

## Усовершенствованная технология улучшения деградированных склоновых участков горной и предгорной зон

Сергей Майрамович Джибилов,  
кандидат технических наук,  
заведующий лабораторией;

Людмила Романовна Гулуева,  
ведущий конструктор,  
e-mail: luda\_gulueva@mail.ru

Владикавказский научный центр, с. Михайловское, Республика Северная Осетия – Алания, Российская Федерация

**Реферат.** Представили технологию и средства механизации для восстановления деградированных горных участков с крутизной склона до 15 градусов. (*Цель исследования*) Определить оптимальное расстояние между пружинистыми стойками щелерезов чизельного культиватора КЧГ-2,4; дать характеристику разрабатываемому блок-модулю многофункционального агрегата КЧГ-2,4, выполняющего после процесса щелевания три операции: посев трав, внесение минеральных удобрений и прикатывание высевных семян и гранулированных удобрений в почву; определить эффективность разработанных агроприемов, повышающих продуктивность и средообразующую роль горных фитоценозов. (*Материалы и методы*) Испытания проводили в горной зоне РСО – Алания на высоте 1540 метров над уровнем моря с крутизной склона до 15 градусов. Опытный участок разделили на три повторности. Ширина каждой повторности 2,4 метра, длина – 10 метров, разделительные полосы – 1 метр, боковые полосы – 2,4 метра. Общая площадь опытного участка, расположенного поперек склона, – 184,2 квадратного метра. (*Результаты и обсуждение*) Для щелевания горных склонов использовали пружинистую стойку *Väderstad* агрегата КЧГ-2,4. Для посева предложили трехкомпонентную травосмесь из *Phleum pratense L.*, *Dactylis glomerata L.* и *Trifolium pratense L.* при норме высева 15 килограммо на гектар. При внесении минерального удобрения использовали состав (в действующем веществе): аммиачная селитра – 35 процентов; суперфосфат – 20; калийная соль – 40 процентов, всего 445 килограммов на гектар. Получили прибавку сухой надземной массы 3,02-4,19 тонны на гектар и накопление подземной растительной массы в пределах 1,84-12,62 тонны на гектар в зависимости от варианта опыта. (*Выводы*) Установили, что за 3 года наблюдений более высокий урожай получен при расстоянии между щелями 1,5 метра. Выявили, что применение агрегата увеличило сбор кормовых единиц с 0,81-1,68 до 4,06-4,98 тысячи на гектар. С учетом всех затрат стоимость одной кормовой единицы составила 8,76 рубля.

**Ключевые слова:** склоновые участки, деградация почв, восстановление деградированных горных участков, посев трав, щелевание, внесение удобрений, окультуривание лугов и пастбищ.

**Для цитирования:** Джибилов С.М., Гулуева Л.Р. Усовершенствованная технология улучшения деградированных склоновых участков горной и предгорной зон // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. №1. С. 57-62. DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-1-57-62.

## Advanced Technology for Improving Degraded Slopes in Mountainous and Foothill Zones

Sergey M. Dzhibilov,  
Ph.D.(Eng.), head of the laboratory;

Lyudmila R. Gulueva,  
lead designer,  
e-mail: luda\_gulueva@mail.ru

Vladikavkaz Scientific Center, set. Mikhaylovskoe, Republic of North Ossetia – Alania, Russian Federation

**Abstract.** The authors presented the technology and mechanization means for the restoration of degraded mountain areas with slope steepness up to 15 degrees. (*Research purpose*) To determine the optimal distance between the springy racks of the chisel cultivator KCHG-2.4; to characterize the developed block-module of the multifunctional unit KCHG-2.4, which performed three operations after the slitting process: sowing grasses, applying mineral fertilizers and rolling the sown seeds and granular fertilizers into the soil; to determine the effectiveness of the developed agricultural practices that increased productivity and the environment-forming role of mountain phytocenoses. (*Materials and methods*). The tests were carried out in the mountainous zone of North Ossetia - Alania at an altitude of 1540 meters above sea level with slope steepness up to 15 degrees. The experimental area was

divided into three replicates. Each replicate was 2.4 meters wide, 10 meters long, dividing stripes 1 meter, side stripes 2.4 meters. The total test area, located across the slope, was 184.2 square meters. (*Results and discussion*) The springy *Väderstad* strut of the KCG-2.4 unit was used to slit the mountain slopes. For overseeding, a three-component grass mixture of *Phleum pratense L.*, *Dactylis glomerata L.* and *Trifolium pratense L.* was proposed at a seeding rate of 15 kilograms per hectare. When applying mineral fertilizers, the following composition was used (in the active ingredient): ammonium nitrate – 35 percent; superphosphate – 20; potash salt – 40 percent, in total 445 kilograms per hectare. An increase in dry aboveground mass of 3.02-4.19 tons per hectare and the accumulation of underground plant mass in the range of 1.84-12.62 tons per hectare were got, depending on the variant of the experiment. (*Conclusions*) The authors found out that, a higher yield was obtained with a distance between the slits of 1.5 meters for 3 years of observations. It was found that the use of the unit increased the collection of feed units from 0.81-1.68 to 4.06-4.98 thousand per hectare. Taking into account all costs, the cost of one feed unit was 8.76 rubles.

**Keywords:** slopes, soil degradation, restoration of degraded mountain areas, overseeding of grasses, fissuring, fertilization, cultivation of meadows and pastures.

**For citation:** Dzhobilov S.M., Gulueva L.R. Uovershenstvovannaya tekhnologiya uluchsheniya degradirovannykh sklonovykh uchastkov gornoj i predgornoj zon [Advanced technology for improving degraded slopes in mountainous and foothill zones]. *Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii*. 2021. Vol. 15. N1. 57-62 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-1-57-62.

**С**енокосы и пастбища играют основную роль в обеспечении животноводства дешевым высококачественным кормом при формировании устойчивого агроландшафта [1]. Для агропромышленного производства в горной зоне актуальна разработка систем лугопастбищного хозяйства с учетом поддержания и повышения плодородия почв, обеспечения устойчивости агроландшафтов и сохранения окружающей среды [2-3].

Существует немало низкокзатратных технологий поверхностного улучшения кормовых угодий [4]. Они включают улучшение водно-воздушного режима, обогащение травостоев путем подсева ценных видов трав, обеспечение сбалансированного питания растений. Кроме того, важно разработать приемы ускоренного восстановления деградированных кормовых угодий [5].

В пору весеннего таяния снегов на горных агроландшафтах из-за уплотнения поверхностного слоя почвы (при бессистемном использовании сенокосов и пастбищ) одним из важных агротехнических приемов остается сохранение влаги путем снижения стока талой воды [6-7].

Для решения этой проблемы применяют щелевание почвы поперек склонов. Этот агротехнический прием позволяет не только накопить влагу для развития фитоценоза, но и предотвратить возникновение водной и ветровой эрозии, обеспечив экологическую устойчивость горных экосистем.

Ранее проведенные исследования лаборатории горного луговодства Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства в горной зоне РСО – Алания с использованием щелереза ЩН-2-140 на склонах до 13° показали, что он поднимает дернину и рвет ее, что впоследствии приводило ускорению эрозионные процессы [8-9].

Для получения лучших результатов на средне- и сильноэродированных почвах на фоне щелевания подсевают травы и вносят удобрения [10].

В целях повышения приживаемости всходов и молодых растений, вырастающих из подсеянных семян, в технологический прием необходимо включить подкормку минеральными удобрениями [11-12].

**Цель исследования** – определить оптимальное расстояние между пружинистыми стойками щелерезов чизельного культиватора КЧГ-2,4; дать характеристику разрабатываемому блок-модулю многофункционального агрегата КЧГ-2,4, выполняющего после процесса щелевания три операции: подсев трав, внесение минеральных удобрений и прикапывание высеянных семян и гранулированных удобрений в почву; определить эффективность разработанных агроприемов, повышающих продуктивность и средообразующую роль горных фитоценозов.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Рассмотрим разработанный блок-модуль многофункционального агрегата КЧГ-2,4 (рис. 1) [13]. Пружинистая стойка *Väderstad* служит для щелевания горных лугов и пастбищ на склонах до 20°, имеющих каменистые включения или скальные выступы над поверхностью почвы. Она позволяет обходить каменистые выступы, встречающиеся на пути движения, и без повреждения возвращаться в рабочее состояние без подрыва кромок щели [14-15].

Конструкция агрегата позволяет регулировать расстояние между ножами от 1 до 2,4 м. Параметры используемого ножа: угол заточки лезвия 40°, толщина – 25 мм, ширина – 50 мм, угол резания – 120° по ходу движения. При использовании агрегата учитывали крутизну склона, степень эродированности почвы, состояние растительного покрова, глубину дернового слоя [16-17]. Чем круче склон, тем сильнее почвы подвержены эрозии и меньше проективное покрытие почвы растениями, и тем больше должно быть расстояние между щелями. Щелевание проводили осенью, в конце вегетационного периода, наблюдения – с весны последующего. Предложили разбросный способ подсева трав на горных лугах и пастбищах [18-19].

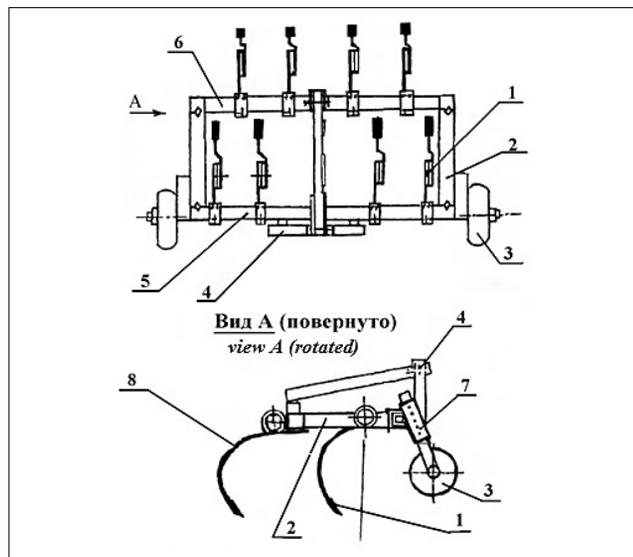


Рис. 1. Культиватор чизельный горный КЧГ-2,4: 1 – рабочий орган; 2 – балка поперечная; 3 – опорное колесо; 4 – автосцепка СА-2; 5 – передняя балка рамы; 6 – задняя балка рамы; 7 – телескопическое соединение регулировки глубины обработки; 8 – стойка рабочего органа

Fig. 1. Chisel mountain cultivator KCHG-2.4: 1 – working body; 2 – transverse beam; 3 – support wheel; 4 – automatic coupler CA-2; 5 – front frame beam; 6 – rear frame beam; 7 – telescopic connection for adjusting the working depth; 8 – stand of the working body

Предусмотрели также припосевное внесение гранулированных удобрений на поверхность подсеваемого участка. Впервые на базе горного культиватора КЧГ-2,4 создан блок-модуль опытного агрегата, выполняющий одним проходом три операции:

- внесение гранулированных удобрений на поверхность подсеваемого участка;
- подсев семян трав разбросным способом на склоновые луга и пастбищные участки;
- прикатывание высеванных семян и гранулированных удобрений в почву.

На блок-модуль опытного образца КЧГ-2,4 установили травяной и туковысевающий аппараты и пять пружинистых стоек для крепления прикатывающих кольчатых катков (рис. 2). Крепление прикатывающих кольчатых катков к пружинным стойкам обеспечивает прикатывание семян и туков в почву с обходом случайно встречающихся камней рабочими органами без их поломки [20].

Емкость бункеров определяли по максимальной норме внесения минеральных гранулированных удобрений и семян трав: соответственно, 200 кг/га и 40 кг/га из расчета непрерывной работы 1-1,5 ч. Установили, что объем бункера равен 0,18 м<sup>3</sup>. Расчет емкости бункера для семян аналогичен расчету емкости бункера для гранулированных удобрений. Коэффициент опорожнения емкости  $K_0$  вычисляли по формуле:

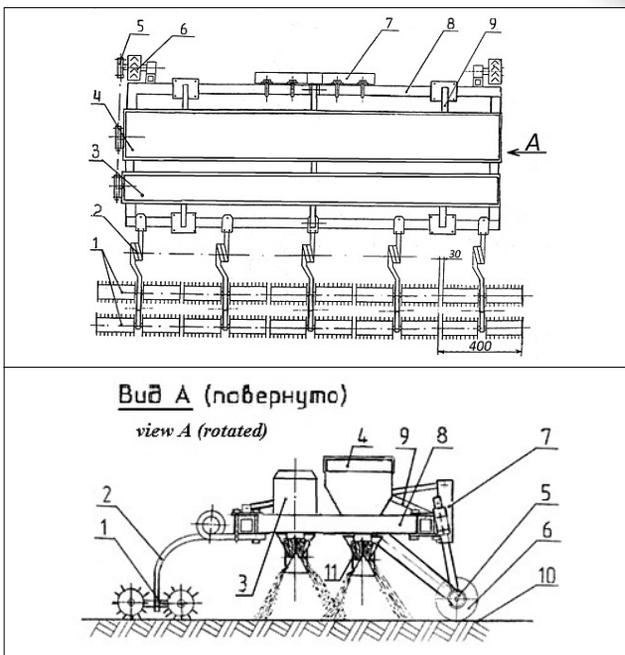


Рис. 2. Конструктивная схема опытного образца агрегата для подсева трав с одновременным внесением гранулированных минеральных удобрений на склоновые участки горных лугов и пастбищ: 1 – секция прикатывающих катков; 2 – стойка пружинистая; 3 – семявысевающий аппарат; 4 – туковысевающий аппарат; 5 – приводная звездочка; 6 – опорное колесо КЧГ-2,4; 7 – замок автосцепки; 8 – рама КЧГ-2,4; 9 – кронштейны крепления; 10 – почва; 11 – разбросная трубка конусного типа

Fig. 2. Structural diagram of a prototype unit for overseeding grasses with simultaneous application of granular mineral fertilizers to slope areas of mountain meadows and pastures:

- 1 – section of the packer truck; 2 – springy rack; 3 – seeding machine; 4 – fertilizer dispenser; 5 – drive sprocket; 6 – support wheel KCHG-2.4; 7 – automatic coupler lock; 8 – KCHG-2.4 frame; 9 – mounting brackets; 10 – soil; 11 – cone type spreading tube

$$K_0 = \frac{M_1}{M_2},$$

где  $M_1$  – масса удобрения или семян, оставшаяся в емкости после разгрузки, кг;

$M_2$  – масса удобрения или семян, находящаяся в емкости до разгрузки, кг.

Моментом окончания опорожнения емкости считается прекращение устойчивого высыпания удобрения. Повторность опыта трехкратная.

Фактическую дозу внесения удобрений или семян  $Q_\phi$  определяли путем взвешивания рабочей емкости с удобрением или семенами до и после внесения его на определенную площадь. Погрешность взвешивания не превышает  $\pm 2\%$ . Повторность опыта 3-кратная. Фактическую дозу внесения удобрений определяли по формуле:

$$Q_\phi = \frac{Q_n - Q_k}{BL},$$

где  $Q_n$  – масса рабочей емкости с удобрением до начала опыта, кг;

$Q_k$  – масса рабочей емкости с удобрением после окончания опыта, кг;

$L$  – длина гона, м;

$B$  – ширина захвата, м.

Найдем фактическую норму высева:

$$Q^1 = \sum g_i \cdot 100,$$

где  $\sum g_i$  – сумма массы семян или гранулированных удобрений, высеянных всеми высевальными аппаратами за  $N$  оборотов колеса на соответствующей расчетной площади, кг.

Наиболее эффективно высев происходит в вертикальном положении высевных трубок. Поэтому они подвешены к высевальному аппарату шарнирно, с возможностью сохранять вертикальное положение при работе подсевающего агрегата на склонах до  $16^\circ$ .

Исследования проводили в горной зоне РСО – Ала́ния (Даргавская котловина, опорный пункт СКНИ-ИГПСХ) на высоте 1540 м над уровнем моря, юго-восточной экспозиции, с крутизной склона до  $15^\circ$ . Пастбищный участок сильно деградирован. Схема опыта:

- 1 – контроль без улучшения;
- 2 – щелевание через 1,5 м без улучшения;
- 3 – щелевание через 1 м + подсев +  $N_{60}P_{45}K_{20}$ ;
- 4 – щелевание через 1,5 м + подсев +  $N_{60}P_{45}K_{20}$ ;
- 5 – щелевание через 2,4 м + подсев +  $N_{60}P_{45}K_{20}$ .

Опытный участок разделен на три повторности.

Ширина каждой повторности – 2,4 м, длина – 10 м, разделительные полосы – 1 м, боковые полосы – 2,4 м. Общая площадь опытного участка, расположенного поперек склона, –  $184,2 \text{ м}^2$ .

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Впервые для работ на склоновых участках с уклоном до  $16^\circ$  на базе горного культиватора КЧГ-2,4 создан блок-модуль опытного агрегата, выполняющий за один проход три операции:

- внесение гранулированных удобрений на поверхность подсеваемого участка;
- подсев семян трав разбросным способом на склоновые луга и пастбищные участки;
- прикатывание высеянных семян и гранулированных удобрений в почву на фоне после щелевания почвы (рис. 3).

В травостое деградированного луга содержалось большое количество корневищного разнотравья вегетативного размножения: тысячелистник (*Achillea millefolium L.*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale Wigg.*), кульбаба осенняя (*Leontodon autumnalis L.*), манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris L.*), и злаковых: пырей ползучий (*Elytrigiarrepens L.*), овсяница красная (*Festucarubra L.*), полевица тонкая (*Agrostis tenuis Sibth.*), а также со стелющимися побегами – клевер белый (*Trifolium repens L.*).

Щелевание обеспечило лучшее развитие этих растений по сравнению с рыхлокустовыми видами трав

с невысокой продуктивностью и качеством. В связи с этим для подсева предложили трехкомпонентную травосмесь из рыхлокустовых злаков с нормами высева: тимopheвка луговая (*Phleum pratense L.*) – 4 кг/га; ежа сборная (*Dactylis glomerata L.*) – 5 кг/га; клевер красный (*Trifolium pratense L.*) – 6 кг/га. Итого – 15 кг/га.

При внесении полного минерального удобрения исходили из минимальных доз, рекомендованных ранее проведенными исследованиями –  $N_{60}P_{45}K_{20}$  [8]. В состав минеральных удобрений входили (в действующем веществе):

- аммиачная селитра – 35%;
- суперфосфат – 20%;
- калийная соль – 40%.

Итого, соответственно:  $171 + 225 + 50 = 445 \text{ кг/га}$ .



Рис. 3. Опытный образец блок-модуля многофункционального агрегата

Fig 3. A prototype of a multifunctional unit block-module

Подсев трав и внесение минеральных удобрений проводили ранней весной, при наступлении устойчивых положительных температур в начале вегетативного периода последующего года после щелевания.

За 3 года наблюдений более высокий урожай был при расстоянии между щелями 1,5 м: в первый год наблюдений прибавка составила 0,89 т/га сухой массы, а на третий год – 1,25 т/га. Сравнили этот показатель с результатами в других вариантах: со щелями через 1 м – 0,52-0,67 т/га, 2,4 м – 0,43-0,51 т/га (42% покрытия почвы). К концу первого года вегетации более высокий урожай наблюдался в варианте 4, при щелевании через 1,5 м с подсевом и внесением удобрения, составив 4,76 т/га, что выше вариантов 3 и 5 на 15,2-19,9%.

Представленный агроприем с применением малогабаритного чизельного культиватора обеспечил изменение структуры хозяйственно-ботанических групп фитоценоза, в которых значительно увеличилась доля злакового и бобового травостоя, а также аборигенных среднерослых злаков: костра пестрого (*Bromusvariegatus L.*), лисохвоста лугового (*Alopecuruspratensis L.*) и люцерны хмелевидной (*Medicagolupulina L.*). Сформировался плотный травостой.

Так, содержание злаковых выросло с 27,4% в контроле и 33,2 во втором варианте до 42,7% в четвертом



варианте, а бобового компонента – с 1,3-2,3 до 11,2%.

Данные факторы положительно отразились на формировании урожая: прибавка сухой надземной массы составила 3,02-4,19 т/га сухой массы, накопление подземной массы – 1,84-12,62 т/га в зависимости от варианта опыта. Сформирована плотная дернина, обеспечивающая устойчивость почвенного покрова к деградации.

**Выводы.** Установили, что к концу первого года вегетации наиболее высокий урожай – 4,76 т/га – получен при щелевании через 1,5 м с подсевом и внесением удобрений. В этом варианте достигнут и самый высокий показатель в целом за 3 года наблюдений: в первый год наблюдений прибавка составила 0,89 т/га сухой массы, а на третий год – 1,25 т/га. Щелевание обеспечило лучшее развитие растений.

Определили, что содержание злаковых возросло с 27,4 до 42,7%, а бобового компонента – с 1,3-2,3 до 11,2%. Прибавка урожая надземной массы увеличи-

лась до 3,02-4,19 т/га сухой массы, накопление подземной массы – с 1,84 т/га до 4,00; 11,36; 12,62 и 10,28 т/га в зависимости от варианта опыта. Питательная ценность урожая с 1 га возросла с 0,81-1,68 тыс. до 4,06-4,98 тыс. корм. ед. С учетом всех затрат стоимость 1 корм. ед. равна 8,76 руб. Условно чистый доход проведенных исследований в вариантах «Подсев + внесение удобрений» по сравнению вариантом «Контроль без улучшения» (при себестоимости урожая 7,12 тыс. руб/га) составил 7,59-39,67 тыс. руб/га в зависимости от варианта опыта.

Использование агрегата горной модификации КЧГ-2,4, выполняющего щелевание, подсев трав и внесение удобрений, способствует восстановлению деградированных горных кормовых угодий, повышению продуктивности, формированию планируемой структуры фитоценоза, сохранению экологической стабильности горных агроландшафтов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шамсутдинов З.Ш., Зотов А.А. Формирование полукустарничково-травянистых пастбищных агрофитоценозов на сильно сбитых природных кормовых угодьях в полупустынной зоне российского Прикаспия // *Кормопроизводство*. 2015. N1. С. 10-16.
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. Vol. 269. 257-269.
3. Кутузова А.А., Трофимова Л.С., Георгиади Н.И. Методика оценки потоков энергии в луговых агроэкосистемах. М.: Угрешская типография. 2015. 32 с.
4. Мамиев Д.М. Перспективы развития биологического земледелия в РСО-Алания // *Научная жизнь*. 2019. Т. 14. N9(97). С. 1396-1402.
5. Джибилов С.М., Гулуева Л.Р. Способ восстановления горных кормовых угодий // *Аграрный вестник Урала*. 2018. N7(174). С. 3.
6. Тебердиев Д.М., Родионова А.В., Запывалов С.А. Изменение продуктивности и показателей почвенного плодородия при применении приемов улучшения сенокоса // *Аграрная Россия*. 2020. N7. С. 27-31.
7. Кутузова А.А., Тебердиев Д.М., Родионова А.В., Жезмер Н.В., Проворная Е.Е., Запывалов С.А. Экономическая эффективность усовершенствованных технологий создания и использования сеяных сенокосов // *Кормопроизводство*. 2020. N3. С. 3-8.
8. 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.
9. Савченко И.В. Ресурсосберегающее экологически чистое растениеводство для получения продукции высокого качества // *Вестник Российской академии наук*. 2019. Т. 89. N5. С. 527-531.
10. Гребенников В.Г., Шипилов И.А., Хонина О.В. Фото-синтетическая деятельность и агроэнергетическая эффективность выращивания многолетних трав при разных режимах использования травостоя // *Аграрный вестник Урала*. 2020. N7(198). С. 2-11.
11. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Экология азотфиксации. Саратов: Амрит. 2019. 252 с.
12. Кул Е.В., Апазhev А.К., Кудзаев А.В., Борисова Н.А. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards. *Indian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 44. N2. 239-243.
13. Кудзаев А.Б., Коробейник И.А., Уртаев Т.А., Цгоев Д.В. Пропашной культиватор для каменистых почв // *Сельский механизатор*. 2020. N4. С. 10-11.
14. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E., Korobeynik I.A., Tsgoev 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.
15. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E., Korobeynik I.A., Tsgoev D.V. Study of elastic composite rods for creating fuses of tilthers. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8. N11. 658-666.
16. Кудзаев А.Б., Уртаев Т.А. Адаптивный энергосберегающий культиватор для обработки каменистых почв // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2015. Т. 9. N2. С. 28-32.
17. 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.
18. Kudzaev A.B., Tsgoev D.V., Korobeynik I.A., Urtaev T.A., Tsgoev A.E., Kalagova R.V. Some plough section parameters to subdue rough land. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2018. Vol. 9. N10. 1421-1429.
19. Gasiev V., Khokhlova N., Mamiev D. Biological features of formation of perennial binary grass crops. *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17. N5. 1891-1897.

20. Кудзаев А.Б., Цгоев Д.В. Динамика процесса обхода препятствия секцией плуга с пневматическим предохранителем // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2017. Т. 54. №3. С. 136-144.

телем // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2017. Т. 54. №3. С. 136-144.

### REFERENCES

1. Shamsutdinov Z.Sh., Zotov A.A. Formirovanie polukustarnichkovo-travyanistykh pastbishchnykh agrofytotsenozov na sil'no sbitykh prirodnykh kormovykh ugod'yakh v polupustynnoy zone rossiyskogo Prikaspiya [Formation of semi-shrub-herbaceous pasture agrophytocenoses on heavily knocked down natural forage lands in the semi-desert zone of the Russian Caspian region]. *Kormoproizvodstvo*. 2015. N11. 10-16 (In Russian).
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. Vol. 269. 257-269 (In English).
3. Kutuzova A.A. et al. Metodika otsenki potokov energii v lugovykh agroekosistemakh [Methodology for assessing energy flows in meadow agroecosystems]. 3-e izd. pererab. i dop. Moscow: Ugreshskaya tipografiya, 2015. 32 (In Russian).
4. Mamiev D.M. Perspektivy razvitiya biologicheskogo zemledeliya v RSO-Alaniya [Prospects for the development of biological farming in North Ossetia-Alania]. *Nauchnaya zhizn'*. 2019. Vol. 14. №9 (97). 1396-1402 (In Russian).
5. Dzhibilov S.M., Gulueva L.R. Sposob vosstanovleniya gornykh kormovykh ugodiy [Method for restoring mountain forage lands]. *Agrarnyy Vestnik Urala*. 2018. N7(174). 3 (In Russian).
6. Teberdiev D.M., Rodionova A.V., Zapivalov S.A. Izmenenie produktivnosti i pokazateley pochvennogo plodorodiya pri primeneni priemov uluchsheniya senokosa [Changes in productivity and indicators of soil fertility when applying methods for improving haymaking]. *Agrarnaya Rossiya*. 2020. N7. 27-31 (In Russian).
7. Kutuzova A.A., Teberdiev D.M., Rodionova A.V., Zhezmer N.V., Provornaya E.E., Zapivalov S.A. Ekonomicheskaya effektivnost' usovershenstvovannykh tekhnologiy sozdaniya i ispol'zovaniya seyanykh senokosov [Economic efficiency of improved technologies for the creation and use of seeded hayfields]. *Kormoproizvodstvo*. 2020. N3. 3-8 (In Russian).
8. Soldatova I.E., Soldatov E.D. Sozdanie vysokoproduktivnykh senokosov i pastbishch v gornoy zone Severnogo Kavkaza [Creation of highly productive hayfields and pastures in the mountainous zone of the North Caucasus]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. Vol. 54. №3. 9-14 (In Russian).
9. Savchenko I.V. Resursosberegayushchee ekologicheski chistoe rasteniyevodstvo dlya polucheniya produktsii vysokogo kachestva [Resource-saving organic crop production for high quality products]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*. 2019. Vol. 89. №5. 527-531 (In Russian).
10. Grebennikov V.G., Shipilov I.A., Khonina O.V. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' i agroenergeticheskaya effektivnost' vyrash-

- chivaniya mnogoletnikh trav pri raznykh rezhimakh ispol'zovaniya travostoya [Photosynthetic activity and agroenergetic efficiency of growing perennial grasses under different modes of using herbage]. *Agrarnyy Vestnik Urala*. 2020. N7(198). 2-11 (In Russian).
11. Zavalin A.A., Sokolov O.A., Shmyreva N.Ya. Ekologiya azotfiksatsii [Ecology of nitrogen fixation]. Saratov: OOO «Amrit». 2019. 252 (In Russian).
12. 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. №2. 239-243 (In English).
13. Kudzaev A.B., Korobeynik I.A., Urtaev T.A., Tsgoev D.V. Propashnoy kul'tivator dlya kamenistykh pochv [Row cultivator for stony soils]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2020. N4. 10-11 (In Russian).
14. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E., Korobeynik I.A., Tsgoev 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. №11. 714-720 (In English).
15. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E., Korobeynik I.A., Tsgoev D.V. Study of elastic composite rods for creating fuses of tilters. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8. №11. 658-666 (In English).
16. Kudzaev A.B., Urtaev T.A. Adaptivnyy energosberegayushchiy kul'tivator dlya obrabotki kamenistykh pochv [The adaptive, energy-efficient cultivator for stony soil]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2015. №2. 28-32 (In Russian).
17. Dzhibilov S.M., Gulueva L.R. Mekhanizirovannyy sposob udaleniya i utilizatsii kamney na gornykh sklonakh [Mechanized way of removing and disposing of stones on mountain slopes]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. №2. 23-28 (In Russian).
18. Kudzaev A.B., Tsgoev D.V., Korobeynik I.A., Urtaev T.A., Tsgoev A.E., Kalagova R.V. Some plough section parameters to subdue rough land. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2018. Vol. 9. №10. 1421-1429 (In English).
19. Gasiev V., Khokhova N., Mamiev D. Biological features of formation of perennial binary grass crops. *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17. №5. 1891-1897 (In English).
20. Kudzaev A.B., Tsgoev D.V. Dinamika protsessov obkhoda prepyatstviya seksiyey pluga s pnevmaticheskimi predokhranitelem [Dynamics of the process of avoiding an obstacle with a plow section with a pneumatic safety device]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. Vol. 54. №3. 136-144 (In Russian).

**Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.**

**Статья поступила в редакцию 07.02.2020  
The paper was submitted  
to the Editorial Office on 07.02.2020**

**Статья принята к публикации 10.02.2021  
The paper was accepted  
for publication on 10.02.2021**