

**ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ
УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ****Г.С. Клычова, А.Р. Закирова, А.Р. Юсупова, А.С. Клычова, Э.А. Галлямов**

Реферат. Сегодня общепризнанный факт – животноводческая отрасль оказывает негативное влияние на окружающую среду. С развитием промышленного производства животноводческой и птицеводческой продукции такое воздействие значительно усилилось. Риски загрязнения окружающей среды в животноводстве связаны с утилизацией навоза и помёта, а также с выбросами парниковых газов в процессе всего производственного цикла. Поэтому, одна из основных задач современного животноводства – снижение выбросов. Цель исследования заключена в разработке модели цифрового управления животноводством, направленной на совершенствование производственных процессов для снижения вредного воздействия деятельности экономического субъекта на окружающую среду. В рамках проведенного исследования предложена модель, которая представляет собой совокупность цифровых систем (система воспроизводства, система идентификации животных, система микроклимата, система кормления, система ветеринарии, система отходов, система контроля продукции), основанных на геоинформационных технологиях. Цифровые системы охватывают все технологические этапы разведения, ухода и откорма животных, выпуска продукции. Роботизированные системы кормления, доения, взвешивания, ухода за животными более точно и эффективно выполняют работу, что уменьшает потери кормов, снижает затраты на лечение животных, увеличивает их продуктивность и коэффициент осеменяемости. С точки зрения сокращения выбросов парниковых газов выгодно использование дронов для доставки кормов и других материалов, применяемых в животноводстве. Результатом внедрения цифровых технологий в процесс кормления животных служит экономия кормов и их эффективное потребление, и как следствие, снижение углеродного следа за счёт уменьшения энергозатрат.

Ключевые слова: цифровые технологии, углеродный след, цифровая система, животноводство.

Введение. В современных условиях значительную важность приобрели проблемы, связанные с экологией и изменением климата: глобальное потепление, выбросы углекислого газа, метана, истощение природных ресурсов, неправильная утилизация отходов [1, 2, 3]. Самая опасная угроза – загрязнение окружающей среды. Крупный бизнес по всему миру предпринимает попытки борьбы с последствиями интенсивного развития промышленности, транспорта и сельского хозяйства. В частности, некоторые компании озабочены объёмом выбросов парниковых газов. Это свидетельствует о том, что бизнес осознаёт необходимость принятия на себя ответственности за решение экологических проблем [4, 5, 6].

Главной целью компании ставят сокращение объёмов выбросов парниковых газов и достижение углеродной нейтральности. Углеродная нейтральность – термин, который означает, что компания сократила до нуля выбросы углекислого газа и его аналогов в процессе своей производственной деятельности или компенсировала эти выбросы за счет углеродно-отрицательных проектов [7, 8]. Для обозначения совокупности выброшенных в атмосферу парниковых газов (эквивалента углекислого газа) в производственной системе был предложен термин «углеродный след» [9].

Необходимо рассматривать отдельно углеродный след, возникающий от прямой деятельности компании (производства, оказания услуг) и тот, на который компания оказывает косвенное влияние (бумажный документооборот, поездки сотрудников на работу на личных автомобилях и др.). Снижения косвенного влияния можно достичь, например, стимули-

рованием сотрудников к использованию общественного транспорта, велосипедов, переходом на электронный документооборот.

Учёные и производители продукции разрабатывают конкретные шаги для достижения нулевого уровня выбросов парниковых газов или максимально возможного его уменьшения [10, 11]. Основным принципом, позволяющим уменьшить углеродный след, называют ответственное потребление, а именно экономию воды и электроэнергии, раздельный сбор бытовых и производственных отходов [12]. Одним из вариантов альтернативной энергетики считают переход на использование водорода в качестве основного источника аккумулирования, транспортировки, производства и потребления энергии. При сжигании такого топлива не происходит выброса парниковых газов, и оно пригодно для использования в самых разных сферах.

Переход к модели безвредного производства компании осуществляют путем применения цифровых систем. Существуют организации, предоставляющие услуги по цифровой трансформации с учётом требований экологии [13]. Клиентам дают разъяснения и рекомендации по внедрению и интеграции цифровых технологий, которые предотвращают загрязнение окружающей среды и определяют климатические риски. В агропромышленном комплексе ускоренными темпами модернизируют технологии с применением цифровых платформ, которые повышают уровень конкурентоспособности отрасли животноводства, обеспечивают высокую производительность при небольших затратах [14, 15, 16].

Цель исследований заключается в разра-

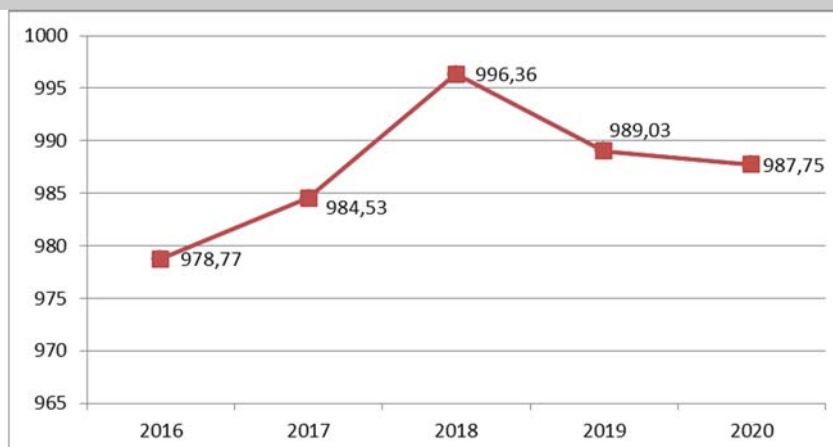


Рис. 1 – Поголовье крупного рогатого скота в мире с 2016 по 2020 г., млн голов [17].

ботке модели цифрового управления животноводством, направленной на совершенствование производственных процессов для снижения вредного воздействия деятельности экономического субъекта на окружающую среду.

Условия, материалы и методы. В рамках исследования использованы экономические методы группировок, систематизации, классификации, а также обобщения информации специальной научной литературы.

В ходе анализа было охарактеризовано состояние отрасли животноводства. При проведении исследований использовали информационные материалы российских и зарубежных изданий по результатам цифровизации сельского хозяйства. Проведены анализ и обобщение статистических показателей Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), Федеральной службы государственной статистики, European Statistical, United States Department of Agriculture, Statista Research Department.

Результаты и обсуждение. Животноводство – отрасль агропромышленного комплекса, которая обеспечивает государство необходимым сырьем для производства продуктов питания, лекарственных препаратов, кормов, одежды, удобрений. Мировое поголовье круп-

ного рогатого скота за последние 5 лет увеличилось с 978,77 млн голов (в 2016 г.) до 987,75 млн голов (в 2020 г.). При этом пик приходился на 2018 г., когда его численность составляла 996,36 млн голов (рис. 1).

На 2020 г. наибольшее поголовье крупного рогатого скота было отмечено в Индии (более 305 млн голов), за которой следовали Бразилия, Китай и Соединенные Штаты. Россия (более 18 млн голов) занимает по величине этого показателя восьмое место после стран ЕС, Аргентины, Австралии (рис. 2).

Стабильное, уверенное развитие сельского хозяйства в Российской Федерации, особенно отрасли растениеводства, служит основой для эффективного животноводства [18], которое включает молочное и мясное скотоводство, свиноводство, птицеводство, а также менее распространенные коневодство, звероводство, оленеводство, кролиководство и пчеловодство. Анализ динамики поголовья сельскохозяйственных животных в Российской Федерации с 2016 г. показал, что оно сокращается по большинству категорий животных (см. табл.). Так, поголовье крупного рогатого скота в период с 2016 по 2020 г. уменьшилось на 1,74 %; овец и коз – на 12,37 %. В то же время необходимо отметить рост численности свиней на

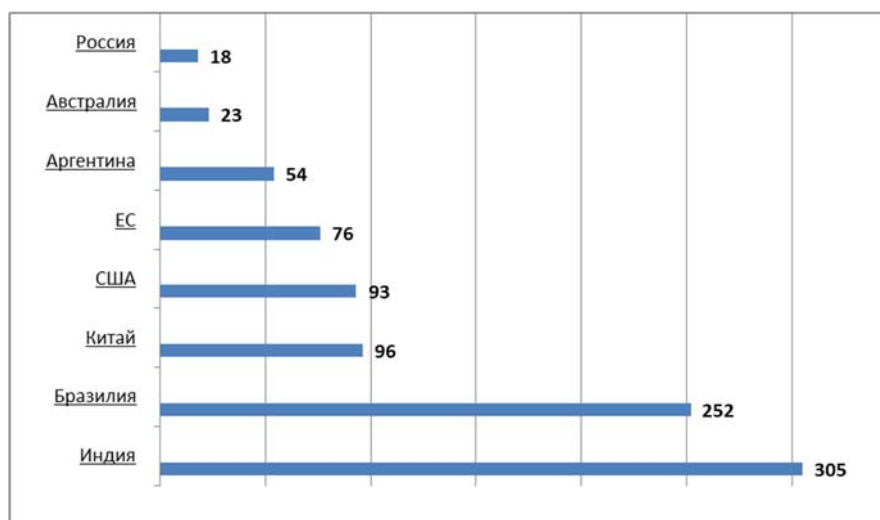


Рис. 2 – Поголовье крупного рогатого скота по странам в 2020 г., млн голов [17].

Таблица – поголовье сельскохозяйственных животных в Российской Федерации, тыс. голов [19]

Категория животных	Год				
	2016	2017	2018	2019	2020
Крупный рогатый скот	18346,1	18294,2	18151,4	18126,0	18027,2
Коровы	7966,0	7950,6	7942,3	7964,2	7898,3
Свины	21924,6	23075,5	23726,6	25163,2	25850,1
Овцы и козы	24716,9	24389,1	23129,3	22617,6	21659,9
Овцы	22662,4	22347,3	21136,4	20655,0	19785,4
Козы	2054,5	2041,8	1992,9	1962,6	1874,5
Лошади	1216,4	1238,6	1283,0	1310,9	1302,9
Птица	550169	555827	541447	544691	519779
Северные олени	1787,6	1838,7	1779,9	1734,4	1649,9
Кролики	3625,7	3744,7	3562,1	3587,6	3445,4
Пчелосемьи, тыс. штук	3317,0	3182,4	3093,9	2982,5	2889,7

17,9 % и лошадей – на 7,11 %. Снижение поголовья сельскохозяйственных животных можно связать с экономическими причинами: наличие кредитов, высокие затраты на энергию и горюче-смазочные материалы. Отчасти сложная финансовая ситуация обусловлена неблагоприятными природно-климатическими условиями, сложившимися в предыдущие годы.

В последние годы происходит постепенный перевод сельскохозяйственного производства на промышленную основу. Это позволяет увеличить объемы производимой продукции и ее качество, а также сохранить рабочие места и улучшить условия труда [20, 21].

Объем производства продукции сельского хозяйства в фактических ценах в Российской Федерации к 2020 г. вырос, по сравнению с 2016 г., на 27 % и достиг 6468,8 млрд руб. (рис. 3). По отрасли растениеводство величины этих показателей составили соответственно 33 % и 3612,7 млрд руб, животноводство – 18 % и 2856,1 млрд руб.

Следует отметить, что животноводство – одна из важнейших отраслей сельского хозяйства, которая служит основой продовольственной безопасности страны, обеспечивающей значительную долю потребляемой населением продукции [22]. Поэтому необходимо обеспечить условия для ускоренного развития животноводческой отрасли, решать проблемы, возникающие в процессе производства продукции в условиях неблагоприятного климата,

нестабильного финансового положения, нехватки оборудования и техники.

Повысить эффективность животноводства возможно путем освоения новых и совершенствования существующих цифровых решений для управления производством. Для этого разработана модель цифрового управления животноводством, которая представляет собой совокупность определенных цифровых систем, основанных на геоинформационных технологиях (рис. 4). Она предусматривает применение цифрового оборудования на всех технологических стадиях производственного процесса в животноводстве (разведение, уход и откорм, выпуск продукции).

В предложенной модели выделены следующие цифровые системы: система воспроизводства, система идентификации животных, система микроклимата, система кормления, система ветеринарии, система отходов, система контроля продукции. Каждая цифровая система выполняет определенные функции с помощью цифрового оборудования: роботов, датчиков, чипов, видеокамер, мониторов, дронов.

С точки зрения сокращения выбросов парниковых газов выгодным является использование дронов для доставки кормов, медицинских анализов и других материалов, применяемых в животноводстве. Экологичность доставки также зависит и от типа потребляемой энергии. Предпочтителен отказ от невозобновляемой энергии (ископаемых видов топлива: нефть, каменный уголь, природный газ, торф и дру-

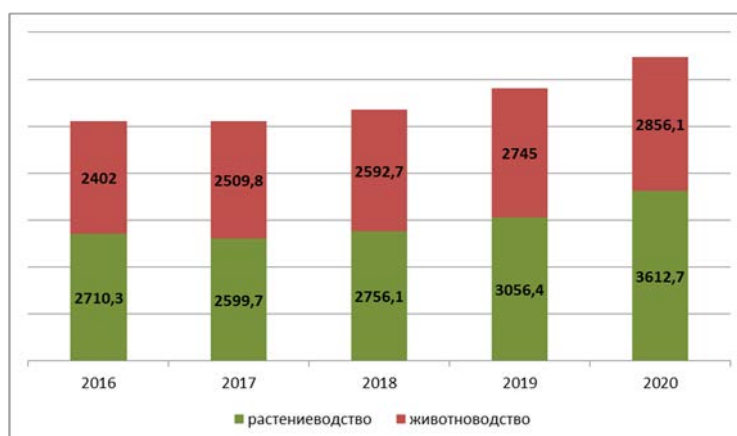


Рис. 3 – Продукция сельского хозяйства в Российской Федерации, млрд руб. [19]

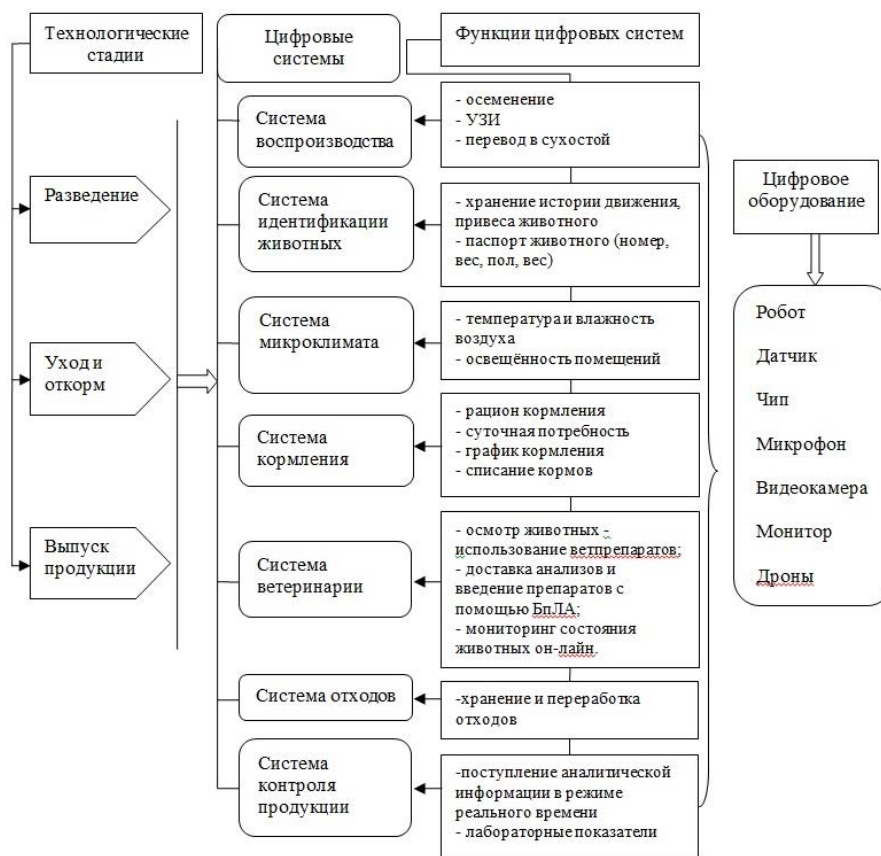


Рис. 4 – Цифровое управление процессами в животноводстве.

гие) и переход к возобновляемым источникам (гидроэнергетика, солнечная энергетика, геотермальная энергетика, ветроэнергетика, энергетика биомассы). Для работы оборудования в животноводческом комплексе возможно использование парового аккумулятора. Для транспорта, доставляющего продукцию, в качестве топлива можно использовать переработанные отходы жизнедеятельности коров (биогаз, биотопливо).

Роботизированные системы кормления, доения, взвешивания, ухода за животными более точно и эффективно выполняют работу, что уменьшает потери кормов, снижает затраты на лечение животных, увеличивает продуктивность и коэффициент осеменяемости.

Во многих хозяйствах процессы уже автоматизированы и используется оборудование, которое снабжено датчиками: системы поения, кормления; системы вентиляции; электронные весы; доильные установки; гидросмыв; ветеринарное сопровождение; система контроля продукции; утилизация отходов.

Результатом внедрения цифровых технологий в процесс кормления животных является экономия кормов и их эффективное потребление и как следствие, снижение углеродного следа за счёт уменьшения энергозатрат. Благодаря регистрации подходов к кормушке и жевательной активности происходит определение степени потребления корма.

Анализ мирового опыта цифровизации показывает значительный эффект от внедре-

ния цифровых технологий в животноводстве. Так, применение IoT решений в процессе кормления животных позволит:

эффективно использовать корма и снизить длительность производственного цикла и как следствие уменьшить затраты на 15%;

сократить затраты ручного труда, что приведет к уменьшению затрат на 10...20 % [23].

В ходе пищеварения в желудке коров вырабатывается метан. Во избежание взрыва в помещении должна быть налажена вентиляция. Контроль за уровнем метана осуществляется посредством датчиков, которые измеряют все параметры помещений: загазованность, температуру, влажность.

Датчики мониторинга состояния животных (видеомониторинг, инфракрасные датчики) информируют о месте расположения животных, дают представление об их двигательной активности, поведении стада и отдельных особей. Датчики измерения биологического состояния животных (биодатчики, датчики внутри организма животных) используют для ранней диагностики нарушения обмена веществ у дойных коров, определения момента отёла, общей оценки физиологического состояния животных и др. Своевременное выявление заболеваний на начальных стадиях и применение лекарств позволит уменьшить затраты на 10...20 % [23].

На доильных установках монтируют датчики контроля качества молока. С их помощью определяют температуру, кислотность,

жирность, плотность, проводимость и расход молока. На основании анализа молока в режиме реального времени возможно предотвращение кетозов, что влияет на репродуктивные качества коров.

На нужды сельского хозяйства расходуется около 70 % всей пресной воды [24]. Пресная вода может включать дождевые воды, собираемые и сохраняемые предприятием, поверхностные воды, подземные воды. Для недопущения ухудшения состояния поверхностных вод и верхнего слоя почвы необходима правильная утилизация навоза, навозной жижи и соломенной подстилки, например, в качестве органических удобрений (с соблюдением технологии внутрпочвенного внесения, а не разбрызгивания). Это, в свою очередь, оказывает положительное влияние на состояние окружающей экосистемы, и создаёт благоприятные условия для роста сельскохозяйственных культур [25].

На сегодняшний день из-за недостаточной утилизации навоза и помёта (менее 45 %) происходит значительное загрязнение окружающей среды. В этой связи особо актуальными становятся технологии, дополняющие биогазовые установки анаэробного сбраживания органических отходов. Например, технология WiseSoil – это устройство подготовки биомассы обрабатывает сырьё, подаваемое в биогазовую установку. После обработки выход биогаза увеличивается до 100 %, скорость переработки возрастает в 2 раза [26].

Выводы. Таким образом, в процессе проведённого исследования предложена модель цифрового управления животноводством, которая представляет собой совокупность цифровых систем (воспроизводства стада, идентификации животных, микроклимата помещений, кормления, ветеринарии, утилизации отходов, контроля качества продукции). Эта модель направлена на решение задач оперативного учёта и управления производством на молочно-товарных фермах и даёт возможность:

- внедрять ориентированные на животных системы содержания, кормления, воспроизводства и доения;
- проводить диагностику и лечение животных в дистанционном формате;
- предупреждать распространение эпидемий;
- управлять производственными процессами в онлайн-режиме;
- облегчить повседневную работу в животноводческих комплексах;
- контролировать происхождение и качество продукции.

Каждая цифровая система выполняет определённые функции с помощью роботов, датчиков, чипов, видеокамер, мониторов и дронов. Использование геоинформационных технологий позволяет сократить выбросы парниковых газов, например, за счет использования дронов для доставки кормов, медикаментов и других материалов, применяемых в животноводстве.

Литература

1. Глобальные вызовы и продовольственная безопасность: риски и решения / Ф. Т. Нежметдинова, А. Р. Валиев, Р. М. Низамов и др. // Биозтика и экзистенциальные риски современного мира: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции и 17-й ежегодной конференции Международного общества по клинической биоэтике, Казань, 9 октября 2020 г. Казань: Б. и., 2020. С. 68.
2. Пути снижения выброса в атмосферу диоксида углерода на производственных процессах в растениеводстве / Ф. Х. Халиуллин, К. А. Хафизов и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 38–42. doi: 10.12737/2073-0462-2021-38-42.
3. Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO2 emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective / Ugur Korkut Pata // Renewable Energy. 2021. No173. P.197–208. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148121004870?via%3Dihub> (дата обращения: 14.01.2022).
4. Сафин Р.И., Валиев А. Р., Колесар В. А. Современное состояние и перспективы развития углеродного земледелия в Республике Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 7–13. doi 10.12737/2073-0462-2021-7-13.
5. Usman M., Makhdum M. S. A. What abates ecological footprint in BRICS-T region? Exploring the influence of renewable energy, non-renewable energy, agriculture, forest area and financial development // Renewable Energy, 2021. No 179. P. 12–28. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148121010193?via%3Dihub> (дата обращения: 14.01.2022).
6. From agricultural (by-) products to jet fuels: Carbon footprint and economic performance / Christian Moretti, Ana López-Contreras, Truus de Vrije, et al. // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 775. 145848 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721009153?via%3Dihub> (дата обращения: 14.01.2022).
7. Сычев В. Г., Налиухин А. Н. Изменение климата и углеродная нейтральность: современные вызовы перед аграрной наукой // Плодородие. 2021. № 5(122). С. 3–7. doi 10.25680/S19948603.2021.122.01.
8. Гаврилова Е. Ю. Глобальный тренд в растениеводстве – углеродная нейтральность // Сахарная свекла. 2021. № 10. С. 12–15.
9. Балашов Н.А., Годван Д.Ф. Углеродный след: как государства и компании пытаются его уменьшить // Бизнес-образование в экономике знаний. 2020. № 3 (17). С. 17–19.
10. Амиров М. Ф. Интенсивность усвоения углерода полевыми культурами в зависимости от технологии возделывания в условиях Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 14–18. doi 10.12737/2073-0462-2021-14-18.
11. Влияние препарата Мефосфон на эффективность процесса получения биогаза и утилизации углеродсодержащих отходов / И. Х. Гайфуллин, З. М. Халиуллина, Б. Г. Зиганшин и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 19–26. doi 10.12737/2073-0462-2021-19-26.
12. Yue Q., Guo P. Managing agricultural water-energy-food-environment nexus considering water footprint and carbon footprint under uncertainty // Agricultural Water Management. 2021. No 252, 106899 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377421001645?via%3Dihub> (дата обращения: 11.01.2022).

13. Agricultural development using digital technologies / D. A. Mustashkina, N. V. Karpova, et al. // BIO Web of Conferences. 2020. No 27. 00042 URL: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/full_html/2020/11/bioconf_fies-20_00042/bioconf_fies-20_00042.html (дата обращения: 11.01.2022).

14. Организационно-экономические основы технической модернизации аграрного бизнеса / Ф. Н. Мухамет-галиев, Д. И. Файзрахманов, А. Р. Валиев и др. // Финансовый бизнес. 2021. № 6(216). С. 171–175.

15. Цифровые технологии в молочном скотоводстве / Б. Г. Зиганшин, Ф. Ф. Ситдииков, Ф. Ф. Гатина и др. // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.э.н., профессора Н.С. Каткова, Казань, 06–07 февраля 2020 года. Казань: Казанский ГАУ, 2020. С. 81–85.

16. Формирование информационно-коммуникационной среды мясного скотоводства / М. М. Низамутдинов, Н. Л. Титов, Х. Тино и др. // Вестник ИЦБЖД. 2021. № 4(50). С. 136–144.

17. Eurostat: your key to European statistics. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (дата обращения 11.01.2022).

18. Повышение эффективности системы управления растениеводством на основе цифровых технологий / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова, А. Р. Валиев и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 121–127. doi:10.12737/2073-0462-2021-121-127.

19. Эффективность экономики России: Федеральная служба государственной статистики. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения 11.01.2022).

20. Теоретические основы обеспечения экономической безопасности в системе управления персоналом предприятия / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова, Н. Р. Залялова и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 4–2(56). С. 107–113. doi: 10.12737/2073-0462-2020-107-113.

21. Labor productivity in digital agriculture / A. K. Subaeva, M. M. Nizamutdinov, L. M. Mavlieva, et al. // BIO Web of Conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28 February 2020. Kazan: EDP Sciences, 2020. Vol: 17. P. 4. URL: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/full_html/2020/01/bioconf_fies2020_00226/bioconf_fies2020_00226.html. (дата обращения 20.01.2022).

22. Тенденции и перспективы развития производства молока / Н. Р. Александрова, А. К. Субаева, Л. М. Мавлиева и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 1(57). С. 94–98. doi 10.12737/2073-0462-2020-94-98.

23. Применение цифровых технологий для повышения эффективности деятельности АПК. URL: <https://www.pwc.ru/ru/agriculture/agro-tech-solutions-final.pdf> (дата обращения 14.01.2022).

24. Вода в сельском хозяйстве: войны за ресурсы. URL: <https://agriecommission.com/base/voda-v-selskom-hozyaistve-voiny-za-resursy> (Дата обращения 11.01.2022).

25. Развитие бухгалтерского учета при ведении органического сельского хозяйства / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова, А. Р. Юсупова и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 4–2(56). С. 114–121. doi 10.12737/2073-0462-2020-114-121.

26. Проекты. WiseSoil. URL: <https://navigator.sk.ru/orn/1121048> (дата обращения 20.01.2022).

Сведения об авторах:

Клычова Гузалия Салиховна – доктор экономических наук, заведующий кафедрой бухгалтерского учета и аудита; e-mail: kgaukgs@mail.ru

Закирова Алсу Рафкатовна – доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и аудита; e-mail: zakirovaar@mail.ru

Юсупова Альфия Рафкатовна – кандидат экономических наук, доцент; e-mail: zijatdinova@mail.ru

Клычова Айгуль Сейитмухамедовна – кандидат экономических наук, доцент; e-mail: Aigulya.klychova@bk.ru

Галлямов Эльмир Азатович – аспирант кафедры бухгалтерского учета и аудита; email: tvmkazan@mail.ru
Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES TO REDUCE THE CARBON FOOTPRINT IN LIVESTOCK G.S. Klychova, A.R. Zakirova, A.R. Yusupova, A.S. Klychova, E.A. Gallyamov

Abstract. Today it is a generally accepted fact that the livestock industry has a negative impact on the environment. With the development of industrial production of livestock and poultry products, this impact has increased significantly. The risks of environmental pollution in animal husbandry are associated with the disposal of manure and manure, as well as greenhouse gas emissions during the entire production cycle. Therefore, one of the main tasks of modern animal husbandry is to reduce emissions. The purpose of the study is to develop a digital livestock management model aimed at improving production processes to reduce the harmful effects of the activities of an economic entity on the environment. As part of the study, a model was proposed that is a set of digital systems (reproduction system, animal identification system, microclimate system, feeding system, veterinary system, waste system, product control system) based on geographic information technologies. Digital systems cover all technological stages of animal breeding, care and fattening, production output. Robotic systems for feeding, milking, weighing, caring for animals perform their work more accurately and efficiently, which reduces feed losses, reduces the cost of animal treatment, increases their productivity and insemination rate. From the point of view of reducing greenhouse gas emissions, the use of drones for the delivery of feed and other materials used in animal husbandry is beneficial. The result of the introduction of digital technologies in the process of feeding animals is feed savings and efficient consumption, and as a result, a reduction in the carbon footprint due to reduced energy costs.

Key words: digital technologies, carbon footprint, digital system, animal husbandry.

References

1. Nezhmetdinova FT, Valiev AR, Nizamov RM. Global'nye vyzovy i prodovol'stvennaya bezopasnost': riski i resheniya. Bioetika i ekzistentsial'nye riski sovremennogo mira: sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii i 17-i ezhegodnoi konferentsii Mezhdunarodnogo obshchestva po klinicheskoi bioetike. [Global challenges and food security: risks and solutions. Bioethics and existential risks of the modern world: a collection of scientific papers of International Scientific and Practical Conference and 17th annual conference of International Society for Clinical Bioethics]. Kazan': B. i., 2020; 68 p.

2. Khaliullin FK, Khafizov KA. [Ways to reduce carbon dioxide emissions into the atmosphere during production process-

es in crop production]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 3(63). 38-42 p. doi: 10.12737/2073-0462-2021-38-42.

3. Ugur Korkut Pata. Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO2 emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective. [Internet]. Renewable Energy. 2021; 173. 197-208. [cited 2022, January 14]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148121004870?via%3Dihub>.

4. Safin RI, Valiev AR, Kolesar VA. [Current state and prospects for the development of carbon farming in the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 3(63). 7-13. doi 10.12737/2073-0462-2021-7-13.

5. Usman M, Makhdom MSA. What abates ecological footprint in BRICS-T region? Exploring the influence of renewable energy, non-renewable energy, agriculture, forest area and financial development. [Internet]. Renewable Energy, 2021; 179. 12-28 p. [cited 2022, January 14]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148121010193?via%3Dihub>.

6. Christian Moretti, Ana López-Contreras, Truus de Vrije From agricultural (by-) products to jet fuels: Carbon footprint and economic performance. Science of the total environment. 2021; Vol. 775. 145848 p. [cited 2022, January 14]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721009153?via%3Dihub>.

7. Sychev VG, Naliukhin AN. [Climate change and carbon neutrality: modern challenges for agricultural science]. Plodородie. 2021; 5(122). 3-7. doi 10.25680/S19948603.2021.122.01.

8. Gavrilova EYu. [Global trend in crop production – carbon neutrality]. Sakharnaya svekla. 2021; 10. 12-15 p.

9. Balashov NA, Godvan DF. [Carbon footprint: how governments and companies are trying to reduce it]. Biznes-obrazovanie v ekonomike znani. 2020; 3 (17). 17-19 p.

10. Amirov MF. [Intensity of carbon assimilation by field crops depending on cultivation technology in the conditions of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol. 16. 3(63). 14-18 p. doi 10.12737/2073-0462-2021-14-18.

11. Gayfullin IKh, Khaliullina ZM, Ziganshin BG. [Influence of Mephosphon on the efficiency of the process of obtaining biogas and utilization of carbon-containing wastes]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 3(63). 19-26 p. doi 10.12737/2073-0462-2021-19-26.

12. Yue Q, Guo P. Managing agricultural water-energy-food-environment nexus considering water footprint and carbon footprint under uncertainty. Agricultural Water Management. 2021; 252, 106899 p. [cited 2022, January 11]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377421001645?via%3Dihub>.

13. Mustashkina DA, Karpova NV. Agricultural development using digital technologies. [Internet]. BIO Web of Conferences. 2020; 27. 00042 p. [cited 2022, January 11]. Available from: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/full_html/2020/11/bioconf_fies-20_00042/bioconf_fies-20_00042.html.

14. Mukhametgaliev FN, Fayzrakhmanov DI, Valiev AR. [Organizational and economic foundations of the technical modernization of the agrarian business]. Finansovyi biznes. 2021; 6(216). 171-175 p.

15. Ziganshin BG, Sitdikov FF, Gatina FF. Tsifrovye tekhnologii v molochnom skotovodstve. Razvitiye APK i sel'skikh territorii v usloviyakh modernizatsii ekonomiki: Materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati d.e.n., professora N.S. Katkova, Kazan', 06–07 fevralya 2020 goda. [Digital technologies in dairy cattle breeding. Development of the agro-industrial complex and rural areas in the context of economic modernization: Proceedings of II International scientific and practical conference dedicated to memory Doctor of Economics, Professor N.S.Katkova]. Kazan': Kazanskii GAU. 2020; 81-85 p.

16. Nizamutdinov MM, Titov NL, Tino Kh. [Formation of the information and communication environment of beef cattle breeding]. Vestnik NTsBZhd. 2021; 4(50). 136-144 p.

17. Eurostat: your key to European statistics. [cited 2022, January 11]. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

18. Klychova GS, Zakirova AR, Valiev AR. [Improving the efficiency of the crop management system based on digital technologies]. 2021. Vol.16. 3(63). 121-127 p. doi:10.12737/2073-0462-2021-121-127.

19. Efficiency of the Russian economy: Federal State Statistics Service. [cited 2022, January 11]. Available from: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy.

20. Klychova GS, Zakirova AR, Zalyalova NR. [Theoretical foundations for ensuring economic security in the enterprise personnel management system]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 4-2 (56). 107-113 p. doi: 10.12737/2073-0462-2020-107-113.

21. Subaeva AK, Nizamutdinov MM, Mavlieva LM. Labor productivity in digital agriculture. [Internet]. BIO Web of Conferences: International scientific-practical conference "Agriculture and food security: technology, innovation, markets, human resources" (FIES 2020), Kazan, 28 February 2020. Kazan: EDP Sciences, 2020. Vol.17. 4 p. [cited 2022, January 20]. Available from: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/full_html/2020/01/bioconf_fies2020_00226/bioconf_fies2020_00226.html.

22. Aleksandrova NR, Subaeva AK, Mavlieva LM. [Trends and prospects for the development of milk production]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020; Vol.15. 1(57). 94-98 p. doi 10.12737/2073-0462-2020-94-98.

23. The use of digital technologies to improve the efficiency of the agro-industrial complex. [Internet]. PwC audit and advisory service. [cited 2022, January 14]. Available from: <https://www.pwc.ru/ru/agriculture/agro-tech-solutions-final.pdf>.

24. Water in agriculture: resource wars. [Internet]. AgroEcoMission. Digital knowledge platform. [cited 2022, January 11]. Available from: <https://agrieocommission.com/base/voda-v-selskom-hozyaistve-voiny-za-resursy>.

25. Klychova GS, Zakirova AR, Yusupova AR. [Development of accounting in the management of organic agriculture]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol. 14. 4-2 (56). 114-121 p. doi 10.12737/2073-0462-2020-114-121.

26. Projects. WiseSoil. [Internet]. Skolkovo. [cited 2022, January 20]. Available from: <https://navigator.sk.ru/orn/1121048>.

Authors:

Klychova Guzaliya Salikhovna - Doctor of Economics, Head of Accounting and Audit Department; e-mail: kgauks@mail.ru
 Zakirova Alsu Rafkatovna - Doctor of Economics, Professor of Accounting and Audit Department; e-mail: zakirovaar@mail.ru
 Yusupova Alfya Rafkatovna – Ph.D. of Economic sciences, associate professor, e-mail: zijatdinova@mail.ru
 Klychova Aigul Seyitmukhzamedovna – Ph.D. of Economic sciences, Associate Professor; e-mail: Aigulya.klychova@bk.ru
 Gallyamov Elmir Azatovich – post-graduate student of Accounting and Audit Department; email: tvmkazan@mail.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia