



Инфраструктура цифрового пастбищного животноводства в аридных зонах

Сергей Содномович Доржиев,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
e-mail: Dss.61@mail.ru;

Елена Геннадьевна Базарова,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
e-mail: Bazelgen08@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Современная экономическая и экологическая обстановка в мире, опустынивание, деградация земель, изменения климата и экосистем приводят к необходимости принятия мер в области устойчивого землепользования. Несмотря на ряд преимуществ пастбищного животноводства, при свободном выпасе возникают трудоемкие задачи поиска, слежения, контроля за состоянием поголовья, риск потери скота в условиях дикой природы, а также учет давления на пастбища. (*Цель исследования*) Разработка инфраструктуры цифрового пастбища в виде универсальной и целостной системы с автономным энерго- и водоснабжением для автоматизации вспомогательных процессов. (*Материалы и методы*) Изучены методы по повышению эффективности пастбищ. Выявлено, что существующие технологии направлены на решение одной задачи, например водообеспечения, ротации пастбищных угодий, мониторинга и т.п., однако нет единой методики, которая охватывает всю систему пастбищной инфраструктуры с учетом взаимодействия ее элементов. (*Результаты и обсуждение*) Предложена концепция цифрового пастбища на основе источников возобновляемой энергетики. Разработана схема инфраструктуры пастбищного и отгонного животноводства. Сформированы отдельные блоки инфраструктуры: связь, мониторинг, водоснабжение, электрификация, транспорт, головной диспетчерский пункт, блок подкормки. Сконструированы и запатентованы индивидуальные попоны с датчиками состояния животного, пост мониторинга, ветроэнергетическая станция, экстрактор воды из воздуха. На практике опробован в Астраханской области пост мониторинга, включающий учет, контроль, мониторинг и блок связи на базе возобновляемой энергии. Испытаны в Ярославской области индивидуальные попоны с датчиками мониторинга состояния животного на опытном поголовье телят. Проведены испытания в натуральных условиях экстрактора атмосферной влаги. В южных регионах и Московской области проводятся испытания многоагрегатного ветроэнергетического комплекса, предназначенного для регионов с низким ветровым потенциалом. (*Выводы*) Модульность предлагаемой системы позволяет применить различные наборы технологий и функций блоков в зависимости от специфики производства. Необходимость создания и внедрения цифровой интеллектуальной системы для инфраструктуры пастбищного и отгонного животноводства, функционирующей на основе цифровых, природосберегающих и природоподобных технологий, в настоящее время актуальна и нова.

Ключевые слова: пастбищное животноводство, социальная инфраструктура, возобновляемая энергетика, природосберегающие и природоподобные технологии, климат, почвы, окультуривание.

■ **Для цитирования:** Доржиев С.С., Базарова Е.Г. Инфраструктура цифрового пастбищного животноводства в аридных зонах // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2025. Т. 19. №2. С. 26-32. DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-2-26-32. EDN: UNCSXD.

Scientific article

Infrastructure for Digital Pasture-Based Livestock Production in Arid Zones

Sergei S. Dorzhiev,
Ph.D.(Eng.), leading researcher,
e-mail: Dss.61@mail.ru;

Elena G. Bazarova,
Ph.D.(Eng.), senior researcher,
e-mail: Bazelgen08@mail.ru

Federal Scientific Agroengineering Centre VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. The current global economic and environmental context, which is characterized by desertification, land degradation, climate change, and ecosystem disruption, necessitates urgent action in sustainable land use. While pasture-based livestock farming offers numerous advantages, free-range grazing presents several labor-intensive challenges, such as locating and tracking animals, monitoring livestock health, mitigating the risk of loss in wild environments, and regulating grazing pressure on pastures.

(*Research purpose*) To develop a digital pasture infrastructure as a universal, integrated system with autonomous energy and water supply, aimed at automating auxiliary processes in pasture-based livestock farming. (*Materials and methods*) Various approaches to improving pasture efficiency were reviewed. The analysis revealed that existing technologies typically address isolated aspects, such as water supply, pasture rotation, or livestock monitoring. However, they lack a comprehensive system that integrates the entire pasture infrastructure and the interactions among its components. (*Results and discussion*) A digital pasture concept based on renewable energy sources is proposed. An integrated infrastructure model for pasture-based and transhumant livestock farming was developed. The system consists of distinct infrastructure modules, including communication, monitoring, water supply, electrification, transportation, a central dispatch unit, and a supplemental feeding unit. Several components were developed and patented, including individual livestock blankets equipped with condition sensors, a monitoring station, a wind power unit, and an atmospheric water extractor. The monitoring station, capable of data collection, control, monitoring, and communication using renewable energy, was field-tested in the Astrakhan Region. The sensor-equipped livestock blankets were tested on a pilot group of calves in the Yaroslavl Region. Field trials of the atmospheric moisture extractor were also conducted. Additional trials are underway in southern regions and the Moscow Region to evaluate the performance of a multi-unit wind energy complex designed for areas with low wind potential. (*Conclusions*) The modular architecture of the proposed system enables flexible integration of various technologies and functional units, adaptable to the specific needs of local production conditions. The development and implementation of a digital, intelligent infrastructure for pasture-based and transhumant livestock farming, based on resource-efficient, nature-based, and digital technologies, offers a timely and innovative solution.

Keywords: pasture-based livestock farming, social infrastructure, renewable energy, resource-efficient and nature-based technologies, climate, soil, land reclamation.

■ **For citation:** Dorzhiev S.S., Bazarova E.G. Infrastructure for digital pasture-based livestock production in arid zones. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2025. Vol. 19. N2. 26-32 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-2-26-32. EDN: UNCSXD.

Замена пастбищной технологии сезонного использования полевых угодий на стационарный подход со стойловым содержанием сельскохозяйственных животных, увеличение масштабов земледелия, регулярного орошения, перегрузка пастбищ во многих странах привели к потере устойчивой среды обитания.

В результате нерационального землепользования пастбищные угодья деградировали, значительно потеряв свою биологическую и экономическую продуктивность. В мировом масштабе 70% засушливых земель, а это около 3,6 млрд га, подвержены процессам деградации. Глобальной стала проблема возникновения антропогенных пустынь [1]. В этих условиях отгонное животноводство можно использовать с наибольшим эффектом только при наличии достаточного количества кормов, воды, организации социально-бытовых условий для работников пастбища.

В последнее время уделяется внимание созданию и развитию цифровых систем в сельском хозяйстве [2], в частности, в животноводстве [3, 4]. Стала очевидной необходимость создания и внедрения интеллектуальной системы развития и улучшения инфраструктуры пастбищного и отгонного животноводства, функционирующей на основе цифровых, природосберегающих и природоподобных технологий [5, 6].

В современном аграрном производстве на первый план выдвигается необходимость организации цифровой инфраструктуры, соответствующей ре-

алиям времени. Однако единый подход к формированию и оснащению такой инфраструктуры отсутствует. Не определен порядок и методические принципы проведения технических экспертиз по выбору и оценке технических средств, предлагаемых для оснащения инфраструктуры.

Разработка типовой автономной энергетической площадки для инфраструктуры пастбищного и отгонного животноводства, создание систем микроклимата животных, автоматизированного водоснабжения, мобильных электротранспортных средств позволят обеспечить рентабельность при сохранении и улучшении качества земель. Как известно, при пастбищном животноводстве затраты на производство продукции на 40-50% меньше, чем при стойловом содержании поголовья [7, 8]. При этом капитальные вложения на обводнение и освоение пастбищ окупаются в два раза быстрее, чем в других отраслях сельского хозяйства.

Цель исследования. Разработать концепцию цифрового пастбища в рамках интеграции традиционного пастбищного и отгонного животноводства с современными технологиями для обеспечения производственной и социальной инфраструктуры на базе возобновляемых источников энергии.

Материалы и методы. К наиболее важным факторам, влияющим на эффективность пастбищного животноводства, относится давление, оказываемое животными на пастбищные угодья. Вопросы разработки стратегии измерения параметров пастбища для точного управления продуктивностью с це-

люю избежать чрезмерной нагрузки на пастбище и животных, а также ротации пастбищных угодий изучались в различных трудах [9, 10]. Так, рекомендуется порядок землеустройства, когда проектирование и ведение пастбищеоборота обеспечивает регулируемый выпас скота по сезонам года; для более четкого контроля выпаса скота каждый сезонный участок делится на загоны очередного стравливания.

Кроме этого, в хозяйствах должно быть организовано рациональное территориальное расположение пастбищ и пашен с учетом животноводческих ферм, населенных пунктов и использования всех земельных площадей [11, 12].

Изучались отдельные вопросы обеспечения водой пастбищных участков и анализ эффективности установок для их водоснабжения в работах (Цопанов Н.Е., Гриднев Н.И., Заруцкий В.М. и др. Эффективность применения технических средств электромеханизированного водоснабжения пастбищного животноводства; матер. 8-й Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы развития АПК в современных условиях», 2019. Владикавказ) [13]. Отмечалось, что повышение экономической и экологической эффективности может быть достигнуто за счет возобновляемых источников энергии [14, 15].

Для эффективного использования земельного фонда многие страны осваивают пустыни и полупустыни для ведения сельскохозяйственной деятельности с помощью мелиорации. Например, в Сельскохозяйственном институте Шихези по засушливым районам в Центральной Азии (Синьцзян-Уйгурский автономный район, КНР) провели исследования по выращиванию соевой культуры на песке, привезенном из Джунгарской равнины (полупустыня), с применением капельного орошения и мульчирования [16].

Таким образом, круг проблем, возникающих в ходе хозяйственной деятельности на пастбище, довольно широкий. Но среди существующих трудов не представлены вопросы интеграции этих модулей друг с другом и целостного системного взаимодействия.

Результаты и обсуждение. Задача цифровизации инфраструктуры пастбищного и отгонного животноводства состоит главным образом в отделении основного базового производства, т.е. выпуска требуемого продукта (например, мяса и молока), от вспомогательных технологических процессов, которые могут быть автоматизированы на базе современных цифровых технологий [17, 18].

Для обеспечения производственной и социальной инфраструктуры пастбищного и отгонного животноводства авторами разработана схема (рис. 1) с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

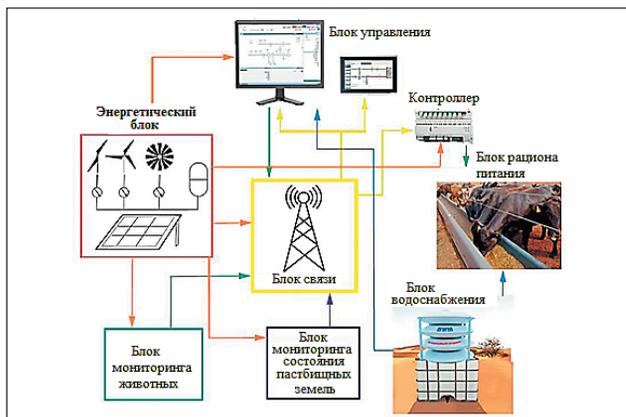


Рис. 1. Схема инфраструктуры пастбищного и отгонного животноводства, с использованием возобновляемых источников энергии

Fig. 1. Structural diagram of the infrastructure of pasture-based and transhumance livestock farming powered by renewable energy sources

Схема включает семь блоков:

- энергетический блок;
- блок водоснабжения и планирования водопойных пунктов на базе ВИЭ;
- блок мониторинга стада, в том числе поголовья (количественный), состояния и местонахождения (индивидуальный) животного;
- блок мониторинга состояния и использования пастбищных земель;
- блок рациона питания, тесно связанный с блоками мониторинга животных и состояния земель. В зависимости от состояния животных, параметров окружающей среды, сезонности, кормовой базы этот блок выполняет функцию определения кормовой массы, объемов витаминизированной подкормки;
- блок управления со стационарным и мобильным диспетчерскими пунктами. В головной системе мониторинга в стационарном пункте происходят сбор, хранение и обработка данных, поступающих из других блоков с помощью блока связи;
- блок связи, обеспечивающий устойчивую связь для больших данных и технологий интернета с питанием от возобновляемых источников энергии.

Энергетический блок. Состоит из многоагрегатных ветроэнергетических установок с вихревым ускорителем с использованием энергии ветра и солнечной энергии для бесперебойного энергообеспечения блоков связи и мониторинга. Для энергообеспечения модулей связи, социально-бытовых помещений для работников, а также блоков мониторинга метеостанций разработана многоагрегатная ветровая электростанция с гидросистемой, смонтированная на научном ветрополигоне ФГБНУ ФНАЦ ВИМ для экспериментальной эксплуатации, установленная в 2019г. В г. Истра (Московская область) (рис. 2).



Рис. 2. Энергетический блок на ветрополигоне
Fig. 2. Energy unit at the wind testing site

Ветровая электростанция рассчитана на широкий диапазон скоростей ветра для стабильного энергоснабжения цифрового пастбища. Для этой цели на ветрополигоне разрабатывается опытная многоагрегатная ветровая установка с разными параметрами ветроприемных устройств (ВПУ), работающих на единую нагрузку.

Блок водоснабжения. В схеме инфраструктуры подразумевается наличие передвижных или стационарных водопойных пунктов. Энергоснабжение данных объектов от централизованной сети является неэффективным и нерентабельным.

В летний период расход воды на одну корову достигает 60-70 л, на одну голову молодняка крупного рогатого скота до одного года – 15-20 л, взрослую овцу – 5-6 л, взрослую лошадь – 50-60 л.

Проектирование водоисточников и водопойных пунктов предусматривает определение количества воды (для скота, производственных и бытовых нужд) на весь пастбищный период и в сутки. Мощность системы водоснабжения (водообеспечения) должна быть не менее указанных выше цифр, но и не более 15% для сохранения водных запасов. Также определяются тип и местоположение водных сооружений на пастбищах.

В засушливых аридных зонах стационарные водопойные пункты устроены с помощью экстракторов атмосферной влаги. Для системы водоснабжения и водообеспечения на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработан и изготовлен экспериментальный образец экстрактора без вращающихся деталей и узлов с использованием возобновляемых источников энергии для создания оазисов с искусственными водоемами или водоснабжения потребителей (рис. 3).

Блок мониторинга животных. Обеспечивает базовый ветеринарный надзор за состоянием животных автоматически на основании параметров животных, передаваемых датчиками на индивидуальных пополах или постах мониторинга, так и ветеринарным врачом, который может на основании статистических данных животных предпринимать



Рис. 3. Монтаж установки и внешний вид экспериментального экстрактора воды из атмосферного воздуха
Fig. 3. Installation and external view of the experimental atmospheric water extractor

превентивные меры для предотвращения заболевания.

С помощью попоны в реальном времени измеряются основные параметры и местонахождение каждого животного для автоматической диагностики стада и отдельных животных, а также передачи ветеринарному врачу и владельцу. Кроме этого, мониторинг животных может быть полезен с точки зрения предотвращения заболеваний, связанных с особенностями окружающей среды (дождь, низкая температура и др.) путем коррекций в блоке «Рацион».

Универсальное транспортное средство обеспечивает мобильное перемещение по территории пастбища, улучшение условий труда.

Современные технологии содержания животных предъявляют высокие требования к микроклимату в животноводческих помещениях. Отклонение параметров микроклимата от установленных пределов приводит к сокращению удоев молока на 10-20%, прироста живой массы – на 20-33%, увеличению отхода молодняка до 5-40%, расходу дополнительного количества кормов, снижению устойчивости к заболеваниям.

Для поддержания требуемого микроклимата на вентиляцию расходуется около 2 млрд кВт·ч электроэнергии в год, а на обогрев помещений дополнительно требуется 1,8 млрд кВт·ч, 0,6 млн м³ природного газа, 1,3 млн т жидкого и 1,7 млн т твердого топлива (Мишуров Н.П., Кузьмина Т.Н. Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях. М.: Росинформагротех, 2004. 93 с.).

В условиях пастбищ для решения некоторых проблем микроклимата содержания животных предложена индивидуальная комплексная система в виде попоны с микродатчиками температуры животного. При отклонении температуры от нормы это позволяет создавать оптимальный микроклимат и помогает уменьшить зависимость состояния животных от температуры окружающего воздуха и вести ветеринарный мониторинг в стаде (Способ

ранней диагностики заболевания сельскохозяйственных животных на основе одежды из умной ткани. Патент RU 2700089, 2012 г.).

Кроме этого, с помощью блока мониторинга животных можно отслеживать в течение дня прием корма и количество молока, фазы течки и лактации, затраты времени на поедание грубых и подножных кормов и т.д. Экспериментальные образцы индивидуальных попон были протестировали на ферме в Ярославской области (рис. 4).



Рис. 4. Тестирование индивидуальных попон в Ярославской области: а – попона с энергоснабжением от солнечной батареи; б – попона «ВИМ»

Fig. 4. Field testing of individual livestock blankets in the Yaroslavl Region: a – blanket with integrated solar panel; b – «VIM» individual blanket

Блок связи. Осуществляет связь между всеми блоками с мобильным и стационарным пунктами блока управления.

Блок мониторинга состояния и использования пастбищных земель. Предназначен для многоцелевой оценки пригодности пастбищных земель и моделирования потенциальной урожайности с помощью передачи данных с постов мониторинга, питаемых от энергетического блока. Для аридных зон данный блок включает также систему антигравитационных тепловых труб (АГТС) для регулирования температуры почвы и поддержания экологического каркаса с использованием холода/тепла нижних слоев грунта с целью обеспечения кормового потенциала пастбища на весь пастбищный период (Способ поддержания оптимальной температуры грунта в условиях пустынь и полупустынь для жизнеобеспечения растений и микроорганизмов, Патент RU 2726649, 2020 г.).

Блок управления. Представляет собой головной стационарный диспетчерский пункт в помещении с компьютером для сбора, хранения и обработки информации. Диспетчер при необходимости осуществляет вызов ветеринара, удаленно следит за целостностью и безопасностью стада. В распоряжении сотрудников диспетчерского пункта предусмотрено универсальное транспортное средство, а информация с датчиков в этом случае приходит на специальное приложение в сотовом телефоне.

Блок «Рацион». Для работы этого блока плани-

руется разработать программу-приложение «Определение кормовой массы» с базой растений, которые встречаются на пастбищах в разных районах с разными климатическими особенностями и могут использоваться в полноценном рационе животных.

Также на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработаны и запатентованы элементы инфраструктуры пастбищного и отгонного животноводства: универсальное транспортно-технологическое устройство «ВИМ» для сельскохозяйственных территорий (Патент RU 2717291, 2020 г.), блок мониторинга окружающей среды, экстракции воды из воздуха в аридных территориях (Способ и установка противопожарного водоснабжения для аридных регионов. Патент RU2686195. 2019 г.).

В инфраструктурную схему пастбищного и отгонного животноводства можно внедрять различные наборы технологий и функций блоков в зависимости от особенностей конкретной местности и специфики производства. Отдельные блоки могут быть использованы в других отраслях. Например, для МЧС и лесного хозяйства могут быть применены видеомониторинг на базе возобновляемых источников энергии, мобильный помощник для медицинского и почтового персонала в сельской местности и т.д.

Выводы. При пастбищном и отгонном животноводстве достаточно сложно обеспечить качественный надзор и мониторинг, а периодический отлов животных довольно энергоемкий и затратный по времени. Разработан широкий спектр электронных устройств и цифровых технологий для повышения эффективности пастбищного животноводства. Однако такие технологии разрознены, они не систематизированы, не предусматривают охват практических задач, которые необходимо решать при пастбищном и отгонном животноводстве.

Рационально рассматривать возобновляемые виды энергии в качестве источников автономного энергообеспечения.

Предложен состав инфраструктуры пастбищного и отгонного животноводства, включающий отдельные блоки. На практике благодаря модульности возможно внедрить различные наборы технологий и функций блоков в зависимости от местности и специфики производства.

Вопрос выбора системы и определение критериев может основываться на разных факторах. Их перечень довольно разнообразен, а значимость определяется особенностями различных климатических зон и кругом решаемых задач.

Разработка автономных энергетических платформ для интеллектуальных инфраструктурных систем пастбищного животноводства в удаленных районах, создание систем микроклимата животных, мобильного вездеходного электротранспорта и систем водо-

снабжения позволит снизить себестоимость на 40-50% в сравнении со стойловым содержанием животных. Кроме того, это агрономически выгодное производство для поддержания и улучшения качества земли, так как капитальные вложения в орошение и развитие пастбищ окупаются в 2 раза быстрее, чем в другие виды сельскохозяйственного производства.

Благодарность

Натурные исследования экстрактора воды из воздуха финансировались Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в соответствии с договором № 2588 ГС1/41347 от 20.06.2018 Старт-18-1 (1 очередь) (заявка С1-41524).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abdel Rahman M.A.E. An overview of land degradation, desertification and sustainable land management using GIS and remote sensing applications. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*. 2023. N34. 767–808. DOI: 10.1007/s12210-023-01155-3.
2. Лобачевский Я.П., Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Шогенов Ю.Х. Научно-технические достижения агроинженерных научных организаций в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства // *Техника и оборудование для села*. 2023. N3(309). С. 2-12. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-3-2-11.
3. Лобачевский Я.П., Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Шогенов Ю.Х. Научно-технические достижения агроинженерных научных организаций в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства // *Техника и оборудование для села*. 2023. N4(310). С. 2-5. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-4-2-5.
4. Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Аспекты цифровизации системы технологий и машин // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2019. N3(36). С. 40-45. EDN: RLCDHO.
5. Nassary E.K. Exploring the role of nature-based solutions and emerging technologies in advancing circular and sustainable agriculture: An opinionated review for environmental resilience. *Cleaner and Circular Bioeconomy*. Vol. 10.2025.100142. DOI: 10.1016/j.clcb.2025.100142.
6. Доржиев С.С., Базарова Е.Г., Розенблюм М.И. Биотехнологический комплекс для интеллектуального пастбищного животноводства в зоне пустынь и полупустынь с применением возобновляемых источников энергии // *Сельское хозяйство*. 2019. N1. С. 29-34. DOI: 10.7256/2453-8809.2019.1.30330.
7. Paul L. Greenwood. Review: An overview of beef production from pasture and feedlot globally, as demand for beef and the need for sustainable practices increase. *Animal*. Vol. 15. Suppl. 1. 2021. 100295. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100295.
8. Rivero M.J., Lee M.R.F. A perspective on animal welfare of grazing ruminants and its relationship with sustainability. *Animal Production Science*. 2022. N 62. 1739-1748. DOI: 10.1071/AN21516.
9. Hoffmeister D., Curdt C., Lussem U. et al. Feasibility of UAV based low-cost monitoring in a horse grazed grassland. *Sustainable Meat and Milk Production from Grasslands*. 2018. N23. 857-859.
10. Нарбаев Ш. Научно-методические вопросы землеустройства объединений пастбищепользователей // *Ирригация и мелиорация*. 2017. N3(9). С. 66-68. EDN: YPMZNR.
11. Vertès F., Delaby L., Klumpp K., Bloor J. C–N–P uncoupling in grazed grasslands and environmental implications of management intensification. *Agroecosystem Diversity*. 2019. 15-34. DOI: 10.1016/B978-0-12-811050-8.00002-9.
12. Постолов В.Д., Радцевич Г.А. Организация культурных пастбищ, как элемент устойчивых и сбалансированных агроландшафтов // *Модели и технологии природообустройства (региональный аспект)*. 2017. N2(5). С. 54-60. EDN: EBKJKN.
13. Wang X., Zhu Ju., Cao L., Wang Sh. The status of foreign advanced pasture water supply technology. *IOP Series*. 2020. 525. 012063. DOI: 10.1088/1755-1315/525/1/012063.
14. Alaboodi A., Elminshawy N. Implementing of desalination system utilizing solar and subsurface condensation of humid air in arid region. *Journal of Innovative Engineering*. 2014. N2(3). 6. DOI
15. Zhu Ju., Wang X., Liu Yu. Research of the people and livestock drinking water technology with wind and solar energy mutual-complementing power. *IOP Series*. 2020. 525. 012062. DOI: 10.1088/1755-1315/525/1/012062.
16. Miyauchi Y., Isoda A., Li Zh., Wang P. Soybean cultivation on desert sand using drip irrigation with mulch. *Plant Production Science*. 2012. N15:4. 310-316. DOI: 10.1626/pp.15.310.
17. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С. Цифровые технологии в почвообработке // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. N1(30)/ С. 191-197. EDN: ZAWQJF.
18. 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.

REFERENCES

1. Abdel Rahman M.A.E. An overview of land degradation, desertification and sustainable land management using GIS and remote sensing applications. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*. 2023. N34. 767–808 (In English). DOI: 10.1007/s12210-023-01155-3.
2. Lobachevskiy Ya.P., Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu.,

- Shogenov Yu.Kh. Scientific and technical achievements of agricultural engineering organizations in the context of digital transformation of agriculture. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2023. 3(309). N2-12 2-11 (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2023-3-2-11.
3. Lobachevskiy Ya.P., Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Shogenov Yu.Kh. Scientific and technical achievements of agricultural engineering organizations in the context of digital transformation of agriculture. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2023. N4(310). 2-5 (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2023-4-2-5.
 4. Lobachevskiy Ya.P., Beylis V.M., Tsench Yu.S. Aspects of digitalization of the system of technologies and machines. *Electrical Technologies and Electrical Equipment in the Agro-Industrial Complex*. 2019. N3(36). 40-45 (In Russian). EDN: RLCDDHO.
 5. Nassary E.K. Exploring the role of nature-based solutions and emerging technologies in advancing circular and sustainable agriculture: An opinionated review for environmental resilience. *Cleaner and Circular Bioeconomy*. Vol. 10. 2025. 100142 (In English). DOI: 10.1016/j.clcb.2025.100142.
 6. Dorzhiev S.S., Bazarova E.G., Rosenblum M.I. Biotechnological complex for intelligent pasture livestock farming in desert and semi-desert zones using renewable energy sources. *Agriculture*. 2019. N1. 29-34 (In Russian). DOI: 10.7256/2453-8809.2019.1.30330.
 7. Greenwood P.L. Review: An overview of beef production from pasture and feedlot globally, as demand for beef and the need for sustainable practices increase. *Animal*. 2021. Vol. 15. Suppl. 1. 100295 (In English). DOI: 10.1016/j.animal.2021.100295. (In English).
 8. Rivero M.J., Lee M.R.F. A perspective on animal welfare of grazing ruminants and its relationship with sustainability. *Animal Production Science*. 2022. N 62. 1739-1748 (In English). DOI: 10.1071/AN21516.
 9. Hoffmeister D., Curdt C., Lussem U. et al. Feasibility of UAV based low-cost monitoring in a horse grazed grassland. *Sustainable meat and milk production from grasslands*. 2018. 23. 857-859 (In English).
 10. Narbaev Sh. Scientific and methodological issues of land management of pasture user associations. *Irrigation and Melioration*. 2017. N3(9). 66-6 (In Russian). EDN: YPMZNR.
 11. Vertès F., Delaby L., Klumpp K., Bloor J. C–N–P Uncoupling in Grazed Grasslands and Environmental Implications of Management Intensification. *Agroecosystem Diversity*. 2019. 15-34 (In English). DOI: 10.1016/B978-0-12-811050-8.00002-9.
 12. Postolov V.D., Radcevich G. Organization of cultural pastures as element of the steady and balanced agrolandscapes. Models and Technologies. *Environmental Engineering (regional aspect)*. 2017. N2(5). 54-60 (In Russian). EDN: EBKJKH.
 13. Wang X., Zhu J., Cao L., Wang Sh. The status of foreign advanced pasture water supply technology. *IOP Series*. 2020. 525. 012063 (In English). DOI: 10.1088/1755-1315/525/1/012063.
 14. Alaboodi A., Elminshawy N. Implementing of desalination system utilizing solar and subsurface condensation of humid air in arid regions. *Journal of Innovative Engineering*. 2014. N2(3). 6 (In English). DOI
 15. Zhu J., Wang X., Liu Yu. Research of the people and livestock drinking water technology with wind and solar energy mutual-complementing power. *IOP Series*. 2020. 525. 012062 (In English). DOI: 10.1088/1755-1315/525/1/012062.
 16. Miyauchi Y., Isoda A., Li Zh., Wang P. Soybean cultivation on desert sand using drip irrigation with mulch. *Plant Production Science*. 2012. N15:4. 310-316 (In English). DOI: 10.1626/pp.15.310.
 17. Lobachevsky Ya.P., Starovoitov S.I., Akhalaya B.Kh., Tsench Yu.S. Digital technologies in tillage. *Innovations in Agriculture*. 2019. N1(30). 191-197 (In Russian). EDN: ZAWQJF.
 18. 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.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Доржиев С.С. – постановка цели и задач исследования, идея и разработка инфраструктуры цифрового пастбища; общее руководство исследованиями;

Базарова Е.Г. – обзор и анализ источников, участие в разработке инфраструктуры цифрового пастбища, доработка текста, формулирование выводов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Dorzhiev S.S. – formulation of the research objectives and tasks, conceptualisation and development of the digital pasture infrastructure, and overall supervision of the research;

Bazarova E.G. – literature review and analysis, contribution to the development of the digital pasture infrastructure, manuscript revision, and formulation of the study's conclusions.

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

01.04.2025

22.05.2025