожая приближается к 1 ц/га [5]. Одновременно снижается эффективность химических способов борьбы с сорняками, ростки которых скрыты камнями. Вместе с тем собранные камни представляют собой ценный строительный материал [6].

На отечественном рынке предлагается выбор сельскохозяйственной техники различного назначения, в том числе для освоения и восстановления земельных угодий, применение которых из-за каменистой почвы затруднено [7].

Например, машина РУБ-150 с универсальной рамой РУ-0,6А для крепления рабочего органа способна извлекать камни с глубины до 50 см. Для мелких камней применяют навесную машину УСК-0,7. После вспашки может применяться прицепное устройство УПК-0,6, хотя его конструкция громоздкая для работы на горных склонах, а зубья при заглублении в почву разрушают дерновый покров [8]. Подборщик ПВК-1,5 собирает камни из предвари-

тельно сформированного валка и транспортирует их в бункер. Более распространен вариант подачи камней в бункер с помощью ротора с подпружиненными гребенками, в частности подборщик «Валун-700». Подобные машины с заглаживающими гребенками для предохранения рабочего оборудования от поломок при контакте с полускрытыми камнями предлагают и зарубежные фирмы [9].

Однако серийных машин для извлечения более мелких камней пока нет. Например, КУМ-1,25 на базе трактора МТЗ вычесывает из почвы камни размером от 11 до 70 см со скоростью операции всего лишь 1,25 км/ч. При ширине захвата основного камнеуборочного узла не менее 5 м камни можно убрать из пахотного слоя не глубже 5 см, вынося вместе с камнями 5% почвы. Такие машины из-за своих габаритов и веса подходят для работы на равнинных полях, а не на мелкоконтурных участках со склонами 13-16°. Кроме того, они повреждают дернину, что нежелательно на лугопастбищных участках, где глубина почвенного слоя иногда не превышает 35-50 см.

Сотрудниками группы механизации Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства был предложен двухфазный способ уборки камней. Для вычесывания и сгребания камней в валки создан лабораторный образец валкователя грабельного типа. Агрегат состоит из двух граблей длиной по 6 м, расположенных друг к другу под углом 50° по ходу движения и опирающихся на три регулируемые колеса, за счет чего машина хорошо копирует поверхность поля и степень удаления камней достаточно высокая. Заглубленные в почву зубья с двух сторон агрегата образуют валки из камней и частично комков почвы. При этом земля, проходя между зубьями, не попадает в валки и в основном остается на поле.

С увеличением глубины хода рабочих органов можно собрать больше камней. Однако также увеличится количество сгребаемой в валки почвы, часть которой не успевает пройти между зубьями. Просеиванию почвы через валкователь препятствуют как камни, так и крупные комки грунта. С увеличением глубины хода рабочих органов с 10 до 15 см сгруживание почвы в валки повышается почти в 3 раза, и хотя сбор камней изменяется незначительно, энергозатраты резко возрастают. По этим причинам при выборе способа сгребания камней в горной зоне предпочтительны устройства, в которых предусмотрен зазор между рабочим органом и поверхностью пастбища.

Собранные с полосы шириной 5 м камни убирают камнеуборочной машиной КУМ-1,2 и переоборудованным картофелекопателем-погрузчиком Е-684. Оптимальная скорость движения такого агрегата (валкователь + КУМ-1,2 + Е-684) составляет 4-5 км/ч, глубина хода рабочих органов 10 см, ширина валка по основанию не более 1,2 м, межцентровое расстояние зубьев 100 мм, диаметр зубьев 40 мм.

Изучение технических характеристик машин по литературным источникам показало, что приведенные выше камнеуборочные устройства и приспособления пригодны на равнинных землях [10, 11]. В горной местности следует избегать повреждения дернового слоя почвы. Учитывая габариты, вес и негативные последствия применения существующих камнеуборочных машин, а также агротехнические требования к обработке пастбищных земель, пришли к выводу о необходимости использования на горных участках малогабаритной камнеуборочной машины.

Цель исследования: разработать и изготовить образец навесного малогабаритного агрегата для сбора камней размером более 30 мм с пастбищ уклоном до 13° без повреждения почвенного покрова.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. По разработанному авторами эскизному проекту изготовлен опытный образец навесного камнеуборочного агрегата (рис. 1) на базе мини-трактора *Feng Shou 180*. Проведена техническая экспертиза образца согласно ГОСТ 20915 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний».

Предусматривалось, что при небольшой ширине захвата (не более 2 м) и без заглубляющихся в почву зубьев рабочий орган (гребенка) будет сдвигать с места камни диаметром более 50 мм. Свободно скатывающиеся по склону камни можно будет собрать в определенном месте [12].

Агрегат и предложенную технологию удаления камней испытывали в 2020 и 2022 г. на изреженных участках северного склона крутизной 13° на высоте 1540 м над уровнем моря в селе Даргавс (Северная Осетия). Машина перемещалась вниз по паст-



Рис. 1. Навесной камнеуборочный агрегат

Fig. 1. Mounted stone removal unit

бищу справа налево. На склоне нарезан специальный канал для сбора сдвинутых с места и скатывающихся камней, образующих естественный предотвращающий деградацию почвы барьер. Глубина канала должна быть небольшой (20-25 см), так как в верхнем поясе горизонт почвы составляет 35-40 см, а ниже по склону глубина грунта увеличивается до 45-50 см. Размер канала выбирается также в зависимости от ширины захвата корпуса плуга, но не более 35 см, исходя из особенностей горного агроландшафта [13].

Камни размером менее 50 мм, пропущенные гребенкой и оставшиеся на поверхности участка, не влияют на качество работы сельскохозяйственной техники и не травмируют животных.

Техническая характеристика агрегата

Ширина захвата, м	2,0-2,4
Скорость движения, км/ч	5-7
Угол поворота отвала	0-35°
Размеры удаляемых камней, мм	60-200
Глубина канала, мм, не менее	150
Ширина канала, мм	350
Крутизна склона, не более	13°
Дорожный просвет, мм, не менее	400
Вес устройства (без трактора)	770
Габаритные размеры, мм (без трактора)	2000×2500×1200

Для качественной работы и снижения веса камнеуборочного устройства его размеры, точнее высота, должны быть такой, чтобы камни не пересыпались через верх гребенки и не накапливались перед ней. Высота гребенки в зависимости от ширины захвата и количества камней на поле:

$$h = \sqrt{\frac{6S_{\max} \cdot B \cdot L}{B_1 \rho_{\text{кам}}}}, \text{ м}, \quad (1)$$

где $S_{\max}$ – засоренность камнями, кг/м²; B – ширина захвата гребенки, м; L – пройденный путь, м; B_1 – конструктивная ширина гребенки, м; $\rho_{\text{кам}}$ – удельный вес камней, кг/м³.

Согласно расчетам и конструктивным особенностям выбраны длина отвала 2-2,4 м, его высота 30-35 см, радиус закругления 300 мм (часть трубы диаметром 600 мм) [14, 15]. Угол установки отвала

к направлению движения агрегата φ (захват отвала) и уклон склона $k_{укл}$ (уклон) учитываются при расчетах производительности и сопротивления движению (Алтунина М.С. Рабочие процессы, конструкции и основы расчета транспортных и технологических машин и оборудования. Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ). 2015. 36 с.).

Производительность отвала агрегата при перемещении камней

$$P = (3600V_{пир} \cdot k_v \cdot k_{укл}) / (T_{ц} \cdot K_p), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2)$$

где $V_{пир}$ – объем пирамиды волочения камней, м^3 ; k_v – коэффициент использования агрегата по времени, равен 0,8-0,9; $k_{укл}$ – коэффициент, учитывающий влияние уклона местности (табл. 1); $T_{ц}$ – длительность цикла, с; K_p – коэффициент разрыхления грунта, равен 1,15-1,3.

Таблица 1		Table 1
ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ АГРЕГАТА THE INFLUENCE OF TERRAIN TYPES ON THE UNIT OPERATIONAL PERFORMANCE		
Крутизна склона	Коэффициент $k_{укл}$	
	на подъеме	на склоне
0-5°	1,00-0,67	1,00-1,33
5-10°	0,67-0,50	1,33-1,94
10-15°	0,50-0,40	1,94-2,25
15-20°	-	2,25-2,68

Необходимая мощность двигателя базовой машины

$$N = (W \cdot v) / 1000\eta, \text{ кВт}, \quad (3)$$

где W – максимальное сопротивление при работе машины, Н; v – рабочая скорость движения агрегата, км/ч; η – механический КПД машины, $\eta = 0,7-0,8$.

Максимальное сопротивление, возникающее при работе поворотного отвала

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5, \text{ Н}, \quad (4)$$

где W_1 – сопротивление грунта резанию; W_2 – сопротивление перемещению камней вверх по отвалу; W_3 – сопротивление перемещению грунта и камней перед отвалом; W_4 – сопротивление перемещению камней вдоль отвала, т.е. в сторону; W_5 – сопротивление перемещению агрегата как тежки.

Сопротивление почвы при сдвиге камней

$$W_1 = k_0 \cdot L \cdot h \cdot \sin\varphi, \quad (5)$$

где k_0 – удельное сопротивление грунта и камней лобовому сдвигу, $\text{Н}/\text{м}^2$; $k_0 = 65-400$; φ – угол захвата отвала (между осью движения машины и линией направления отвала), град; $\varphi = 60$, при сдвиге поворотным отвалом $\varphi = 50-60$.

$$W_1 = 210 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot \sin 60 = 108,4 \text{ Н}.$$

Сопротивление от перемещения камней с землей вверх по отвалу

$$W_2 = G_{пир} \cdot f_1 \cdot \cos^2\delta \cdot \sin\varphi, \quad (6)$$

где $G_{пир}$ – вес камней в пирамиде волочения, Н; f_1 – коэффициент трения камней по металлу, $f_1 = 0,35-0,8$; δ – угол резания, град.

Вес пирамиды волочения

$$G_{пир} = V_{пир} \cdot \delta_0 \quad (7)$$

где $V_{пир}$ – объем пирамиды, м^3 ; δ_0 – объемный вес перемещаемого материала, $\text{Н}/\text{м}^3$, $\delta_0 = 1500-1950 \text{ Н}/\text{м}^3$.

$$V_{пир} = (S_{осн} \cdot H) / 3 = (0,5 \cdot h^2 \cdot B_1) / 3; \quad (8)$$

$$V_{пир} = (0,5 \cdot 0,322 \cdot 2) / 3 = 0,03 \text{ м}^3,$$

$$G_{пир} = 0,03 \cdot 1600 = 48 \text{ Н}.$$

Таким образом

$$W_2 = 48 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot \sin 60 = 20,64 \text{ Н}.$$

Сопротивление от перемещения призмы волочения камней и грунта перед отвалом с учетом коэффициента трения грунта о грунт f_2 , равного 0,55-0,8:

$$W_3 = G_{пир} \cdot f_2 \cdot \sin\varphi; \quad (9)$$

$$W_3 = 48 \cdot 0,65 \cdot \sin 60 = 26,8 \text{ Н}.$$

В процессе перемещения масса волочения камней прижимается к отвалу силой

$$W_3' = G_{пир} \cdot f_2, \quad (10)$$

и ввиду ее действия при перемещении массы камней вдоль поверхности отвала развиваются силы трения [16, 17].

Проекция сил трения на ось, совпадающую с направлением движения, представляет собой сопротивление перемещения грунта в сторону

$$W_4 = G_{пир} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot \cos\varphi; \quad (11)$$

$$W_4 = 48 \cdot 0,5 \cdot 0,65 \cdot 0,5 = 7,8 \text{ Н}.$$

Сопротивление перемещению агрегата с учетом его веса G , коэффициента f_3 сопротивления движению агрегата по полю ($f_3 = 0,1$) и уклона пути i , равного тангенсу угла склона ($\text{tg} 13 = 0,231$), рассчитан по формуле:

$$W_5 = G (f_3 + i); \quad (12)$$

$$W_5 = 1550 \cdot 9,81 \cdot (0,1 + 0,231) = 5033 \text{ Н}.$$

Агрегат находится в движении без буксования при условии, что сцепная сила тяги больше общего сопротивления передвижению агрегата, т.е. $W_{сч} > W$.

$$W = 108,4 + 20,64 + 26,8 + 7,8 + 5033 =$$

$$= 5196,6 \text{ Н};$$

$$W_{сч} = G \cdot k_{сч}, \quad (13)$$

где $k_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепления агрегата с опорной поверхностью, $k_{\text{сц}} = 0,7-0,9$.

$$W_{\text{сц}} = 1550 \cdot 9,81 \cdot 0,8 = 12164,4 \text{ Н},$$

т.е. $12164,4 > 5196,6$.

Освобождение от камней без дополнительных затрат на их вывоз обеспечит увеличение полезной площади склона [18, 19]. Большее количество травостоя будет способствовать улучшению водно-воздушного баланса почвы, повышению урожайности (Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Экология азотфиксации. Саратов: Амирит, 2019. 252 с.).

В 2020 г. опытные исследования и испытания агрегата в комплексе с трактором МТЗ-82 проводили на участке площадью 8760 м², частично покрытом мелкими и средними камнями и разделенном на три участка по 2920 м². На каждом участке были выделены по три опытные делянки (варианта) размером 973 м² с разделительными полосами шириной 2 м. Из девяти делянок, согласно схеме опыта, варианты 2, 5 и 8 были контрольными (их не обрабатывали). Удаление камней, увеличение полезной площади делянок для развития и роста кормовых растений в среднем от 37,2 до 52%, подкормка органическим удобрением, создание условий для влагозадержания в траншеях с собранными камнями способствовали прибавке урожая от 0,16 до 0,49 т по сравнению с контролем. За счет равномерного распределения удобрения по пастбищному участку кислотность почвы снизилась с 4,8 до 5,1 ед. рН.

Согласно техническим характеристикам масса трактора МТЗ-82 составляет 3750 кг, давление на грунт 144-174 кПа, радиус разворота 4-4,5 м. В связи с тем, что склоновые участки мелкоконтурные, а горизонт почвы составляет всего 35-50 см в зависимости от расположения участка, нагрузку на почву по возможности нужно уменьшать.

Весной 2022 г. проводились испытания камнеуборочного агрегата на базе малогабаритного трактора *Feng Shou 180* с конструкционной массой около 900 кг, радиусом разворота 2,3 м, соответственно давлением на грунт 35-44 кПа. Участки выбирались аналогичные делянкам в 2020 г., частично покрытые мелкими и средними камнями и разделенные на три равнозначных части. Агрегат последовательно проходил делянки по схеме: 1→3→4→6→7→9, минуя контрольные 2, 5 и 8 варианты. Объем камней, сдвинутых с места и собранных в валки до утилизации, составил соответственно 1,9; 2,6; 3,0; 3,6; 4,8 и 5,3 м³.

Размер очищенного от камней поля подсчитывали до и после прохода агрегата. После расчистки участков от камней для повышения эффективности кормопроизводства на пастбище рекомендуется производить подсев семян трав (Патент RU 2415538) [20].

Опыты и анализ кормов на делянках проводились согласно действующим методикам (Кутузова А.А., Трофимова Л.С., Проворная Е.Е. Методика оценки потоков энергии в луговых агроэкосистемах. М.: Угрешская типография, 2015. 32 с.).

Одновременно со сгребанием камней агрегат равномерно распределяет по пастбищу оставшиеся после прохода животных экскременты (навозные кучи). Для этого предусмотрен зазор 50 мм между лемехом рабочего органа и поверхностью участка. Обогащение почвы натуральными органическими веществами стимулирует рост кормовых трав. В ходе наблюдений подтверждена прямая зависимость изменения питательной ценности трав после применения камнеуборочного агрегата (таблица 2).

Движение камнеуборочного агрегата начинается в начале третьего сегмента поперек склона справа налево, от верхней делянки к нижней (рис. 2). Корпус плуга агрегата опускается на заданную глубину, и в нижней части третьего сегмента образуется канал для сбора камней.

Таблица 2

Table 2

ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ТРАВ НА ОПЫТНЫХ УЧАСТКАХ (ДАННЫЕ ЗА 2022 Г.)
NUTRITIONAL VALUE OF HERBS FROM THE EXPERIMENTAL PLOTS (DATA FOR 2022)

Опытный участок	Кормовые единицы, г	Перевариваемый протеин, г	Энергия, МДж		Перевариваемый протеин, г/корм. ед.
			валовая	обменная	
1	0,60	89	14,93	8,01	148
2 (контроль)	0,61	85	14,89	8,19	137
3	0,60	94	14,94	8,02	156
4	0,60	91	14,99	8,00	152
5 (контроль)	0,61	93	15,02	8,13	152
6	0,59	90	15,03	7,92	152
7	0,60	90	14,82	7,94	150
8 (контроль)	0,61	89	15,00	8,11	146
9	0,69	92	14,90	7,96	154

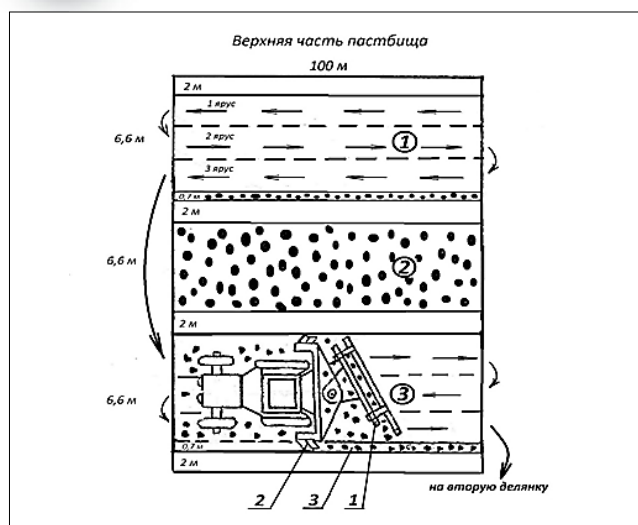


Рис. 2. Схема движения камнеуборочного агрегата: 1 – подвижная рама с гребенкой; 2 – неподвижная рама с плугом; 3 – канал для утилизации камней

Fig. 2. Movement diagram of the stone removal unit: 1 – movable frame with a comb; 2 – fixed frame with a plow; 3 – stone disposal channel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Весной 2022 г. после высыхания травостоя пастбища определяли площадь засорения учетной делянки методом измерения площади соприкосновения камней с почвой. В каждом варианте опыта по диагонали были выбраны три учетные площадки по 1 м². После подсчета выявили, что засоренность делянок камнями увеличивалась сверху вниз по склону и составила в среднем от 29,6, 38,3 до 49% площади делянок соответственно 1, 4 и 7. Это объясняется скатыванием по склону под собственным весом мелких и средних камней, которые животные сбивают копытами, передвигаясь по склону. Данные за 2022 г. оказались ниже, чем в 2020 г. при замене трактора МТЗ-82 на менее мощный *Feng Shou 180*.

Все проведенные мероприятия благотворно отразились на прорастании залежных аборигенных семян бобовых трав. Улучшенный рост бобовых совместно со злаковыми повлиял на урожай сухой

массы, питательную и энергетическую ценность корма. Бобовые травы за счет способности симбиотической фиксации азота из атмосферного воздуха играют ведущую роль в биологизации горного земледелия, пополняя почвенный запас органическими веществами и элементами минерального питания [20]. Изменение видового состава травостоя способствовало формированию двухъярусной вертикальной структуры естественных растительных сообществ, более полному поглощению солнечных лучей, накоплению биологического азота, в частности протеина, в сухой массе корма.

Повышение качества и количества корма в результате удаления камней позволило увеличить нагрузку на 1 га пастбищ по численности нагульного молодняка КРС с 1,1 до 2,5 животных [21]. Высокая концентрация перевариваемого протеина и обменной энергии способствовала более интенсивному среднемесячному накоплению массы животных с 490 до 895 г. Эти изменения позволили за пастбищный период (120 дней) получить дополнительный привес 282,4 кг живой массы. При закупочной цене 330 руб/кг прибыль составила 93,192 тыс. руб.

Применение на мелкоконтурных склоновых участках камнеуборочного агрегата в модификации, адаптированной для работы в гористой местности, позволит восстановить деградированные сенокосы и пастбища, улучшить продуктивность, питательность и энергонасыщенность получаемого растительного корма. Важна также возможность круглогодичного содержания животных в горной зоне и использования высококачественных кормов.

Выводы. Впервые на базе мини-трактора *Feng Shou 180* создан экспериментальный образец навесного малогабаритного агрегата для сбора камней диаметром более 30 мм с поверхности пастбища крутизной до 13°. Образец агрегата соответствует агротехническим требованиям и техническому заданию.

Освобождение пастбищ от камней обеспечит увеличение площади травостоя, продуктивности пастбищного хозяйства, а также повысится устойчивость почв к водной и ветровой эрозии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 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. №1. С. 106-112. EDN: YTFUFZ.
- Zhang Z., Yu K., Siddique K.H.M., Nan Z. Phenology and sowing time affect water use in four warm-season annual grasses under a semi-arid environment. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019. 269-270. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.02.027.
- 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. №1(30). С. 56-61. EDN: XPTXNJ.
- 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. №2(66). С. 404-414. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-50.

5. 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.
6. Кудзаев А.Б., Ридный С.Д., Ридный Д.С. и др. Качество обработки пласта почвы рабочими органами машины для поиска крупных камней // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2018. Т. 55. N4. С. 186-198. EDN: YRLMXZ.
7. Джибилов С.М., Гулуева Л.Р. Технология и агрегат для восстановления экологического состояния горных лугов и пастбищ // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. Т. 17. N 2. С. 20-27. DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-2-20-27.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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: ZHELCF.
15. 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.
16. Джибилов С.М., Гулуева Л.Р., Бестаев С.Г. Рыхлитель междурядий - окучник маточных кустов в плодопитомнике // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2014. Т. 51. N4. С. 201-207. EDN: TCCZAL.
17. Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B., Borisova N.A. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards. *Indian Journal of Ecology*. 2017. 44(2). 239-243 (In English). EDN: XNTNYV.
18. Кудзаев А.Б., Уртаев Т.А., Цгоев А.Э., Коробейник И.А. Адаптивный энергосберегающий культиватор // *Сельский механизатор*. 2019. N2. С. 8-9. EDN: YLHTJS.
19. 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. 8(11). 714-720. EDN: XXBSDR.
20. 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.
21. Угорец В.И., Солдатова И.Э. Экологическая безопасность получения животноводческой продукции при использовании горных пастбищ в РСО-Алания // *Горное сельское хозяйство*. 2021. N2. С. 50-56. DOI: 10.25691/GSH.2021.2.007.

REFERENCES

1. Dzhibilov S.M., Gulueva L.R., Korobeinik I.A. Plant for racking 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: YTFUFZ.
2. Zhang Zh., Yu K., Siddique K., Nan Zh. Phenology and sowing time affect water use in four annual herbs of the warm season under semi-arid conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019. 257-269 (In English). DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.02.027.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Kudzaev A.B., Ridny S.D., Ridny D.S. et al. Quality of a soil layer cultivation with working bodies of the large stones

- searching machine. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2018. Vol. 55. N4. 186-198 (In Russian). EDN: YRLMXZ.
7. 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.
 8. Dmitriev S.Yu., Dmitriev Yu.P., Tsench Yu.S. AGROMASH machinery complex for processing of fallow land. *Vestnik VIESKH*. 2018. N2(31). 40-47 (In Russian). EDN: RXFMCP.
 9. 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.
 10. Lobachevskiy Ya.P., Tsench Yu.S., Beylis V.M. Creation and development of systems for machines and technologies for the complex mechanization of technological processes in crop production. *History of Science and Engineering*. 2019. N12. 46-55 (In Russian). EDN: RJSVZT.
 11. Akhalaya B.Kh., Shogenov Yu.Kh., Starovoytov S.I. et al. Three-section soil processing unit with universal replaceable working units. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2019. Vol. 14. N3(54). 92-95 (In Russian). DOI: 10.12737/article_5db9656e2ade23.01560949.
 12. 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.
 13. Kutuzova A.A., Teberdiev D.M., Rodionova A.V. et al. Economic effectiveness of improved cultivation techniques for man-made hayfields. *Fodder Production*. 2020. N3. 3-8 (In Russian). EDN: NGVSRE.
 14. Soldatova I.E., Soldatov E.D. Development of high-productive 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: ZHELCE.
 15. Savchenko I.V. Resursosberegayushchee ekologicheskii chistoe rastenievodstvo dlya polucheniya produktsii vysokogo kachestva [Ecology safety crop production for obtaining high-quality products]. *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk*. 2019. Vol. 89. N5. 527-531 (In Russian). DOI: 10.31857/S0869-5873895527-531.
 16. Djibilov S.M., Gulueva L.R., Bestaev S.G. The inter-row ripper is the hiller of mother bushes in the fruit tree nursery. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2014. V. 51. N4. 201-207 (In Russian). EDN: TCCZAL.
 17. Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B., Borisova N.A. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards. *Indian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 44. N2. 239-243 (In English). EDN: XNTNYV.
 18. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsгоеv A.E., Korobeynik I.A. Adaptive energy-saving cultivator. *Sel'skiy mekhanizator*. 2019. N2. 8-9 (In Russian). EDN: YLHTJS.
 19. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsгоеv A.E., Korobeynik I.A., Tsгоеv D.V. 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.
 20. 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.
 21. Ugorets V.I., Soldatova I.E. Use of mountain pastures – a basis for receiving environmentally safe animal products. *Mining Agriculture*. 2021. N2. 50-56 (In Russian). DOI: 10.25691/GSH.2021.2.007.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Бидеев С.И. – научное руководство, разработка теоретических предпосылок, формирование общих выводов; Гулуева Л.Р. – формулирование основных направлений исследования, написание и доработка текста, литературный анализ, разработка эскизов, обработка результатов исследований, визуализация.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Bideev S.I. – scientific guidance, development of theoretical foundations, formulation of general conclusions; Guluyeva L.R. – formulation of the main research directions, manuscript writing and refinement, literature review, development of sketches, research results processing, 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

02.06.2024

29.07.2024