

**INTERNATIONAL
AGRICULTURAL
JOURNAL**

ISSN 2588-0209



Vol.9 Part 3

2026



№ 3/2026

Научно-практический ежеквартальный
сетевой журнал

Scientific-practical quarterly journal

СВИДЕТЕЛЬСТВО о регистрации
средства массовой информации ЭЛ № ФС
77 - 78850

CERTIFICATE of registration media
AI № FS 77 - 78850

Международный стандартный
серийный номер **ISSN 2588-0209**

International standard serial number
ISSN 2588-0209

Публикации в журнале размещаются
в системе Российского индекса научного
цитирования (**РИНЦ**)

Publication in the journal placed in the
system of Russian index of scientific citing

«Международный агрокультурный
журнал» включен в **перечень ВАК
рецензируемых научных изданий**, в
которых должны быть опубликованы
основные научные результаты диссертаций
на соискание ученых степеней кандидата и
доктора наук

«International agricultural journal» is
included in the VAK list of peer-reviewed
scientific publications, where must be
published basic scientific results of
dissertations on competition of a scientific
degree of candidate of Sciences, on
competition of a scientific degree of doctor of
science

Издатель ООО «Электронная наука»

Publisher «E-science Ltd»

Председатель редколлегии: Фомин
Александр Анатольевич, к.э.н., доцент,
профессор кафедры управления
сельскохозяйственным производством и
менеджмента, ФГБОУ ВО
«Государственный университет по
землеустройству»

Chairman of the editorial board:
Fomin Aleksandr Anatolevich,
candidate of economic sciences, associate
professor, professor of the department of
management and managerial of agricultural
production, State university of land use
planning

Редактор выпуска: Сямина Е.И.
105064, г. Москва, ул. Казакова, д.
10/2, (495)543-65-62, e-science@list.ru

Editor: Siamina E.I.
105064, Moscow, Kazakova str., 10/2,
(495)543-65-62, e-science@list.ru

Редакционный совет

Председатель редколлегии, главный редактор:
Фомин Александр Анатольевич, к.э.н., доцент, профессор кафедры менеджмента и управления сельскохозяйственным производством, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»

Чекмарев П.А. - председатель редакционного совета, д.э.н., д.с.-х.н., профессор, Заместитель президента, Российская академия наук, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, академик Российской академии наук; ORCID iD 0000-0002-0931-065X

Баутин В.М. — д.э.н., профессор, член Российской академии наук, Заслуженный деятель науки Российской Федерации

Белобров В.П. — д.с.-х.н., профессор, ФГБНУ ФИЦ "Почвенный институт им. В.В. Докучаева" (Межинститутский отдел по изучению черноземных почв, заведующий отделом); ORCID iD 0000-0001-6126-5676

Бунин М.С. - д.с.-х.н., профессор, директор, заслуженный деятель науки РФ, ФГБНУ «Центральная научная сельскохозяйственная библиотека», действительный государственный советник Российской Федерации 3 класса

Вершинин В.В. - д.э.н., профессор, заведующий кафедрой почвоведения экологии и природопользования, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, академик РАЕН, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»; ORCID iD 0000-0001-9046-827X

Гордеев А.В. – д.э.н., профессор, академик РАН, академик РАСХН, Заместитель председателя Государственной думы Федерального собрания Российской Федерации

Гусаков В.Г. – д.э.н., профессор, академик НАН Беларуси, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, академик РАСН, академик УААН, Председатель Президиума, Национальная академия наук Беларуси; ORCID ID 0000-0001-9897-9349

Долгушкин Н.К. — д.э.н., профессор, вице-президент отделения сельскохозяйственных наук РАН, Российская академия наук, Заслуженный деятель науки Российской Федерации

Завалин А.А. — д.с.-х.н., профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт имени Д.Н.Прянишникова (Научный руководитель института), академик Российской академии наук (РАН)

Закшевский В.Г. – д.э.н., профессор, руководитель НИИ, Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса центрально-черноземного района – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», академик РАН, почетный работник агропромышленного комплекса

Замотаев И.В. — д.г.н., профессор, ведущий научный сотрудник, Отдел географии и эволюции почв,

Институт географии Российской академии наук; ORCID iD 0000-0003-4587-4070

Иванов А.И. – д.с.-х.н., профессор, заведующий отделом и лабораторией опытного дела, член-корреспондент РАН, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»

Коробейников М.А. – д.э.н., профессор, член-корреспондент РАН, вице-президент Международного союза экономистов, действительный государственный советник Российской Федерации 1 класса

Петриков А.В. – д.э.н., профессор, академик РАН, директор, ФГБНУ «Всероссийский институт аграрных проблем и информатики им. А. А. Никонова»

Романенко Г.А. – д.э.н., профессор, член президиума, Российская академия наук, Академик РАН

Савин И.Ю. — д.с.-х.н., профессор, заведующий отделом, г.н.с., ФГБНУ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Академик РАН

Серова Е.В. – д.э.н., профессор, директор Института аграрных исследований, НИУ «Высшая школа экономики»; руководитель, Московский офис Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО ООН)

Сиптиц С.О. — д.э.н., профессор, зав. отделом системных исследований экономических проблем АПК, Всероссийский институт аграрных проблем и информатики им. А.А. Никонова - филиал ФГБНУ ФНИЦ ВНИИЭСХ

Узун В.Я. – д.э.н., профессор, главный научный сотрудник Центра агропродовольственной политики ИПЭИ, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы»

Ушачев И.Г. — д.э.н., профессор, академик Российской академии наук, Заслуженный деятель науки Российской Федерации

Хлыстун В.Н. – д.э.н., профессор, профессор кафедры экономики управления, академик РАН, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»

Цыпкин Ю.А. – д.э.н., профессор, заведующий кафедрой маркетинга, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»; ORCID ID 0000-0002-0774-485X

Шагайда Н.И. - д.э.н., доцент, зав. лабораторией аграрной политики Научного направления «Реальный сектор»; директор Центра агропродовольственной политики Института прикладных экономических исследований, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ»

Широкова В.А. – д.г.н., профессор, профессор кафедры почвоведения, экологии и природопользования, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»; заведующая отделом истории наук о Земле, ФГБНУ Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова Российской академии наук; ORCID ID 0000-0003-0839-1416

Editorial board

Chairman of the editorial board, Chief Editor: Fomin Aleksandr Anatolevich, candidate of economic sciences, associate professor, professor of the department of management and managerial of agricultural production, State university of land use planning

Chekmarev P.A. - Chairman of the Editorial Board, Doctor of Economics, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Deputy President, Russian Academy of Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Academician of the Russian Academy of Sciences; ORCID iD 0000-0002-0931-065X

Bautin V.M. — Doctor of Economics, Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation

Belobrov V.P. — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, V.V. Dokuchaev Federal State Budgetary Scientific Research Center (Interinstitutional Department for the Study of Chernozem Soils, Head of the Department); ORCID ID 0000-0001-6126-5676

Bunin M.S. - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director, Honored Scientist of the Russian Federation, Central Scientific Agricultural Library, Full State Adviser of the Russian Federation, 3rd class

Vershinin V.V. - Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Soil Science, Ecology and Nature Management, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "State University of Land Management"; ORCID iD 0000-0001-9046-827X

Gordeev A.V. – Doctor of Economics, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Academician of the RAS, Deputy Chairman of the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation

Gusakov V.G. – Doctor of Economics, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Honored Scientist of the Republic of Belarus, Academician of RAS, Academician of the UAAS, Chairman of the Presidium, National Academy of Sciences of Belarus; ORCID ID 0000-0001-9897-9349

Dolgushkin N.K. — Doctor of Economics, Professor, Vice-President of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation

Zavalin A.A. — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russian Scientific Research Institute named after D.N.Pryanishnikov (Scientific Director of the Institute), Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS)

Zakshevsky V.G. – Doctor of Economics, Professor, Head of the Research Institute, Scientific Research Institute of Economics and Organization of the Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem region - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Voronezh Federal Agrarian Scientific Center named after V.V. Dokuchaev", Academician of the Russian Academy of Sciences, Honorary worker of the agro-industrial complex

Zamotaev I.V. — Doctor of Geographical Sciences, Professor, Leading Researcher, Department of Geography and Soil

Evolution, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences; ORCID iD 0000-0003-4587-4070

Ivanov A.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department and Laboratory of Experimental Business, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution "Agrophysical Research Institute"

Korobeynikov M.A. - Doctor of Economics, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Vice-President of the International Union of Economists, Full State Adviser of the Russian Federation 1 class

Petrikov A.V. – Doctor of Economics, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Institute of Agrarian Problems and Informatics named after A. A. Nikonov"

Romanenko G.A. — Doctor of Economics, Professor, Member of the Presidium, Russian Academy of Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences

Savin I.Y. - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department, PhD, Dokuchaev Soil Institute, Academician of the Russian Academy of Sciences

Serova E.V. – Doctor of Economics, Professor, Director of the Institute of Agricultural Research, Higher School of Economics; Head, Moscow Office of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

Siptitz S.O. — Doctor of Economics, Professor, Head, Department of System Research of Economic Problems of the Agroindustrial Complex, A.A. Nikonov All-Russian Institute of Agrarian Problems and Informatics - branch of the Federal State Budgetary Scientific Research Center VNIIEKH

Uzun V.Ya. – Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher at the Center for Agri-Food Policy at IPEI, Russian Academy of National Economy and Public Administration

Ushachev I.G. — Doctor of Economics, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation

Khlystun V.N. – Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Management Economics, Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "State University of Land Management"

Tsyplin Y.A. – Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Marketing, State University of Land Management; ORCID ID 0000-0002-0774-485X

Shagaida N.I. - Doctor of Economics, Associate Professor, Head of Laboratory of Agrarian Policy of the Scientific direction "Real Sector"; Director of the Center for Agri-Food Policy of the Institute of Applied Economic Research, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration

Shirokova V.A. – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Professor of the Department of Soil Science, Ecology and Nature Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "State University of Land Management"; Head of the Department of History of Earth Sciences, S.I. Vavilov Institute of History of Natural Sciences and Technology of the Russian Academy of Sciences; ORCID ID 0000-0003-0839-1416

СОДЕРЖАНИЕ

Новикова В.А. Анализ воспроизводства материально-технической базы в интегрированных агроструктурах: тенденции обеспеченности техникой и использование ресурсного потенциала Воронежской области	5-29
Максимова Х.И., Сметанина А.Н., Колесников Н.В., Николаева В.С. Козлятник восточный в Среднетаежной подзоне Якутии	30-43
Константинова Н.К., Павлова С.А., Пестерева Е.С., Жиркова Н.Н., Филиппова З.М. Урожайность зеленой массы сорго-суданкового гибрида и смешанных агроценозов в условиях Центральной Якутии	44-56
Рязанцев А.И., Смирнов А.И., Евсеев Е.Ю., Малько И.В., Зубков Ф.В., Артюшин С.А. Разработка межсезонных агротехнологий энергосбережения при эксплуатации многоопорной широкозахватной дождевальной техники	57-83
Калиткин А.В., Власенко В.П., Быкова М.В. О некоторых несоответствиях в области отнесения земель к виноградопригодным в Краснодарском крае	84-97
Харлампов Д.И., Иванова Т.П., Павлова С.А., Пестерева Е.С., Захарова Г.Е. Экономическая оценка травостоев при сенокосно-тебеновочном использовании в условиях лиманного орошения Центральной Якутии .	98-109
Зверьков М.С. Оценка корреляционной связи между индексами вегетации NDVI и влажности NDMI по данным спутника Sentinel-2	110-123
Нилиповский В.И., Ма Мэнци, Ду Гомин, Фэй Бонуа, Фань Сяюй Research on influencing factors of the stability of arable land production capacity in Heilongjiang Province	124-158
Курума У.К., Максимов С.Н. История и современные проблемы регулирования земельных отношений в Республике Гвинея	159-183
Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Антипов А.О., Малько И.В. Энергосбережение ходовой системы широкозахватной дождевальной машины	184-208
Винокуров М.Д., Николаева Ф.В., Петрова С.А. Приживаемость сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) при компенсационном лесовосстановлении в условиях горного улуса Республики Саха (Якутия)	209-219
Коротченко П.В., Майборода В.А. ФГИС «Зерно» как правовой институт: между прослеживаемостью и квазилицензированием оборота	220-237

Научная статья

Original article

УДК 631.15:631.3

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_3_20

edn: ВJIMNS

**АНАЛИЗ ВОСПРОИЗВОДСТВА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
БАЗЫ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ АГРОСТРУКТУРАХ: ТЕНДЕНЦИИ
ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТЕХНИКОЙ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ
ANALYSIS OF FIXED ASSET REPRODUCTION IN INTEGRATED
AGRO-INDUSTRIAL STRUCTURES: TRENDS IN EQUIPMENT
AVAILABILITY AND RESOURCE POTENTIAL UTILIZATION IN THE
VORONEZH REGION**



Новикова Валентина Анатольевна, соискатель кафедры управления и делового администрирования, ФГБОУ ВО Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия, E-mail: walljeri@mail.ru

Novikova Valentina Anatolyevna, Applicant of the Department of Management and Business Administration, Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia, E-mail: walljeri@mail.ru

Научный руководитель: Анциферова Ольга Юрьевна, доктор экономических наук, профессор кафедры управления и делового администрирования, директор Института экономики и управления, ФГБОУ ВО Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

Scientific Supervisor: Antsiferova Olga Yurievna, Doctor of Economics, Professor Department of Management and Business Administration, Director of the Institute of Economics and Management, Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

Аннотация. В статье приведены результаты исследований воспроизводства основных средств в интегрированных структурах агропромышленного комплекса (АПК) Воронежской области в 2020-2025 гг. Цель работы – оценить динамику обеспеченности сельскохозяйственной техникой, уровень износа фондов и потенциал ресурсной базы региона для обновления материально-технической базы, а также выявить факторы, сдерживающие модернизацию парка техники. Методология включает статистический анализ данных Воронежстата, расчёт коэффициентов обновления и выбытия основных средств, оценку показателей обеспеченности техникой на 1 000 га пашни и энергообеспеченности, сравнительный анализ структуры фондов. Выявлено сокращение парка техники: тракторов – на 320 единиц (до 14 580 ед. к 2025 г.), зерноуборочных комбайнов – на 90 ед. (до 3 710 ед.), сеялок – на 100 ед. (до 5 100 ед.). Обеспеченность тракторами на 1 000 га пашни снизилась с 8,2 до 7,7 ед., комбайнами – с 2,1 до 1,8 ед., энергообеспеченность упала на 5 л. с./га (до 180 л. с./га). Доля техники старше 10 лет выросла на 7,5 процентных пунктов (до 60,5 %), коэффициент износа – на 7,4 процентных пункта (до 26,5 %). Общая стоимость основных фондов увеличилась на 12,8 % (до 8 235 млн руб.), при этом преобладают пассивные активы (58–59 % от общего объёма). Сделан вывод о дисбалансе между выбытием и обновлением техники, снижающем эффективность производства. Предложены меры: усиление господдержки закупок техники, развитие лизинга, стимулирование кооперации сельхозпроизводителей и оптимизация использования ресурсов. Это поможет обеспечить устойчивое воспроизводство основных средств и укрепить ресурсную базу АПК Воронежской области.

Abstract. The article presents the results of research on the reproduction of fixed assets in the integrated structures of the agro-industrial complex (AIC) of the Voronezh Region in 2020–2025. The purpose of the work is to assess the dynamics of the availability of agricultural machinery, the level of depreciation of fixed assets, and the potential of the region's resource base for the renewal of the material and technical base, as well as to identify the factors hindering the modernization of the machinery fleet. The methodology includes statistical analysis of data from the Voronezh Regional Statistics Service (Voronezhstat), calculation of the renewal and disposal rates of fixed assets, assessment of the indicators of machinery availability per 1 000 hectares of arable land and energy supply (in horsepower per hectare), and a comparative analysis of the structure of fixed assets. The study revealed a decrease in the number of machinery: tractors decreased by 320 units (to 14 580 units by 2025), grain harvesters decreased by 90 units (to 3 710 units), and seeders decreased by 100 units (to 5 100 units). The availability of tractors per 1 000 hectares of arable land decreased from 8,2 to 7,7 units, the availability of harvesters decreased from 2,1 to 1,8 units, and the energy supply decreased by 5 horsepower per hectare (to 180 horsepower per hectare). The share of machinery older than 10 years increased by 7,5 percentage points (to 60,5 %), and the depreciation rate increased by 7,4 percentage points (to 26,5 %). The total value of fixed assets increased by 12,8 % (to 8 235 million rubles), with a predominance of non-productive assets (58–59 % of the total). The study concluded that there is an imbalance between the disposal and renewal of machinery, which reduces the efficiency of production. The authors propose measures to address this issue, including increased government support for machinery purchases, the development of leasing, stimulating cooperation among agricultural producers, and the optimization of resource utilization. These measures will help ensure the sustainable reproduction of fixed assets and strengthen the resource base of the AIC of the Voronezh Region.

Ключевые слова: воспроизводство основных средств, интегрированные структуры АПК, ресурсная база, обеспеченность техникой, износ фондов,

обновление парка техники, энергообеспеченность, сельскохозяйственная техника, модернизация АПК

Keywords: reproduction of fixed assets, integrated structures of the agro-industrial complex (AIC), resource base, equipment availability, depreciation of fixed assets, renewal of the machinery fleet, energy supply, agricultural machinery, modernization of the agro-industrial complex

Введение. Обеспеченность сельскохозяйственных предприятий основными средствами – ключевой фактор развития аграрного сектора и повышения его конкурентоспособности. В Воронежской области, одном из ведущих аграрных регионов России, в 2020-2025 гг. сложилась неоднозначная ситуация с воспроизводством материально-технической базы.

Цель исследования – оценить состояние и тенденции воспроизводства материально-технической базы АПК Воронежской области в 2020-2025 гг.: проанализировать динамику парка техники, структуру основных средств и показатели их движения (коэффициенты обновления, выбытия, износа). На основе данных Воронежстата выявлены ключевые проблемы (сокращение парка, высокий износ, дисбаланс между поступлением и выбытием) и намечены направления модернизации – от усиления господдержки до оптимизации использования ресурсов. Результаты могут лечь в основу целевых программ технической модернизации регионального АПК [1,2].

Результаты и обсуждение. Обеспеченность сельскохозяйственных предприятий Воронежской области основными средствами напрямую зависит от наличия техники, что подтверждают данные за 2020-2025 гг. За этот период численность ключевых видов машин сократилось: количество тракторов уменьшилось на 320 единиц и к 2025 году составило 14 580 единиц, зерноуборочных комбайнов – на 90 единиц (до 3 710 единиц), сеялок – на 100 единиц (до 5 100 единиц), а плугов и культиваторов – на 50 единиц по каждому виду (Рис.1).

Эти изменения непосредственно сказались на обеспеченности хозяйств техникой: показатель обеспеченности тракторами на 1 000 га пашни снизился с 8,2 до 7,7 единиц, зерноуборочными комбайнами – с 2,1 до 1,8 единиц. Кроме того, наблюдается снижение энергообеспеченности – она упала на 5 л. с./га и достигла уровня 180 л. с./га (Табл.1).

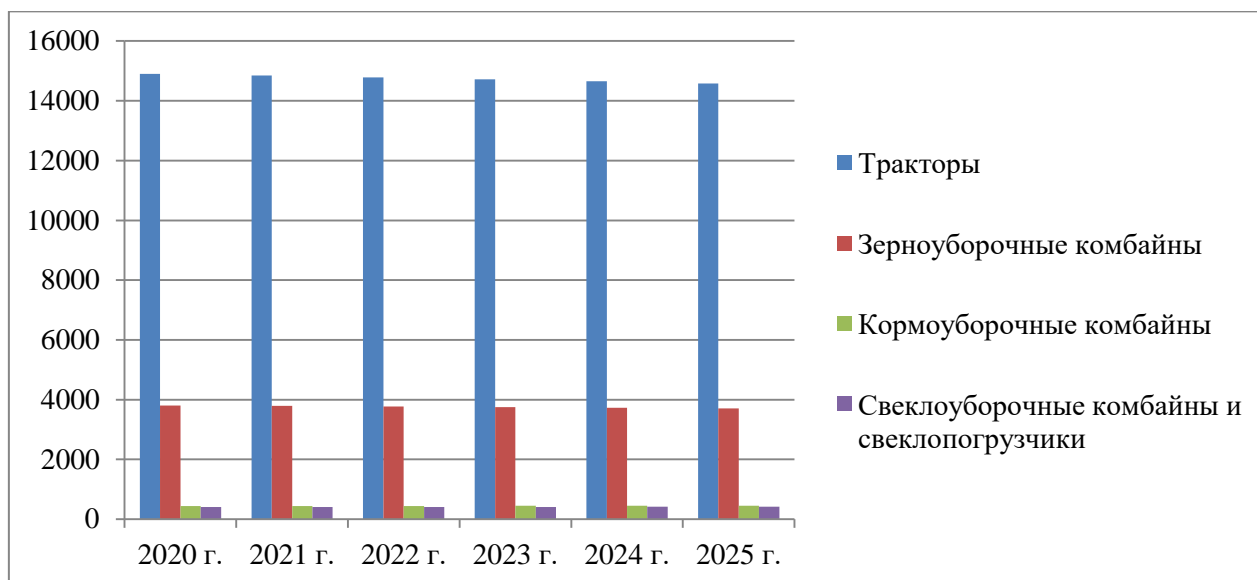


Рисунок 1. Динамика количества сельскохозяйственной техники по годам (2020-2025гг.)

Figure 1. Dynamics of the number of agricultural machinery by year (2020-2025)

Объёмы поступления сельскохозяйственной техники в Воронежской области ежегодно снижаются: закупки тракторов сократились на 50 единиц (с 570 до 520 ед./год), зерноуборочных комбайнов – на 32 единицы (с 262 до 230 ед./год), кормоуборочных комбайнов – на 5 единиц (с 22 до 17 ед./год). Темпы выбытия техники тоже снижаются, но по-прежнему превышают темпы обновления, из-за чего общий парк машин постепенно сокращается [3,4].

Таблица 1. **Наличие, обеспеченность и движение основных видов сельскохозяйственной техники в предприятиях Воронежской области (2020-2025 гг.)**

Table 1. **Availability, supply, and movement of the main types of agricultural machinery in enterprises of the Voronezh Region (2020-2025)**

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Отклонение 2025/2020 гг.
Наличие техники на начало года, ед.:							
Тракторы	14 900	14 850	14 780	14 720	14 650	14 580	-320
Зерноуборочные комбайны	3 800	3 790	3 770	3 750	3 730	3 710	-90
Кормоуборочные комбайны	437	440	442	445	448	450	13
Свеклоуборочные комбайны и свеклопогрузчики	405	408	410	412	415	418	13
Сеялки	5 200	5 180	5 160	5 140	5 120	5 100	-100
Плуги	3 500	3 490	3 480	3 470	3 460	3 450	-50
Культиваторы	4 100	4 090	4 080	4 070	4 060	4 050	-50
Поступление техники за год, ед.							
Тракторы	570	560	550	540	530	520	-50
Зерноуборочные комбайны	262	255	248	240	235	230	-32
Кормоуборочные комбайны	22	21	20	19	18	17	-5
Прочее оборудование (сеялки, плуги, культиваторы и т. д.)	2 000	1 980	1 950	1 920	1 890	1 860	-140
Выбытие техники за год, ед.							
Тракторы	620	610	600	590	580	570	-50
Зерноуборочные комбайны	272	265	258	250	245	240	-32
Кормоуборочные комбайны	19	18	17	16	15	14	-5
Прочее оборудование	2 020	2 000	1 970	1 940	1 910	1 880	-140
Обеспеченность на 1 000 га пашни:							
Тракторами, ед.	8,2	8,1	8,0	7,9	7,8	7,7	-0,5
Комбайнами зерноуборочными, ед.	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	-0,3
Энергообеспеченность, л. с./га	185	184	183	182	181	180	-5
Доля техники старше 10 лет, %	53,0	54,5	56,0	57,5	59,0	60,5	7,5 п. п.

Источник: составлено автором с использованием данных Воронежстата [14]

За шесть лет доля техники старше 10 лет выросла на 7,5 процентных пункта и достигла 60,5 %, что указывает на нарастающий износ

материально-технической базы. Это может снизить эффективность сельхозпроизводства, затянуть сроки полевых работ и ухудшить качество урожая.

Выявленные тенденции подчёркивают необходимость активнее обновлять парк сельхозтехники – в том числе за счёт господдержки, стимулирования закупок современной отечественной техники и оптимизации использования имеющихся ресурсов. В противном случае снижение обеспеченности техникой станет сдерживающим фактором развития аграрного сектора Воронежской области [4,5].

Таблица 2. Состав и структура основных средств сельскохозяйственных предприятий Воронежской области, 2020-2025 гг., в млн. руб.

Table 2. Composition and structure of fixed assets of agricultural enterprises in the Voronezh Region, 2020-2025, in million rubles

Показатель	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Отклонение 2025/2020 гг.	
							млн. руб.	%
Здания, сооружения, передаточные устройства	1200	1250	1300	1350	1400	1 450	250	20,8
Машины и оборудование	800	820	840	860	880	900	100	12,5
Производственный и хозяйственный инвентарь	50	55	60	65	70	75	25	50,0
Транспортные средства	600	620	640	660	680	700	100	16,7
Рабочий скот	30	32	34	36	38	40	10	33,3
Продуктивный скот	200	220	240	260	280	300	100	50,0
Многолетние насаждения	200	210	220	230	240	250	50	25,0
Земельные участки	5000	5100	5200	5300	5400	5500	500	10,0
Другие виды основных средств	100	110	120	130	140	150	50	50,0
ИТОГО	7300	7487	7674	7861	8048	8235	935	12,8
из них активные	3000	3080	3160	3240	3320	3400	400	13,3
пассивные	4300	4407	4514	4621	4728	4835	535	12,4

Источник: составлено автором с использованием данных Воронежстата [15,17]

Исследование состава и структуры основных средств сельскохозяйственных предприятий Воронежской области за 2020-2025 гг. показывает эффективный рост их общей стоимости: к 2025 году показатель достиг 8 235 млн. руб., увеличившись на 935 млн. руб. (12,8%). Это

свидетельствует о наращивании материально-технической базы аграрного сектора региона (Табл.2).

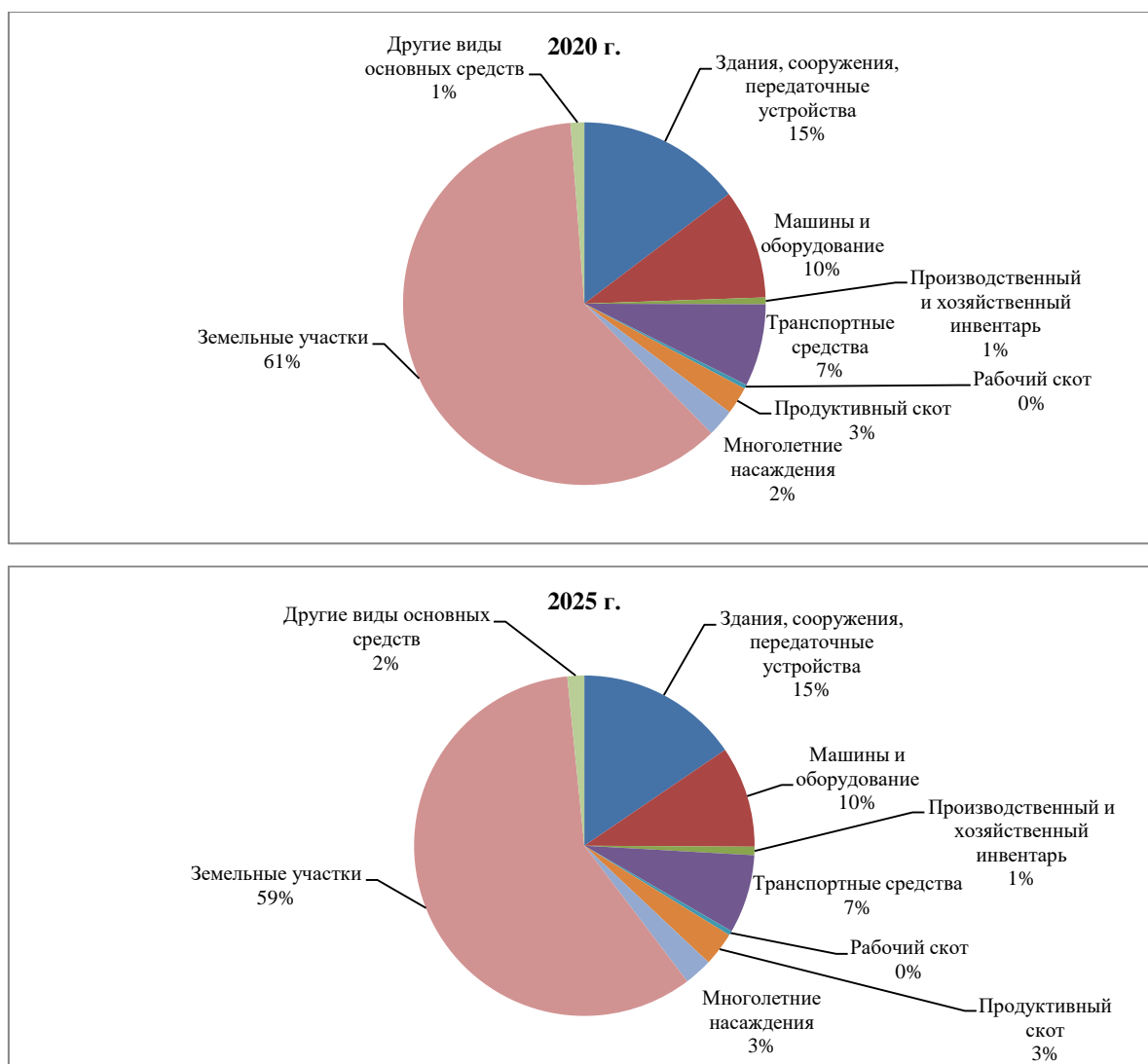


Рисунок 2. Сравнение состава основных средств сельскохозяйственных предприятий Воронежской области, 2020 г. и 2025 г., в %

Figure 2. Comparison of the composition of fixed assets of agricultural enterprises in the Voronezh Region, 2020 and 2025, in %

Наиболее заметно выросла стоимость производственного и хозяйственного инвентаря (50 %, или 25 млн. руб.) и продуктивного скота (50 %, или 100 млн. руб.), что отражает модернизацию производства и развитие животноводства. Стоимость многолетних насаждений увеличилась на 25 % (50 млн. руб.), земельных участков – на 10 % (500 млн. руб.). Умеренный прирост показали здания и сооружения (20,8 %, или

250 млн. руб.), машины и оборудование (12,5 %, или 100 млн. руб.), транспортные средства (16,7 %, или 100 млн. руб.). Наименьший рост зафиксирован по рабочему скоту (33,3 %, или 10 млн. руб.) – это связано с ростом механизации сельхозработ.

В структуре основных средств преобладают пассивные активы (здания, сооружения, земли) – их доля составляет 58-59 % от общего объёма. За период их стоимость выросла на 535 млн. руб. (12,4 %), а активных активов (техника, оборудование, транспорт, скот) – на 400 млн. руб. (13,3 %). Опережающий рост активных активов указывает на повышение производственного потенциала и эффективности аграрного производства (Рис.2).

Таблица 3. Показатели состояния и движения основных средств в сельскохозяйственных предприятиях Воронежской области, 2020-2025 гг.

Table 3. Indicators of the state and movement of fixed assets in agricultural enterprises of the Voronezh Region, 2020-2025

Показатель	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Изменение за период (+/-)
Наличие основных средств на начало года, млн. руб.	6 500	6 800	7 100	7 400	7 700	8 000	1 500
Поступило основных средств за год, млн. руб.	450	500	550	600	650	700	250
Выбыло основных средств за год, млн. руб.	150	200	250	300	350	400	250
Наличие основных средств на конец года, млн. руб.	6 800	7 100	7 400	7 700	8 000	8 300	1 500
Коэффициент обновления, %	6,6	7,0	7,4	7,8	8,1	8,4	1,8 п.п.
Коэффициент выбытия, %	2,3	2,9	3,5	4,1	4,5	5,0	2,7 п.п.
Коэффициент прироста, %	4,6	4,4	4,2	4,1	3,9	3,8	-0,8 п.п.
Сумма начисленной амортизации за год, млн. руб.	325	340	355	370	385	400	75
Остаточная стоимость основных средств на конец года, млн. руб.	5 200	5 400	5 600	5 800	6 000	6 200	1 000
Коэффициент износа на к. г., %	19,1	20,6	22,0	23,4	25,0	26,5	7,4 п.п.
Коэффициент годности на к. г., %	80,9	79,4	78,0	76,6	75,0	73,5	-7,4 п.п.

Источник: составлено автором с использованием данных Воронежстата [14,15]

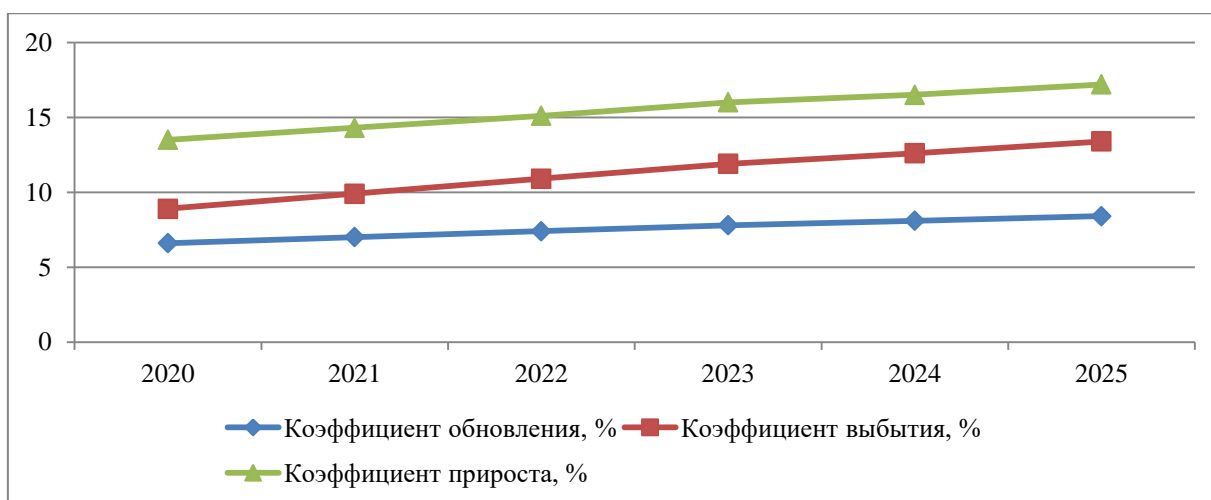


Рисунок 3. Тенденции изменения коэффициентов движения основных средств за 2020-2025 гг.

Figure 3. Trends in the movement coefficients of fixed assets for 2020-2025

Стоимость основных средств в сельскохозяйственных предприятиях Воронежской области росла: к концу периода она достигла 8 300 млн. руб., увеличившись на 1 500 млн. руб. (с 6 800 млн. руб.). Темпы поступления активов ежегодно превышали выбытие – коэффициент обновления вырос на 1,8 процентного пункта (с 6,6 до 8,4 %) (Табл.3).

Вместе с тем состояние основных средств постепенно ухудшается: коэффициент износа увеличился на 7,4 процентного пункта и достиг 26,5 %, а коэффициент годности снизился до 73,5 %. Несмотря на рост выбытия активов (коэффициент выбытия вырос на 2,7 процентного пункта), остаточная стоимость увеличилась на 1 000 млн. руб. – это говорит о сохранении значительного объёма работоспособных средств производства. При этом коэффициент прироста снизился на 0,8 процентного пункта: темпы выбытия растут быстрее темпов обновления (Рис.3).

Таблица 4. Состояние и движение основных средств сельскохозяйственных предприятий Воронежской области

Table 4. Condition and movement of fixed assets of agricultural enterprises in the Voronezh Region

Виды средств	Коэффициент износа						Коэффициент обновления						Коэффициент выбытия					
	годы						годы						годы					
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Здания, сооружения и передаточные устройства	38,2	37,8	37,5	36,9	36,2	35,5	4,5	4,8	5,1	5,4	5,8	6,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	1,6
Машины и оборудование	45,6	44,9	44,1	43,2	42	40,5	7,3	7,8	8,4	9,1	9,9	10,8	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,5
Транспортные средства	48,7	47,5	46,3	45	43,6	42,1	6,8	7,2	7,6	8,1	8,7	9,4	3,8	3,6	3,4	3,2	3	2,8
Производственный и хозяйственный инвентарь	32,4	31,8	31,2	30,5	29,7	28,8	5,2	5,5	5,9	6,3	6,8	7,4	2,3	2,2	2,1	2	1,9	1,8
Продуктивный скот	25,8	25,3	24,8	24,2	23,5	22,7	8,1	8,5	9	9,6	10,3	11,1	4	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5
Многолетние насаждения	30,1	29,6	29	28,3	27,5	26,6	3,8	4,1	4,4	4,8	5,3	5,9	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1
Другие виды основных средств	36,5	35,8	35	34,1	33,2	32,2	4,9	5,3	5,7	6,2	6,8	7,5	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1
Основные средства-всего	39,1	38,6	38	37,3	36,5	35	6,1	6,4	6,8	7,3	7,9	8,6	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3

Источник: составлено автором с использованием данных Воронежстата [15,16]

За исследуемый период в сельскохозяйственных предприятиях Воронежской области заметно улучшилось состояние основных средств: коэффициент износа по отрасли снизился на 4,1 процентного пункта – с 39,1 % до 35,0 %. Особенно ощутимо сократился износ по машинам и оборудованию (с 45,6 % до 40,5 %) и транспортным средствам (с 48,7 % до 42,1 %), что связано с обновлением техники. Минимальный износ к 2025 году зафиксирован по продуктивному скоту (22,7 %) и многолетним насаждениям (26,6 %) – это отражает особенности их эксплуатации.

Коэффициент обновления за тот же период вырос на 2,5 процентного пункта (с 6,1 % до 8,6 %), что говорит о высокой инвестиционной активности в АПК региона. Наиболее заметно обновился парк продуктивного скота (рост с 8,1 % до 11,1 %) и машин с оборудованием (с 7,3 % до 10,8 %) – во многом благодаря господдержке и внедрению новых технологий [6,7].

Одновременно сократился коэффициент выбытия: в среднем по отрасли он уменьшился на 0,5 процентного пункта (с 2,8 % до 2,3 %). Минимальное выбытие отмечено для зданий и сооружений (1,6 % в 2025 году) и многолетних насаждений (1,0 %), а снижение показателя по машинам и оборудованию (с 3,5 % до 2,5 %) указывает на повышение их надёжности и улучшение условий эксплуатации.

Обратная связь между износом и обновлением подтверждает эффективность инвестиционной политики: где активнее обновляются активы, там снижается износ. При этом быстрее всего модернизируются категории, влияющие на производительность (техника, скот), а обновление инфраструктурных активов идёт умереннее, но стабильно.

В итоге за шестилетний период в АПК Воронежской области сложилась чёткая тенденция к обновлению фондов. Улучшение состояния основных средств и рост темпов ввода новых активов повышают конкурентоспособность отрасли и создают основу для дальнейшего роста эффективности сельскохозяйственного производства.

Таблица 5. Динамика состояния воспроизводства техники в сельскохозяйственных предприятиях Воронежской области

Table 5. Dynamics of the state of equipment reproduction in agricultural enterprises of the Voronezh Region

Показатели	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Откл. 2025/2020 гг.
Трактора, шт.							
На начало года	14900	14850	14780	14720	14650	14580	-320
На конец года	14850	14780	14720	14650	14580	14510	-340
Поступило за год	570	560	550	540	530	520	-50
В т. ч. новых	350	340	330	320	310	300	-50
Выбыло за год	620	610	600	590	580	570	-50
Из них списано	380	370	360	350	340	330	-50
Коэффициент ввода	0,038	0,037	0,037	0,036	0,036	0,035	-0,003
Коэффициент выбытия	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,039	-0,003
Коэффициент прироста	-0,004	-0,003	-0,003	-0,004	-0,003	-0,004	-
Сеялки и посевные комплексы, шт.							
На начало года	5 200	5 180	5 160	5 140	5 120	5 100	-100
На конец года	5 180	5 160	5 140	5 120	5 100	5 080	-120
Поступило за год	333	330	325	320	315	310	-23
В т. ч. новых	200	195	190	185	180	175	-25
Выбыло за год	340	335	330	325	320	315	-25
Из них списано	170	165	160	155	150	145	-25
Коэффициент ввода	0,064	0,064	0,063	0,062	0,062	0,061	-0,003
Коэффициент выбытия	0,065	0,065	0,064	0,063	0,063	0,062	-0,003
Коэффициент прироста	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-
Зерноуборочные комбайны, шт.							
На начало года	3 800	3 790	3 770	3 750	3 730	3 710	-90
На конец года	3 790	3 770	3 750	3 730	3 710	3 690	-110
Поступило за год	262	255	248	240	235	230	-32
В т. ч. новых	150	145	140	135	130	125	-25
Выбыло за год	272	265	258	250	245	240	-32
Из них списано	130	125	120	115	110	105	-25
Коэффициент ввода	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	-0,007
Коэффициент выбытия	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,065	-0,006
Коэффициент прироста	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-
Свеклоуборочные комбайны, шт.							
На начало года	405	408	410	412	415	418	+13
На конец года	408	410	412	415	418	421	+16
Поступило за год	10	9	8	9	8	7	-3
В т. ч. новых	6	6	5	6	5	4	-2
Выбыло за год	7	7	7	6	5	4	-3
Из них списано	4	4	3	3	3	2	-2
Коэффициент ввода	0,025	0,022	0,020	0,022	0,020	0,017	-0,008
Коэффициент выбытия	0,017	0,017	0,017	0,014	0,012	0,010	-0,007
Коэффициент прироста	0,007	0,005	0,002	0,007	0,007	0,007	-

Источник: составлено автором с использованием данных Воронежстата

Данные таблицы 5 показывают неоднозначную ситуацию с воспроизводством сельскохозяйственной техники в Воронежской области: положительная динамика наблюдается только по свеклоуборочным комбайнам, тогда как по остальным категориям парк сокращается, а темпы обновления снижаются.

Так, парк свеклоуборочных комбайнов постепенно растёт: на начало года он увеличился на 13 единиц (с 405 до 418), на конец года – на 16 единиц (с 408 до 421), при этом коэффициент прироста остаётся положительным (0,002–0,007). Это связано с развитием сахарной промышленности в регионе.

В то же время количество тракторов за период сократилось на 320 единиц на начало года (с 14 900 до 14 580) и на 340 единиц на конец года (с 14 850 до 14 510). Парк сеялок уменьшился на 100 единиц на начало года и на 120 единиц на конец года, а зерноуборочных комбайнов – на 90 и 110 единиц соответственно. Коэффициенты выбытия по этим категориям превышают коэффициенты ввода, что приводит к отрицательному приросту техники [8,9].

Темпы обновления снижаются по всем видам техники: коэффициент ввода падает, а доля новых машин в поступлениях сокращается. Например, по тракторам доля новых машин снизилась с 61,4 % в 2020 году до 57,7 % в 2025-м, по сеялкам – с 60,1 до 56,5 %, по зерноуборочным комбайнам – с 57,3 до 54,3 %.

Критический износ техники серьёзно ограничивает развитие аграрного сектора: свыше 85 % тракторов, 58 % зерноуборочных и 41 % кормоуборочных комбайнов эксплуатируются более 10 лет. Уровень физического износа достигает 70 %, морального – превышает 90 %. Это ведёт к экономическим потерям: из-за устаревшей техники расход топлива на 25–30 % выше нормы, сроки посевной и уборочной кампаний затягиваются на 10–14 дней, что оборачивается потерями до 15 % урожая зерновых.

На обновление парка влияют несколько факторов: высокая стоимость современной техники, дефицит квалифицированных механизаторов,

инфраструктурные ограничения и отсутствие в России производства отдельных видов специализированной техники.

Вместе с тем есть и позитивные примеры: в Тамбовской области за счёт субсидий обновили 15 % тракторного парка за три года, а в Воронежской области отдельные хозяйства успешно используют лизинг с господдержкой и развивают сервисную инфраструктуру [10,11].

Преодоление кризиса требует системного подхода: сочетания господдержки, развития отечественного сельхозмашиностроения, модернизации инфраструктуры и подготовки кадров. Это позволит замедлить сокращение парка техники, снизить экономические потери и укрепить продовольственную безопасность региона.

Таблица 6. Динамика фондоотдачи, амортизацеотдачи и рентабельности основных фондов в сельскохозяйственных предприятиях Воронежской области в 2020-2025 гг.

Table 6. Dynamics of capital productivity, depreciation productivity, and profitability of fixed assets in agricultural enterprises of the Voronezh Region in 2020-2025

Показатели	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Откл. 2025 от 2020 гг
Фондоотдача, руб.	0,78	0,81	0,79	0,92	1,10	0,98	0,20
Амортизацеотдача, руб.	7,50	8,10	7,60	9,40	11,80	2,45	-5,05
Рентабельность ОФ, руб.	0,04	0,06	0,03	0,21	0,30	0,17	0,13

Источник: составлено автором на основе данных Воронежстата [14,15]

Исследования показали, что в сельскохозяйственных предприятиях Воронежской области наблюдается общая тенденция роста фондоотдачи, хотя показатели по годам колеблются. В 2020 году она составляла 0,78 руб., к 2024 году выросла до 1,10 руб. (рост на 41 %), но в 2025 году снизилась до 0,98 руб. (Табл.6).

Снижение в 2025 году связано с масштабным обновлением техники в 2024-2025 гг.: сельхозпредприятия активно закупили энергонасыщенные

тракторы и комбайны, из-за чего выросла стоимость основных фондов – это временно снизило эффективность их использования.

Амортизацеотдача, отражающая интенсивность эксплуатации основных средств, до 2024 года устойчиво росла – с 7,50 до 11,80 руб. Однако в 2025 году показатель резко упал до 2,45 руб.: часть амортизационных отчислений направили на финансирование новых инвестиционных проектов, а не на текущее производство.

Рентабельность основных фондов также выросла: с 0,04 руб. в 2020 году до 0,30 руб. в 2024-м (в 7,5 раз), но в 2025-м снизилась до 0,17 руб. Причина – рост затрат на обслуживание обновлённого парка техники и увеличение амортизационных отчислений.

ИАПФ Воронежской области показали устойчивый рост: стоимость товарной продукции увеличилась на 158,9 %, а среднегодовая стоимость основных средств – на 227 % (Табл.7).

Удельный вес ИАПФ в производстве сельхозпродукции вырос, особенно заметно – в сегментах сахарной свёклы (до 90,5 %, 4,5 п.п.) и молока (до 58,9 %, 15,4 п.п.). При сокращении площади сельхозугодий (-29 тыс. га) и численности работников (-442 чел.) доля ИАПФ в общем объёме товарной сельхозпродукции увеличилась на 10 п.п. (до 67,7 %), что подтверждает их растущую роль и эффективность в региональном АПК.

Развитие аграрного сектора области идёт позитивно, однако требует более взвешенного распределения инвестиций. Оптимальный баланс между объёмом вложений и их отдачей демонстрируют предприятия со средними инвестициями. Для устойчивого развития важно поддерживать малые и средние хозяйства, стимулировать кооперацию между сельхозпроизводителями и фокусироваться на проектах с быстрой окупаемостью – например, в сфере мелиорации, хранения и переработки продукции.

Таблица 7. Динамика основных показателей деятельности ИАПФ Воронежской области и их удельного веса в сельскохозяйственном производстве региона

Table 7. Dynamics of the main indicators of the IAPF activities in the Voronezh Region and their share in the region's agricultural production

Показатели	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Измене ние за период (+/-)	Темп роста, % (2025 к 2020)
Стоимость товарной продукции млн. руб.	16 525	16 986	20 812	32 079	33 150	42 777	26 252	258,9
Среднегодовая стоимость основных средств млн. руб.	13 481	14 924	17 124	28 081	36 704	44 071	30 590	327
Площадь сельскохозяйственных угодий тыс. га	1 311	1 340	1 138	1 319	1 312	1 282	-29	97,8
Площадь пашни тыс. га	1 104	1 138	1 012	1 167	1 158	1 147	43	103,9
Среднегодовая численность работников чел.	23 166	21 121	18 825	23 774	23 812	22 724	-442	98,1
Поголовье крупного рогатого скота гол.	30 325	39 846	28 704	41 712	48 335	43 878	13 553	144,7
в т. ч. коров гол.	12 156	15 938	11 482	16 685	19 334	17 551	5 395	144,4
Объём производства молока тыс. т	133	139	127	201	232	258	125	194
Объём производства мяса (в живом весе) тыс. т	71	94	116	150	170	193	122	271,8
Объём производства зерна тыс. т	1 585	440	1 215	1 392	1 677	1 955	370	123,3
Объём производства сахарной свёклы тыс. т	1 496	1 017	3 326	3 194	2 775	2 396	900	160,2
Объём производства подсолнечника тыс. т	262	171	336	313	369	311	49	118,7
Удельный вес ИАПФ в сельскохозяйственном производстве, %								
Стоимость товарной продукции	57,7	57,6	56,6	62,9	66,4	67,7	10,0 п.п	-
Среднегодовая стоимость основных производственных фондов	48,2	49,1	50,3	54,8	58,2	61,5	13,3 п.п	-
Среднегодовая численность работников	38,5	39,2	40,1	42,7	44,3	45,8	7,3 п.п.	-
Среднегодовое поголовье коров	62,4	63,1	64,2	66,8	68,5	70,2	7,8 п.п.	-
Площадь	45,3	46,1	47,2	49,8	51,4	53,6	8,3 п.п.	-

сельскохозяйственных угодий								
Площадь пашни	44,8	45,6	46,7	49,2	50,8	52,4	7,6 п.п.	-
Зерно	72,4	73,1	74,2	75,8	76,5	78	+5,6 п.п.	-
Сахарная свёкла	86	85,7	87,3	88,1	89,2	90,5	4,5 п.п.	-
Подсолнечник	50,8	51,2	52,1	53,4	54,7	55,9	5,1 п.п.	-
Молоко	43,5	44,4	40,1	55,4	58	58,9	15,4 п.п.	-
Мясо	75,5	78,3	78,9	82	79,8	88,5	13,0 п.п.	-

Источник: рассчитано по данным годовой отчётности предприятий и информации департамента аграрной политики Воронежской области [15, 16].

Выводы. Изучение развития аграрного сектора Воронежской области в 2020-2025 гг. демонстрирует неоднозначную картину: с одной стороны, отмечаются позитивные сдвиги в эффективности производства и наращивании стоимости основных средств, с другой – выявляются серьёзные проблемы, сдерживающие модернизацию отрасли.

Общая стоимость основных средств за период выросла на 12,8 %, достигнув 8 235 млн. руб. Особенно заметно увеличилась стоимость продуктивного скота (50 %), многолетних насаждений (25 %) и производственного инвентаря (50 %). Удельный вес ИАПФ в производстве сельхозпродукции также вырос: доля в выпуске сахарной свёклы достигла 90,5 % (рост на 4,5 п.п.), молока – 58,9 % (рост на 15,4 п.п.), а в общем объёме товарной продукции – 67,7 % (рост на 10 п.п.). Наблюдается рост фондоотдачи – с 0,78 руб. в 2020 г. до 1,10 руб. в 2024 г., а рентабельность основных фондов увеличилась в 7,5 раз за период.

Вместе с тем состояние материально-технической базы вызывает серьёзные опасения. Парк сельскохозяйственной техники сокращается: количество тракторов уменьшилось на 320 единиц, зерноуборочных комбайнов – на 90 единиц, сеялок – на 100 единиц. Доля машин старше 10 лет достигла 60,5 % – это на 7,5 п.п. больше, чем в начале периода. Коэффициент износа основных средств вырос до 26,5 % (+7,4 п.п.), при этом уровень физического износа техники достигает 70 %, а морального – превышает 90 %.

Снижение темпов обновления техники усугубляет ситуацию: коэффициент ввода падает по всем категориям, а доля новых машин в поступлениях снижается – например, по тракторам показатель упал с 61,4 до 57,7 %. По большинству видов техники выбывание происходит быстрее обновления, что ведёт к постепенному сокращению парка. Исключение составляет лишь сегмент свеклоуборочных комбайнов: их парк вырос на 13-16 единиц благодаря развитию сахарной промышленности в регионе.

Экономические последствия износа ощутимы: из-за устаревшей техники расход топлива превышает норму на 25-30 %, сроки посевной и уборочной кампаний затягиваются на 10-14 дней, а потери урожая зерновых достигают 15 %. Среди ключевых факторов, сдерживающих обновление парка, – высокая стоимость современной техники (цена трактора «Кировец К-744Р» превышает 12 млн. руб.), дефицит квалифицированных механизаторов (до 30 % в отдельных районах), инфраструктурные ограничения и отсутствие отечественного производства отдельных видов специализированной техники.

В то же время отдельные успешные практики показывают потенциал для роста. Благодаря субсидиям в Тамбовской области за три года обновили 15 % тракторного парка. В Воронежской области лизинговые схемы с господдержкой (например, в ООО «Агрофирма „Победа“») позволили повысить производительность уборочных работ. Развитие сети сервисных центров в Семилукском районе снизило время простоя техники на 40 %, а инвестиции в интенсивные сады в Рамонском районе обеспечили рост урожайности на 60 % за пять лет.

Для преодоления выявленных проблем и обеспечения долгосрочного развития аграрного сектора необходимо комплексно подходить к модернизации материально-технической базы. Важно наращивать государственную поддержку закупок современной техники, особенно для малых хозяйств, развивать отечественное сельхозмашиностроение и локализовать производство специализированной техники. Стимулирование кооперации сельхозпроизводителей поможет оптимизировать затраты, а

инвестиции в инфраструктуру обслуживания и ремонта – сократить время простоя оборудования. Не менее значима подготовка квалифицированных кадров для работы с высокотехнологичной техникой и приоритезация проектов с быстрой окупаемостью, таких как мелиорация, хранение и переработка продукции. Реализация этих мер позволит замедлить сокращение парка техники, снизить экономические потери из-за износа и укрепить продовольственную безопасность региона.

Литература

1. Анциферова, О. Ю. Агропромышленный комплекс будущего как синергия науки, бизнеса и государства / О. Ю. Анциферова, Е. С. Сутормина // Управление инновационным развитием агропродовольственных систем на национальном и региональном уровнях : материалы VII Международной научно-практической конференции в рамках Десятилетия науки и технологий в РФ, Воронеж, 15–16 октября 2025 года. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, 2025. – С. 60–65. – EDN WPIDMX.
2. Анциферова, О. Ю. Инвестиционная привлекательность АПК для формирования и развития агропромышленных технопарков в регионе / О. Ю. Анциферова, В. В. Будюкин, С. О. Дубовицкий [и др.] // Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения (VIII Шаляпинские чтения) : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Мичуринск, 26 ноября 2025 года. – Мичуринск : ЗАО «Университетская книга», 2025. – С. 62–66. – EDN CDTADX.
3. Бровкина, Н. Е. Механизм финансирования модернизации технологической базы сельского хозяйства: проблемы и направления развития / Н. Е. Бровкина, Е. П. Терновская // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2026. – № 1. – С. 73–78. – DOI: 10.55186/25876740_2026_69_1_73.
4. Задорожная, А. Н. Сельское хозяйство Воронежской области: современное состояние и тенденции / А. Н. Задорожная, Л. Н. Измайлова //

Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 8. – DOI: 10.18411/trnio-08-2023-70.

5. Кушхова, А. А. Моделирование и прогнозирование износа сельскохозяйственной техники для повышения эффективности эксплуатации / А. А. Кушхова, М. А. Яковлева, В. В. Драгуленко // КиберЛенинка. – 2024.

6. Луюенко, Л. В. Анализ отказов эксплуатируемой сельскохозяйственной техники российского производства // Научно-практический журнал. – 2024.

7. Новиков, А. Е. Современные системы автоматизированного проектирования / А. Е. Новиков, В. А. Новикова // Проблемы ресурсобеспеченности и перспективы развития агропромышленного комплекса : материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 26 сентября 2025 года. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2025. – С. 93–98. – EDN NTVDFH.

8. Новикова, В. А. Состояние и тенденции организации использования воспроизводства основных средств на примере ООО «ЭКОНИВААГРО» / В. А. Новикова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2025. – № 2(182). – С. 87–103. – DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2025/2/87-103. – EDN FETDER.

9. Новикова, В. А. Экономические механизмы обновления основных фондов в интегрированных структурах АПК / В. А. Новикова // Актуальные вопросы современных технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 80-летию Победы в Великой Отечественной войне, Курск, 09 апреля 2025 года. – Курск : Курский государственный аграрный университет им. И. И. Иванова, 2025. – С. 197–202. – EDN: ПУККУ.

10. Погребцова, Е. А. Техническая база в сельском хозяйстве России: современные тенденции и перспективы обновления / Е. А. Погребцова, В. В.

Леушкина // Экономика высокотехнологичных производств. – 2023. – Т. 4, № 4. – С. 269–282. – DOI: 10.18334/evp.4.4.120571.

11. Полунина, Н. Ю. Реализация потенциала развития АПК Воронежской области: современные вызовы и ожидаемые перспективы // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2024. – № 9. – С. 47–44.

12. Черноиванов, А. Г. Износ, списание и утилизация сельскохозяйственной техники: опыт комплексного исследования / А. Г. Черноиванов, Е. А. Шапиро // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 86(02).

13. Nemchenko, A. V. Modernization as key to competitiveness growth of agricultural production // International Research Journal. – 2018. – № 4–70.

14. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области (Воронежстат). Сельское хозяйство Воронежской области. Статистический сборник / Воронежстат. – Воронеж, 2025. – 184 с. – ISBN 978-5-907586-23-1.

15. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области (Воронежстат). Основные показатели деятельности сельскохозяйственных организаций Воронежской области: статистический бюллетень / Воронежстат. – Воронеж, 2024. – 96 с.

16. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области (Воронежстат). Инвестиции в основной капитал в агропромышленном комплексе Воронежской области: аналитическая записка / Воронежстат. – Воронеж, 2025. – 48 с.

References

1. Antsiferova, O. Yu. Agro industrial complex of the future as a synergy of science, business and state / O. Yu. Antsiferova, E. S. Sutormina // Management of innovative development of agri food systems at national and regional levels: proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference within the Decade of Science and Technology in the Russian Federation, Voronezh, October

- 15–16, 2025. – Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2025. – P. 60–65. – EDN WPIDMX.
2. Antsiferova, O. Yu. Investment attractiveness of the agro industrial complex for the formation and development of agro industrial techno parks in the region / O. Yu. Antsiferova, V. V. Budyukin, S. O. Dubovitskii [et al.] // Modern challenges for the agro industrial complex and innovative ways to address them (VIII Shalyapin Readings): proceedings of the All Russian (National) Scientific and Practical Conference, Michurinsk, November 26, 2025. – Michurinsk: ZAO «Universitetskaya kniga», 2025. – P. 62–66. – EDN CDTADX.
3. Brovkina, N. E. Mechanism of financing the modernization of the technological base of agriculture: problems and development directions / N. E. Brovkina, E. P. Ternovskaya // International Agricultural Journal. – 2026. – No. 1. – P. 73–78. – DOI: 10.55186/25876740_2026_69_1_73.
4. Zadorozhnaya, A. N. Agriculture of the Voronezh region: current state and trends / A. N. Zadorozhnaya, L. N. Izmailova // Trends in the Development of Science and Education. – 2023. – No. 8. – DOI: 10.18411/trnio-08-2023-70.
5. Kushkhova, A. A. Modeling and forecasting wear of agricultural machinery to improve operational efficiency / A. A. Kushkhova, M. A. Yakovleva, V. V. Dragulenko // KiberLeninka. – 2024.
6. Luyuenko, L. V. Analysis of failures of operated Russian made agricultural machinery // Scientific and Practical Journal. – 2024.
7. Novikov, A. E. Modern computer aided design systems / A. E. Novikov, V. A. Novikova // Problems of resource provision and prospects for the development of the agro industrial complex: proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Voronezh, September 26, 2025. – Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2025. – P. 93–98. – EDN NTVDFH.
8. Novikova, V. A. State and trends in the organization of use and reproduction of fixed assets: case study of LLC «EKONIVA AGRO» / V. A. Novikova // Modern

Economy: Problems and Solutions. – 2025. – No. 2(182). – P. 87–103. – DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2025/2/87-103. – EDN FETDEP.

9. Novikova, V. A. Economic mechanisms for updating fixed assets in integrated agro industrial structures / V. A. Novikova // Current issues of modern technologies for production and processing of agricultural products: proceedings of the II All Russian Scientific and Practical Conference with International Participation dedicated to the 80th Anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Kursk, April 9, 2025. – Kursk: Kursk State Agrarian University named after I. I. Ivanov, 2025. – P. 197–202. – EDN: IYKKY.

10. Pogrebtsova, E. A. Technical base in Russian agriculture: current trends and renewal prospects / E. A. Pogrebtsova, V. V. Leushkina // Economics of High Tech Industries. – 2023. – Vol. 4, No. 4. – P. 269–282. – DOI: 10.18334/evp.4.4.120571.

11. Polunina, N. Yu. Realizing the development potential of the agro industrial complex of the Voronezh region: current challenges and expected prospects // Economics of Agricultural and Processing Enterprises. – 2024. – No. 9. – P. 47–44.

12. Chernoiyanov, A. G. Wear, write off and disposal of agricultural machinery: experience of comprehensive research / A. G. Chernoiyanov, E. A. Shapiro // Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2013. – No. 86(02).

13. Nemchenko, A. V. Modernization as key to competitiveness growth of agricultural production // International Research Journal. – 2018. – No. 4–70.

14. Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Voronezh Region (Voronezhstat). Agriculture of the Voronezh region. Statistical Compendium / Voronezhstat. – Voronezh, 2025. – 184 p. – ISBN 978-5-907586-23-1.

15. Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Voronezh Region (Voronezhstat). Key performance indicators of agricultural organizations in the Voronezh region: statistical bulletin / Voronezhstat. – Voronezh, 2024. – 96 p.

16. Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Voronezh Region (Voronezhstat). Investments in fixed capital in the agro industrial complex of the Voronezh region: analytical note / Voronezhstat. – Voronezh, 2025. – 48 p.

© *Новакова В.А., 2026. International agricultural journal, 2026, № 3, 5-29.*

Научная статья

Original article

УДК 636.085.52

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_3_21

edn: LXSVMQE

**КОЗЛЯТНИК ВОСТОЧНЫЙ В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ
ЯКУТИИ**

EASTERN GALEGA IN THE MIDDLE TAIGA SUBZONE OF YAKUTIA



Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания № FWRS-2022-0006 по теме «Разработать научные основы систем земледелия и агротехнологий на базе создания и сохранения генофонда, селекции гибридов и сортов нового поколения сельскохозяйственных культур, их защиты от вредных организмов, сохранения и воспроизводства почвенного плодородия в условиях изменяющегося климата Крайнего Севера». Работа выполнена с использованием оборудования на базе ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН.

Максимова Харитина Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории кормопроизводства и ягодных культур, Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова – обособленное подразделение ФГБНУ ФИЦ СО РАН, Якутск, ORCID:<http://orcid.org/0000-0003-1640-5531>tinamaksimova251156@gmail.com

Сметанина Анна Николаевна, учитель биологии, Муниципальное образовательное учреждение «Средняя школа № 39 им. Н.И. Шарина» ГО «город Якутск», Якутск, Россия, anna1n2maximova@gmail.com

Колесников Николай Васильевич, аспирант, лаборант–исследователь лаборатории кормопроизводства и ягодных культур, Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова –

обособленное подразделение ФГБНУ ФИЦ СО РАН, Якутск,
ORCID:<http://orcid.org/0000-0002-5278-3591>, kolesnikov.nikolay24@gmail.com

Николаева Валентина Семеновна, младший научный сотрудник
лаборатории кормопроизводства ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»,
Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г.
Сафронова, Якутия, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7799-8652>,
bayvalentina3105@gmail.com

Maksimova Kharitina Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior
Researcher of the Laboratory of Forage Production and Berry Crops of the
Yakutsk Research Institute of Agriculture named after M.G. Safronov - a separate
subdivision of the Federal Research Center of the Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences, Yakutia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1640-5531>,
tinamaksimova251156@gmail.com

Smetanina Anna Nikolaevna, biology teacher of the Municipal educational
institution "Secondary school №39 named after N.I. Sharin" of the Urban District
"City of Yakutsk", Yakutsk, anna1n2maximova@gmail.com

Kolesnikov Nikolay Vasilievich, postgraduate student, laboratory assistant-
researcher of the laboratory of fodder production and berry crops of the Yakutsk
Research Institute of Agriculture named after M.G. Safronov - a separate
subdivision of the Federal Research Center of the Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences, Yakutia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5278-3591>,
kolesnikov.nikolay24@gmail.com

Nikolaeva Valentina Semenovna, Junior Researcher of the Laboratory of Fodder
Production of Ministry of Education and Science of Russia, Yakut Scientific
Research Institute of Agriculture named after M.G. Safronov, Yakutia, ORCID:
<http://orcid.org/0000-0002-7799-8652> , bayvalentina3105@gmail.com

Аннотация. В статье приводятся данные по продуктивности новой
многолетней культуры козлятника восточного в условиях Среднетаежной
подзоны Якутии. Экспериментальные исследования проводились на
орошаемом участке Приленского агроландшафта. Почва опытного участка

мерзлотная лугово-черноземная солонцевато-солончаковая. Реакция среды щелочная, рН водный - 7,8-8,6; содержание гумуса в верхнем горизонте 3,14%. Норма высева козлятника восточного в чистом виде на зеленую массу 1,5 – 2,0 млн./га при ширине междурядий 15-30 см. Семена козлятника перед посевами скарифицировали, инокуляцию семян козлятника биопрепаратом Ризоторфин проводили вручную в день посева. Минеральные удобрения вносились в дозе (NPK)₆₀ кг/га д.в., (NPK)₉₀ кг/га д. в. и без внесения минеральных удобрений. Полив проводился с нормой 100-150 м³/га при снижении продуктивной влаги ниже 60% в пахотном слое. Полевые работы проводились согласно рекомендации системы ведения сельского хозяйства в РС(Я), 2021 г., методической пособия ВНИИ кормов, 1995 г. Лабораторные исследования выполнялись с использованием оборудования Анализатор ИК Spectra Star 2200 на базе ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН. По данным трех лет исследования урожайность зеленой массы козлятника составила 3,0-3,6 т/га, наблюдается высокая питательность с концентрацией обменной энергии 8,88-9,25 МДж/кг сухого вещества. Обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином составляет до 233,9 – 245,1г. Осенью у растений в подземной части стеблей закладывались 3-4 зимующие почки, формировались до 15 корневых отпрысков. Весной возобновление растений наблюдались в конце мая.

Таким образом, козлятника восточного, как более морозостойкой культуры подтаежной зоны Сибири вполне возможно возделывание в Центральной Якутии.

Abstract. The article presents data on the productivity of a new perennial crop, eastern galega, in the conditions of the Middle Taiga subzone of Yakutia. Experimental research was conducted on an irrigated plot within the Lena River agricultural landscape. The soil of the experimental plot is frozen meadow-chnozem solonetzic-solonchak. The soil reaction is alkaline, with a pH (water) of 7.8-8.6; humus content in the upper horizon is 3.14%. The seeding rate for pure stands of eastern galega for green mass was 1.5–2.0 million seeds/ha with a row

spacing of 15-30 cm. Galega seeds were scarified before sowing, and manual inoculation with the Rhizotorfin biopreparation was performed on the day of sowing. Mineral fertilizers were applied at rates of (NPK)60 kg/ha a.i., (NPK)90 kg/ha a.i., and without mineral fertilizer application. Irrigation was carried out at a rate of 100-150 m³/ha when productive moisture in the arable layer fell below 60%. Field work was conducted according to the recommendations of the Agricultural Management System in the Republic of Sakha (Yakutia), 2021, and the methodological manuals of the All-Russian Fodder Research Institute, 1995. Laboratory analyses were performed using an IR Analyzer Spectra Star 2200 at the Shared Use Center of the Federal Research Center YSC SB RAS. According to three years of research data, the green mass yield of galega ranged from 3.0-3.6 t/ha, showing high nutritional value with a metabolizable energy concentration of 8.88-9.25 MJ/kg of dry matter. The supply of digestible protein per 1 feed unit reached 233.9 – 245.1g. In autumn, plants formed 3-4 overwintering buds on the underground parts of stems and developed up to 15 root suckers. Plant regrowth in spring was observed in late May.

Thus, the cultivation of eastern galega, as a more frost-resistant crop of the sub-taiga zone of Siberia, is quite feasible in Central Yakutia.

Ключевые слова: многолетняя кормовая культура, изменяющийся климат севера, козлятник восточный, урожайность зеленой массы, химический состав, протеин, клубеньковые бактерии, питательность, ризоторфин, инокуляция

Keywords: perennial forage crop, changing northern climate, eastern galega, green mass yield, chemical composition, protein, rhizobia, nutritional value, Rhizotorfin, inoculation

Введение

Важнейшей задачей нашего государства является обеспечение продовольственной безопасности России. Обеспечения населения страны качественными продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем

отечественного производства в достаточном объеме было и остается важнейшей задачей АПК [1].

Доктрина продовольственной безопасности России¹ предусматривает обеспечение населения страны молоком и мясом отечественного производства соответственно на 90 и 85 %, что потребует улучшения и стабилизации кормовой базы на основе сбалансированного рациона по протеину в кормах для животных.

В Западной Сибири в структуре посевов кормовых многолетние травы на пашне занимают около 40%. [2]. Многолетние травы универсальные источники дешевого и качественного сырья для приготовления кормов, а кроме того, они позволяют решать проблему воспроизводства плодородия почв - при минерализации корневой массы бобовых в почве остается 60-90 кг/га азота атмосферного происхождения, что соответствует 200-370 кг аммиачной селитры [3]. Первостепенное внимание следует уделить многолетним травам, т.к. в настоящее время районированные сорта всех однолетних и многолетних трав, составляют основу кормопроизводства. Введение их в производство позволит наиболее полно использовать почвенно-климатический потенциал зоны возделывания и правильно организовать систему ведения хозяйства [4].

Основными источниками производства кормов в Якутии являются естественные сенокосы и пастбища, обеспечивающие 80 - 85% всех кормов. В Центральной Якутии лугопастбищные угодья занимают 90% площади, где сосредоточено более 70% крупного рогатого скота и лошадей.

Урожайность природных кормовых угодий в настоящее время не может обеспечить полностью потребности животноводства, которая обусловлена природно- климатическими условиями – короткий вегетационный период, холодные мерзлотные почвы, вечная мерзлота а также в большей мере зависит от влагообеспеченности вегетационных периодов. В условиях Севера ярко выражен дефицит растительного белка в зимних рационах сельскохозяйственных животных. Посевы многолетних кормовых культур

незначительные, более распространенной многолетней культурой в регионе является местный сорт люцерны, востребованы новые сорта и виды бобовых культур и многолетних трав.

В связи с этим нами впервые в условиях северного земледелия изучен возможность возделывания многолетней культуры козлятника восточного. (Галега восточная, *Galega orientalis* Lam.) – ценное кормовое растение.

Целесообразность и ценность козлятника восточного в подтаежной зоне Западной Сибири определяется не только его высокой и стабильной продуктивностью и хорошей питательностью, но и повышенной зимостойкостью, быстрым формированием укосной массы ранней весной, что позволяет успешно использовать его в системе зеленого и сырьевого конвейера [5].

В последние годы, в связи с потеплением климата в республике востребованы и начали широко использоваться новые светолюбивые и теплолюбивые кормовые культуры для производства сочных высокобелковых кормов. Перезимовка новых сортов многолетних трав в суровых условиях региона в прошлые года не получалась, они вымерзали в первый год перезимовки.

В условиях потепления климата возобновили рекогносцировочные опыты (2020г.) и продолжили изучение возделывания наиболее зимостойкой многолетней бобовой культуры козлятника восточного.

Климатические условия в Среднетаежной подзоны Якутии отличаются резкой континентальностью, летом жарко до $+30^{\circ}\text{C}$, зимой холодно до -50°C ., осадков выпадает 200-250 мм в год, сумма активных температур выше 10°C за вегетационный период достигает 1400-1600 $^{\circ}\text{C}$ [6], яркое солнце, безоблачное небо, длинный световой день за вегетационный период обеспечивают интенсивность солнечной радиации более 1000 МДж/м² [7].

Способность к активному вегетативному размножению за счет зимующих и корневых отпрысков, является ценной биологической особенностью козлятника, которая способствует густому травостою.

Козлятник восточный обладает высокой кормовой адаптивностью к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Цель исследований - изучить возделывание новой кормовой культуры козлятника восточного в условиях Среднетаежной подзоны Якутии.

Методика исследований. Полевые опыты проводились на орошаемом участке агрофирмы «Немюгю» на второй надпойменной террасе р. Лена, которая относится в Приленском агроландшафте Среднетаежной подзоны Якутии.

Почва опытного участка мерзлотная лугово-черноземная солонцевато-солончаковая. Реакция среды щелочная, рН водный - 7,8-8,6; содержание гумуса в верхнем горизонте 3,14% [8]. Норма высева козлятника восточного в чистом виде на зеленую массу 1,5 – 2,0 млн./га при ширине междурядий 15-30 см. Семена козлятника перед посевом скарифицировали, инокуляцию семян козлятника биопрепаратом Ризоторфин проводили вручную в день посева. Минеральные удобрения вносились в дозе (NPK)₆₀ кг/га д.в., (NPK)₉₀ кг/га д. в. и без внесения минеральных удобрений. Полив проводился с нормой 100-150 м³/га при снижении продуктивной влаги ниже 60% в пахотном слое. Полевые работы проводились согласно рекомендации системы ведения сельского хозяйства в РС(Я), 2021 г. [8]., методических пособий ВНИИ кормов, 1974,1995 г. [9]. Лабораторные исследования выполнялись с использованием оборудования Анализатор ИК Spectra Star 2200 на базе ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН. Повторность 3-х кратная. Площадь делянки по вариантам – 15 кв. м., площадь опыт - 135 кв.м, Длина делянки 5м, ширина -3 м., защитка между повторностями – 0,5 м.

Закладка полевого, наблюдения и учеты, математическая обработка полученных материалов проводились по «Методике полевого опыта» (Доспехов, 1985) [10].

По данным метеостанции г. Покровск вегетационный период 2020 г. был жарким, среднесуточные температуры за месяц отмечались выше среднемноголетнего показателя на 1,7- 2,4⁰С (кроме августа-12,8⁰С). Во

второй половине вегетационного периода рост и развитие кормовых культур проходило в крайне неблагоприятных условиях ввиду жаркого и засушливого лета, где осадков отмечалась ниже нормы. (в 3 декаде июня и августа осадков совсем не было). В 3-й декаде июля выпало 18,8 мм осадков, что несколько выше среднемноголетнего показателя (13,0 мм) и поддерживало развитие кормовых культур до уборочной спелости (табл.1).

Последний весенний заморозок наблюдался в ночь с 13 на 14 июня минус 1°C. Первый осенний заморозок отмечен в ночь с 28 на 29 августа минус 2°C. Продолжительность безморозного периода составила 76 дней.

Наступление минимальных температур воздуха отмечались в третьей декаде ноября -37°C и в конце третьей декады декабря -53°C. Минимальная температуры воздуха -56,4°C отмечена в ночные часы третьей декады января 2021 г.

Вегетационный период 2021 года характеризовался недостаточным обеспечением почвы продуктивной влагой в ранние фазы развития растений. Весна была ранней, достаточно теплой, среднесуточная температура воздуха в мае была 8,1°C, осадков выпало 10,3 мм, Среднемесячная температура воздуха июля составляла +19,5°C, при этом максимальная температура месяца была 34,5°C, за месяц выпало осадков 31,2 мм при норме 46,0 мм. Среднее месячное количество осадков в сентябре превысило в 1,5 раза норму (19 мм) и составило 30,4 мм.

В целом метеоусловия вегетационного периода 2021 года были неблагоприятными (табл. 1).

В 2022 г. вегетационный период отмечался благоприятным погодным условием. Среднесуточные температуры повсеместно были выше среднемноголетнего показателя на 1,3- 4,10C., осадков выпало в мае и июле 24,5 и 78,5 мм. соответственно, что превысила месячных среднемноголетних норм на 1,5 раза (табл. 1).

Таблица 1 - Метеоусловия вегетационного периода 2020-2022гг. (г.Покровск).**Table 1 - Weather conditions of the growing season 2020–2022 (Pokrovsk).**

Месяцы	Декады	Температура воздуха °С				Осадки, мм.				
		сред декад			Средняя многол. темпер. °С	Сред декад			Сред. много. норма , мм	
		2020	2021	2022		2020	2021	2022		
Май	1	2,3	7,0	3,3	2,3	6,6	0,4	2,4	4	
	2	9,7	6,5	5,5	6,1	2,1	7,7	3,3	6	
	3	11,9	11,0	10,5	9,4	2,4	2,2	18,8	9	
	За месяц	8,0	8,1	6,6	5,9	11,1	10,3	24,5	19	
Июнь	1	13,8	15,4	18,4	12,8	18,5	0,9	15,0	10	
	2	17,2	17,0	16,3	14,8	17,7	4,0	7,9	11	
	3	20,1	22,5	21,3	16,3	-	5,4	10,7	16	
	За месяц	17,0	17,0	18,7	14,6	36,2	10,3	33,6	37	
Июль	1	17,3	21,9	22,0	18,3	10,7	1,9	6,1	18	
	2	22,4	18,4	22,1	18,1	5,9	12,6	51,0	15	
	3	19,5	19,5	22,0	17,7	18,8	16,7	21,4	13	
	За месяц	19,7	19,5	22,0	18,0	35,4	31,2	78,5	46	
Август	1	16,6	18,5	19,0	7,1	2,9	1,4	8,5	17	
	2	11,8	18,4	15,3	14,4	2,0	8,3	21,3	14	
	3	9,9	14,0	10,7	12,2	-	20,8	9,5	13	
	За месяц	12,8	18,4	15,0		4,9	30,5	39,3	44	
Сентябрь	1	-	8,4	8,2	9,6	6,6	0	8,9	4	
	2	-	7,6	5,2	5,4	2,1	27,5	5,5	6	
	3	-	4,9	1,2	0,4	2,4	2,9	10,7	9	
	За месяц	-	7,6	4,9	5,1	11,1	30,4	25,1	19	

Результаты исследования

Исследования показали, что новую многолетнюю культуру козлятника восточного при правильной агротехнике вполне возможно возделывать в условиях Центральной Якутии.

При посеве козлятника (2020 г.), в первой декаде июня наступление фенологических фаз следующее: всходы- 20-25 июня; формирование розетки – 25-30 июня; стебление – 5- 15 июля; бутонизация – начало цветения отмечалась 25 июля - 5 августа, стручкование – 10-20 августа.

По данным биометрических наблюдений, в фазе стебления высота растений составляла 15,5-20,0 см. При укосной спелости в фазе цветения - стручкование высота козлятника была от 20-30 до 40-60 см.

Урожайность зеленой массы в первый год посева составила 2,0 т/га в варианте контроля (без внесения минерального удобрения), на варианте внесения минерального удобрения NPK₆₀ и NPK₉₀ - 2,3 и 2,5 т/га соответственно. Урожайность зеленой массы козлятника на второй год составила от 3,1 до 3,7 т/га и на третий год укоса – 3,9 – 4,6 т/га по вариантам удобрения. В среднем за три года урожайность зеленой массы составила в варианте контроля – 3,0 т/га, в варианте NPK₆₀ – 3,3 т/га и в варианте NPK₉₀ 3,6 т/га с прибавкой зеленой массы по вариантам удобрения от 0,3 – 0,6 т/га (табл. 2)

Таблица –2 Урожайность зеленой массы козлятника восточного, т/га
Table –2 Productivity (yield) of Eastern galega’s green mass, t/ha

Годы исследований	Вариант удобрений		
	Контроль	NPK ₆₀	NPK ₉₀
2020	2,0	2,3	2,5
2021	3,1	3,5	3,7
2022	3,9	4,2	4,6
Средняя	3,0	3,3	3,6
Прибавка	-	0,3	0,6

НСР₀₅ – 1,51

Согласно нормативным требованиям в рационе дойных коров должно содержаться 9-15% сырого протеина или 95-110 г переваримого протеина на 1 кормовую единицу в зависимости от их продуктивности. Одним из показателей высокой питательности сочных кормов является сырой протеин – азотистые белковые соединения, состоящие из аминокислот, и небелковые – амиды. Наши исследования показали, что у козлятника накапливается высокое содержание сырого протеина от 19,01 до 24,25% , что характерно для растений криолитозоны. По зоотехническим нормативам содержание сырого жира в корме до 3,1% считается превосходным, 2,6 % – очень хорошим и 2,4 % - хорошим. Биохимический анализ козлятника восточного показал высокое сырого жира в варианте NPK₉₀ – 3,21 %, содержание золы - 7,43-8,01% при нормативном количестве его в кормовой массе – 5-8%.

Содержание сырой клетчатки у козлятника ивысокое - 30,60 - 31,60% (табл. 3).

Таблица – 3 Содержание сырых веществ в зеленой массе козлятника, %
Table –3 Content of crude substances in Eastern galega's green mass, %

Содержание сырых веществ, %	Варианты удобрений		
	Контроль	НПК ₆₀	НПК ₉₀
Протеин	19,01	19,72	24,25
Клетчатка	31,56	31,60	30,60
Жир	1,80	1,92	3,21
Зола	7,43	7,55	8,01
БЭВ	36,94	35,77	29,54
Калий, г/кг	8,99	8,65	5,81
Фосфор	0,30	0,29	0,30
Кальций	2,35	2,33	2,41

Природно-климатические условия северного земледелия в условиях криолитозоны отличаются высокой интенсивностью освещения, длинным световым днем и быстрым нарастанием среднесуточных температур весной, в этих условиях козлятник восточный формировал повышенный потенциал продуктивности. Сбор переваримого протеина составил по вариантам минерального удобрения от 147,41 до 198,87 г в 1 кг сухого вещества, наблюдается высокая питательность с концентрацией обменной энергии 8,88-9,25 МДж/кг сухого вещества, переваримого протеина до 233,9 – 245,1 г на 1 к.ед. (табл.4).

Таблица – 4 Питательность зеленой массы козлятника восточного
Table –4 Nutritive value of Eastern galega's green mass

В 1 кг сухого вещества	Варианты удобрений		
	Контроль	НПК ₆₀	НПК ₉₀
Кормовая единица	0,63	0,63	0,68
Переваримый протеин, г.	147,41	154,41	198,87
Обменная энергия, МДж.	8,88	8,89	9,25
Валовая энергия, МДж.	18,69	18,75	19,27
Обеспеч. 1 к.е. переваримым протеином, г	233,9	245,1	233,9

Осенью у растений в подземной части стеблей закладывались 3-4 зимующие почки, формировались до 15 корневых отпрысков. Весной возобновление растений наблюдались в конце мая.

Заключение. В условиях изменяющегося климата криолитозоны установлена возможность возделывания новой многолетней культуры козлятника восточного (Галега восточная, *Galega orientalis* Lam.) с высокой питательностью и эффективностью в условиях северного земледелия.

Литература

1. Справочник по кормопроизводству. 4-е изд. Перераб. и дополн./ Под ред. В.М. Косолапова, И.А.Трофимова – М.: Россельхозакадемия, 2011.-С.3-4.
2. Демарчук Г.А. Многолетние травы в Сибири: Справ. Инфрм. / РАСХН Сиб. Отд-ние. ГНУ СибНИИ кормов. – Новосибирск, 2002. – 44 с.
3. Возделывание козлятника восточного на корм и семена в Западной Сибири: Рекомендации / РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибНИИ кормов. – Новосибирск, 2000.-30 с.
4. Производство кормов в Западной Сибири:/Рекомендации / РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибНИИ кормов.- Новосибирск, 2007.-100с.
5. Степанов А.Ф., Александрова С.Н. Продуктивность козлятника восточного в зависимости от срока скашивания//Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2014. № 4. С.54.
6. Шашко Д.И. Климатические условия земледелия Центральной Якутии – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 264 с.
7. Кормовые севообороты в системе адаптивно-ландшафтного земледелия среднетаежной подзоны Якутии / Максимова Х.И., Иванова Л.С., Романова Л.А. Рос. Акад. Наук, Сиб. отд-ние. Новосибирск: СО РАН, 2025.- 145 с.
8. Система ведения сельского хозяйства в республике Саха (Якутия) на период 2021-2025 годы. Методическое пособие/Министерство сельского хозяйства Республики Саха (Якутия). ФГБУН ФИЦ Якут. науч. центр Сиб. отд. Российской Академии наук. Якут. науч.-исслед.

ин-т сель. хоз-ва им. М.Г. Сафронова. – Белгород: Изд-во Сангалова К.Ю., 2021. 592 с.

9. Методические рекомендации по проведению опытов с кормовыми севооборотами. – М., 1974. – 81 с.

10. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

References

1. Reference book of feed production. 4th ed. Revised and expanded/Edited by V.M. Kosolapov, I.A. Trofimov - M.: Russian Agricultural Academy, 2011.-P.3-4.

2. Demarchuk G.A. Perennial grasses in Siberia: Reference Info/Russian Academy of Agricultural Sciences. Siberian Branch. State Scientific Institution of Siberian Research Institute of Forage. – Novosibirsk, 2002. – 44 p.

3. Cultivation of eastern goat's rue for fodder and seeds in Western Siberia: Recommendations/Russian Academy of Agricultural Sciences. Siberian Branch. State Scientific Institution of Siberian Research Institute of Forage. Novosibirsk, 2000.-30 p.

4. Feed production in Western Siberia: Recommendations/Russian Academy of Agricultural Sciences. Siberian Branch. State Scientific Institution of Siberian Research Institute of Forage. Novosibirsk, 2007.-100 p.

5. Stepanov A.F., Aleksandrova S.N. Productivity of eastern goat's rue depending on the time of mowing // Feeding of farm animals and forage production. 2014. № 4. P.54.

6. Shashko D. (1961) Climatic conditions of agriculture in Central Yakutia. Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, p. 264

7. Forage crop rotations in the adaptive landscape system agriculture of the middle taiga subzone of Yakutia / Maksimova H.I., Ivanova L.S., Romanova L.A. Russian Academy of Sciences, Siberian Branch. Novosibirsk: SB RAS, 2025.- 145 p.

8. Ministry of Agriculture of the Republic of Sakha (Yakutia). FSBI FRC, YSC, SB of the RAS, Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after M.G. Safronov. (2021). Sistema vedeniya sel'skovo khozyaistva v Respublike

Sakha (Yakutiya) na period 2021-2025 gody [The agricultural system in the Republic of Sakha (Yakutia) period 2021-2025]. Methodological guide. Belgorod: Sangalova K.Y., p.592.

9. М (1974). Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu opytov s kormovymi sevooborotami [Methodological recommendations for conducting experiments with feed crop rotations]. p. 81.

10. Dospekhov, B.A. (1985). Metodika polevovo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. M.: Agropromizdat, p. 351.

© Максимова Х.И., Сметанина А.Н., Колесников Н.В., Николаева В.С., 2026.

International agricultural journal, 2026, № 3, 30-43.

Научная статья

Original article

УДК 633.174/631.524.84

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_3_22

edn: YVTIVS

**УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СОРГО-СУДАНКОВОГО
ГИБРИДА И СМЕШАННЫХ АГРОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ**

**THE GREEN MASS YIELD OF THE SORGO-SUDAN HYBRID AND
MIXED AGROCENOSES IN THE CONDITIONS OF CENTRAL
YAKUTIA**



Константинова Наталья Константиновна, аспирант, лаборант-исследователь, ФГБОУ ВО Арктический государственный агротехнологический университет, Октемский филиал, с. Октемцы, Россия, e-mail: konnatak76@mail.ru

Павлова Сахаяна Афанасьевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, ФИЦ ЯНЦ СО РАН «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова», г. Якутск, <https://orcid.org/0000-0002-5485-4330>, sachayana@mail.ru

Пестерева Елена Семеновна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, ФИЦ ЯНЦ СО РАН «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова», г. Якутск; ФГБОУ ВО Арктический государственный

агротехнологический университет, Октемский филиал, с. Октемцы, Россия,
<https://orcid.org/0000-0002-6097-7740>, e-mail: lena79pestereva@mail.ru

Жиркова Наталья Николаевна, научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, ФИЦ ЯНЦ СО РАН «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова», г. Якутск, <https://orcid.org/0000-0003-2042-8728?lang=ru>, zhirkova.jinni@yandex.ru

Филиппова Зульфия Махмурадовна, аспирант, лаборант-исследователь лаборатории кормопроизводства, ФИЦ ЯНЦ СО РАН «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова», г. Якутск, <https://orcid.org/0000-0001-5963-6335>, e-mail: maxmuradovna2015@mail.ru

Natalia K. Konstantinova, postgraduate student, laboratory research assistant, FGBOU HE Arctic State Technical University, Oktemsky branch, p. Oktemtsy, e-mail: konnatak76@mail.ru

Sakhayana A. Pavlova, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Forage Production Laboratory, FRC Yakut Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences "Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after. M.G. Safronova", Yakutsk, <https://orcid.org/0000-0002-5485-4330>, sachayana@mail.ru

Elena S. Pestereva, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Forage Production Laboratory, FRC Yakut Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences "Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after. M.G. Safronova", Yakutsk; FGBOU HE Arctic State Technical University, Oktemsky branch, p. Oktemtsy, <https://orcid.org/0000-0002-6097-7740>, e-mail: lena79pestereva@mail.ru

Natalya N. Zhirkova, Researcher, Forage Production Laboratory, FRC Yakut Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences "Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after. M.G. Safronova",

Yakutsk, <https://orcid.org/0000-0003-2042-8728?lang=ru>,
zhirkova.jinni@yandex.ru

Zulfiya M. Filippova, Postgraduate Student, Research Assistant, Forage Production Laboratory, FRC Yakut Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences "Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after. M.G. Safronova", Yakutsk, <https://orcid.org/0000-0001-5963-6335>, e-mail: maxmuradovna2015@mail.ru

Аннотация. В условиях Центральной Якутии поиск высокопродуктивных кормовых культур и оптимизация их агротехники являются ключевыми факторами обеспечения устойчивой кормовой базы животноводства. Цель исследований является изучить формирование урожайности зеленой массы сорго-суданкового гибрида в чистом виде и в составе поливидовых агроценозов при различных сроках посева.

В статье представлены данные полевых исследований по выращиванию сорго-суданкового гибрида в смесях с подсолнечником, кукурузой, злаковыми, бобовыми и крестоцветными культурами. Установлено, что на продуктивность культур существенное влияние оказывают как состав смесей, так и время сева. Выявлено, что наиболее высокую эффективность показывают посевы первого и второго сроков.

Анализ качественных показателей продемонстрировал, что включение в состав агроценозов сопутствующих компонентов (кукуруза, подсолнечник) способствует повышению энергетической питательности корма, увеличивая содержание переваримого протеина и выход кормовых единиц с гектара. Наиболее перспективными для региона признаны смеси сорго-суданкового гибрида с кукурузой (урожайность 18,1–19,8 т/га) и подсолнечником (16,7–18,4 т/га). Данные сочетания обеспечивают максимальный выход зеленой массы и рекомендуются для внедрения в производство в условиях криолитозоны.

Abstract. In Central Yakutia, the search for highly productive forage crops and the optimization of their agricultural practices are key factors in ensuring a sustainable

feed base for livestock farming. The aim of this research is to study the formation of green forage yields in a sorghum-sudank hybrid, both on its own and in multi-species agrocenoses, at various sowing times.

This article presents field research data on growing a sorghum-sudank hybrid in mixtures with sunflower, corn, cereals, legumes, and cruciferous crops. It was found that both the mixture composition and sowing time significantly influence crop productivity. It was found that first- and second-season sowings demonstrate the highest efficiency.

An analysis of qualitative indicators demonstrated that the inclusion of accompanying components (corn and sunflower) in agrocenoses contributes to an increase in the energy value of the forage, increasing the content of digestible protein and the yield of feed units per hectare. Mixtures of sorghum-sudacorn hybrids with corn (yields 18.1–19.8 t/ha) and sunflower (16.7–18.4 t/ha) have been recognized as the most promising for the region. These combinations provide maximum green mass yield and are recommended for use in permafrost conditions.

Ключевые слова: сорго-суданковый гибрид, смешанные посева, Центральная Якутия, сроки посева, урожайность, зеленая масса, кормопроизводство

Keywords: sorghum-sudacorn hybrid, mixed crops, Central Yakutia, sowing time, yield, green mass, forage production

Введение. Создание устойчивой кормовой базы, которая обеспечивала бы сбалансированно е кормление животных на протяжении всего года, представляет собой одно из основных условий для достижения высокой эффективности в отрасли животноводства [1]. В условиях Севера недостаток сочных и витаминных кормов является постоянной и актуальной проблемой, требующей внимания и решения. Короткий вегетационный период, нехватка тепла во всех районах Севера, а также засушливость большинства зон существенно ограничивают видовой состав кормовых культур, их продуктивность, что, в свою очередь, приводит к значительным перепадам

урожайности и сужает возможности для балансирования кормов по основным элементам питания [3,4,5]. Хронический недостаток кормов, низкое качество имеющихся ресурсов и неустойчивость их производства - это те проблемы, с которыми постоянно сталкиваются животноводы, ставя перед агрономами и земледельцами непростые задачи, требующие эффективных решений.

Исследования показывают, что полевое кормопроизводство в Центральной Якутии имеет потенциал для обеспечения более 50% потребностей в сочных, витаминных и концентрированных кормах. Это возможно за счет расширения посевных площадей под кормовые культуры, а также совершенствования технологий их возделывания и своевременной уборки. Для успешного развития основной отрасли сельского хозяйства Якутии животноводства - одной из наиболее актуальных проблем остается обеспечение достаточного количества кормов, что напрямую влияет на продуктивность и здоровье скота [10].

Основным сырьем для производства сочных и витаминных кормов в Якутии является зеленая масса однолетних кормовых культур. В связи с этим, исследование влияния сроков посева сорго-суданкового гибрида и его смесей на количество и качество зеленой массы в условиях Центральной Якутии становится особенно важным. Это позволит не только улучшить кормовую базу, но и повысить общую продуктивность молочного скотоводства, что, в свою очередь, окажет положительное влияние на развитие аграрного сектора региона в целом. Таким образом, данное исследование имеет высокую актуальность и может внести значительный вклад в решение насущных проблем кормопроизводства в условиях Севера.

Целью исследований является изучение оптимальных сроков посева сорго-суданкового гибрида в одновидовых и смешанных агроценозах для формирования максимальной продуктивности зеленой массы в экстремальных условиях Центральной Якутии.

Задачи исследования:

1. Выявить закономерности формирования урожайности зеленой массы сорго-суданкового гибрида и его смесей (с кукурузой, подсолнечником и др.) в зависимости от сроков посева.
2. Провести сравнительную оценку продуктивности различных составов травосмесей и определить наиболее адаптивные компоненты для условий криолитозоны.
3. Установить оптимальные календарные сроки посева, обеспечивающие максимальный выход кормовых единиц и высокое качество зеленого корма.

Научная новизна. Впервые в условиях Центральной Якутии будут изучены оптимальные сроки посева сорго-суданкового гибрида и его смесей для производства сочных и объемистых кормов, включая такие культуры, как кукуруза сорта РИК 340, подсолнечник сорта Кулундинец, суданская трава сорта Приобская 97, просо сорта Баганское 88, редька масличная сорта Тамбовчанка, рапс яровой СибНИИК 21, вика яровая сорта Ленская 15, горох посевной сорта Сарыал и овес сорта Виленский. Почва опытного участка представляет собой мерзлотную дерново-луговую, с высоким содержанием гумуса (3,0%) и питательных веществ: общий азот - 0,14%, подвижный фосфор - 165 мг/кг, обменный калий - 258 мг/кг. Реакция среды слабощелочная (рН 7,4), а гранулометрический состав - легкий суглинок.

Научные исследования проводились в 2024-2025 годы на участке «Карпатцы» на базе Октемского филиала АГАТУ в с. Октемцы Хангаласского улуса. Опыт двухфакторный: первый фактор – сорго-суданковый гибрид (ССГ) и его смеси; второй фактор – сроки посева.

В опыте всего 9 вариантов. Расположение делянок рендомизированное в 3-х кратной повторности. Площадь учетных делянок по культурам – 72 кв. м. Способ посева - рядовой.

Технологические мероприятия возделывания кормовых культур проведены по зональной системе земледелия Республики Саха (Якутия) [6, 11]. Посев проведен в два срока: I срок – 1 декада июня, II срок – 2 декада июня.

Опыты проводились при орошении дождевальной установкой с нормой 250 м³/га, три раза в зависимости от метеоусловий вегетационного периода.

Схема опыта:

1. Сорго-суданковый гибрид (ССГ) – контроль;
2. Сорго-суданковый гибрид (ССГ) + подсолнечник;
3. Сорго-суданковый гибрид (ССГ) + кукуруза;
4. Сорго-суданковый гибрид (ССГ) + суданская трава;
5. Сорго-суданковый гибрид (ССГ) + просо;
6. Сорго-суданковый гибрид (ССГ) + горох;
7. Сорго-суданковый гибрид (ССГ) + вика;
8. Сорго-суданковый гибрид (ССГ) + редька масличная;;
9. Сорго-суданковый гибрид (ССГ) + рапс яровой.

Наблюдения и учеты проведены по методическим указаниям ВНИИ кормов (Методические указания по проведению полевых работ с кормовыми культурами, 1983; 1997, 2021) [17,8,9].

Основным сырьем для кормов в Якутии является зеленая масса однолетних кормовых трав. Важнейшим показателем сельскохозяйственной ценности растений считается урожайность. Этот показатель является ключевым и складывается из всех факторов, возникающих в период роста и развития растений.

Совместное выращивание кормовых трав позволяет получать более устойчивые урожаи, повышать питательность и поедаемость корма. Это объясняется тем, что разные растения неодинаково реагируют на неблагоприятные условия. Для получения высоких урожаев при совместных посевах необходимо, чтобы растения в течение вегетационного периода были обеспечены влагой и питательными веществами в достаточной степени. Суммарное водопотребление зависит от ряда факторов, прежде всего от почвенно-климатических условий, продолжительности вегетационного периода, норм поливов.

Представленная таблица (табл. 1) содержит данные об урожайности зеленой массы сорго-суданского гибрида (ССГ) в различных вариантах посева, включая монокультуру и смеси с другими культурами. Анализ данных позволяет оценить влияние сроков посева и состава смеси на урожайность, а также выявить наиболее перспективные комбинации для получения максимального урожая зеленой массы.

В целом, данные показывают значительную вариабельность урожайности в зависимости от варианта посева. Средняя урожайность первого срока посева варьируется от 7,3 т/га (ССГ + редька масличная) до 18,1 т/га (ССГ + кукуруза). Это подчеркивает важность выбора оптимальной смеси для повышения продуктивности.

Урожайность в монокультуре относительно стабильна по повторностям, с небольшим увеличением от I к III повторности (10,6 т/га, 11,3 т/га, 12,6 т/га). Средняя урожайность составляет 11,5 т/га, что является базовым показателем для сравнения с другими вариантами. Добавление подсолнечника значительно увеличивает урожайность по сравнению с монокультурой ССГ.

Урожайность также стабильна по повторностям (16 т/га, 16,3 т/га, 17,8 т/га), а средняя урожайность составляет 16,7 т/га. Это может быть связано с улучшением использования ресурсов (воды, питательных веществ) за счет разной корневой системы и высоты растений.

Таблица 1 - Урожайность сорго-суданского гибрида (ССГ) в смеси первого срока посева (2024-2025 гг.)

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га			Средняя урожайность, т/га
	I	II	III	
1. ССГ	10,6	11,3	12,6	11,5
2. ССГ+ подсолнечник	16	16,3	17,8	16,7
3. ССГ+ кукуруза	19	17,2	18,1	18,1
4. ССГ + суданская трава	9	8,8	10,1	9,3
5. ССГ+ просо	10,8	12,3	12,3	11,8

6. ССГ+ горох	8,2	8,6	8,1	8,3
7. ССГ+ вика	8	8,4	8,2	8,2
8. ССГ+ редька масличная	7,6	6,9	7,4	7,3
9. ССГ+ рапс яровой	8,9	9,2	7,7	8,6
НСР ₀₅				2,4

Данный вариант сформировала высокую урожайность среди всех исследуемых комбинаций. Урожайность по повторностям также относительно стабильна (19 т/га, 17,2 т/га, 18,1 т/га), а средняя урожайность составляет 18,1 т/га. Синергетический эффект от совместного выращивания ССГ и кукурузы, вероятно, обусловлен улучшением структуры почвы, фиксацией азота и более эффективным использованием солнечной энергии (табл. 1).

Урожайность в данном варианте ниже, чем в монокультуре ССГ. Урожайность варьируется от 8,8 т/га до 10,1 т/га), а средняя урожайность составляет 9,3 т/га. Конкуренция между ССГ и суданской травой приводит к снижению общей урожайности (табл. 3).

Урожайность в данном варианте незначительно выше, чем в монокультуре ССГ. Урожайность по повторностям варьируется от 10,8 т/га до 12,3 т/га, а средняя урожайность составляет 11,8 т/га.

Все эти варианты формируют урожайность ниже, чем в монокультуре ССГ. Это может быть связано с конкуренцией между культурами, недостаточной адаптацией к условиям выращивания или угнетением роста ССГ со стороны этих культур. Особенно низкие показатели у ССГ + редька масличная (7,3 т/га) и ССГ + вика (8,2 т/га). НСР₀₅ (наименьшая существенная разница) составляет 0,2 т/га.

В таблице 2 приведены данные урожайности сорго-суданкового гибрида в смеси второго срока посева.

Таблица 2 - Урожайность сорго-суданкового гибрида (ССГ) в смеси второго срока посева (2024-2025 гг.)

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га			Средняя урожайность, т/га
	I	II	III	
1. ССГ	12,2	12,9	14,2	13,1
2. ССГ+ подсолнечник	17,8	17,9	19,4	18,4
3. ССГ+ кукуруза	20,8	18,8	19,9	19,8
4. ССГ + суданская трава	10,8	10,4	11,7	11,0
5. ССГ+ просо	12,6	14,2	13,9	13,6
6. ССГ+ горох	10	10,2	9,7	10,0
7. ССГ+ вика	9,8	10	9,5	9,8
8. ССГ+ редька масличная	9,4	8,5	9,1	9,0
9. ССГ+ рапс яровой	10,7	10,8	9,3	10,3
НСР ₀₅				3,2

Проведенные исследования позволили выявить существенные различия в продуктивности сорго-суданкового гибрида (ССГ) в зависимости от состава агроценоза и условий вегетации.

Установлено, что наиболее высокой урожайностью характеризуются смешанные посевы ССГ с кукурузой, где выход зеленой массы достиг 19,8 т/га. Сопоставимые показатели продуктивности отмечены в варианте ССГ + подсолнечник, составившие 18,4 т/га. Для сравнения, контрольный вариант (одновидовой посев ССГ) сформировал среднюю урожайность на уровне 13,1 т/га, что значительно уступает бинарным смесям с высокостебельными компонентами. Минимальные показатели продуктивности зафиксированы в посевах ССГ с редькой масличной (9,0 т/га) и суданской травы с викой яровой (9,8 т/га), что указывает на слабую конкурентоспособность данных сочетаний в условиях региона. В ходе эксперимента отмечена вариабельность урожайности по повторностям: наиболее высокие показатели

стабильно обеспечивала третья повторность, при этом прослеживается общая тенденция к росту продуктивности от первой к третьей повторности.

Проведенные исследования по изучению сроков посева и состава агроценозов сорго-суданкового гибрида в условиях Центральной Якутии позволяют сделать следующие выводы:

1. Установлено преимущество смешанных посевов над одновидовыми. Использование поливидовых агроценозов позволяет существенно повысить выход зеленой массы по сравнению с чистым посевом ССГ (11,5-13,1 т/га).
2. Наибольшую продуктивность в двух сроках посева обеспечивают смеси ССГ + подсолнечник (16,7-18,4 т/га) и ССГ + кукуруза (18,1-19,8 т/га). Включение данных культур в состав смесей позволяет максимально реализовать биоклиматический потенциал региона.
3. Для получения стабильно высокого урожая зеленой массы наиболее эффективными являются первый и второй сроки посева.

Практические рекомендации: для укрепления кормовой базы в условиях криолитозоны рекомендуется внедрение в производство смешанных посевов сорго-суданкового гибрида с кукурузой и подсолнечником при проведении сева в первой и второй декаде июня.

Литература

1. Бенц, В.А. Полевое кормопроизводство в Сибири / В.А. Бенц, Н.И. Кашеваров, Г.А. Демарчук. – Новосибирск, 2001. – 240 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 347 с.
3. Кашеваров, Н.И. и др. Кукуруза в Сибири / Н.И. Кашеваров, В.С. Ильин, Н.Н. Кашеварова, И.В. Ильин. – под общ. Ред. Н.И. Кашеварова. – Новосибирск, 2004. – 400 с.
4. Кашеваров, Н.И. и др. Суданка в кормопроизводстве Сибири / Н.И. Кашеваров, Р.И. Полодина, Н.В. Балыкина, А.П. Штаус. – под ред. Н.И. Кашеварова. – Новосибирск, 2004. – 224 с.

5. Кашеваров, Н.И. и др. Редька масличная в Сибири / Н.И. Кашеваров, А.М. Мустафин, В.В. Харчебников.; РАН. ФАНО России. ФГБНУ СибНИИ кормов. – Новосибирск, 2016. – 129 с.
6. Конюхов, Г.И. Земледелие Якутии / РАСХН. Сиб. отд-ние. Якут. НИИСХ. – Новосибирск, 2005. – 360 с.
7. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М., 1983. – С. 55-68.
8. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М., 1997. – 156 с.
9. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М., 2016. – 67 с.
10. Павлова, С.А. и др. Адаптация технологии возделывания перспективных однолетних культур по срокам посева в условиях Центральной Якутии / С.А. Павлова, Е.С. Пестерева, Г.Е. Захарова / Аграрная наука. – М., 2018. - № 4 с. 47-49.
11. Система ведения сельского хозяйства в Республике Саха (Якутия) на период 2021-2025 годы / Методическое пособие. – Якутский НИИСХ. – Якутск, 2021. – 416 с.

References

1. Benz, V.A. Field Forage Production in Siberia / V.A. Benz, N.I. Kashevarov, G.A. Demarchuk. - Novosibirsk, 2001. - 240 p.
2. Dospekhov, B.A. Methodology of Field Experiments / B.A. Dospekhov. - Moscow: Kolos, 1985. - 347 p.
3. Kashevarov, N.I. et al. Corn in Siberia / N.I. Kashevarov, V.S. Ilyin, N.N. Kashevarova, I.V. Ilyin. - under the general editorship of N.I. Kashevarova. - Novosibirsk, 2004. - 400 p.
4. Kashevarov, N.I. et al. Sudanka in Forage Production of Siberia / N.I. Kashevarov, R.I. Polodina, N.V. Balykina, A.P. Shtaus. – edited by N.I. Kashevarov. – Novosibirsk, 2004. – 224 p.

5. Kashevarov, N.I., et al. Oilseed radish in Siberia / N.I. Kashevarov, A.M. Mustafin, V.V. Kharchebnikov.; RAS. FANO Russia. FSBSI Siberian Research Institute of Forage. – Novosibirsk, 2016. – 129 p.
6. Konyukhov, G.I. Agriculture of Yakutia / RAAS. Siberian Branch. Yakut. Research Institute of Agriculture. – Novosibirsk, 2005. – 360 p.
7. Methodological guidelines for conducting field experiments with forage crops. – M., 1983. – Pp. 55-68.
8. Guidelines for conducting field experiments with forage crops. – M., 1997. – 156 p.
9. Guidelines for conducting field experiments with forage crops. – M., 2016. – 67 p.
10. Pavlova, S.A. et al. Adaptation of cultivation technology for promising annual crops by sowing time in the conditions of Central Yakutia / S.A. Pavlova, E.S. Pestereva, G.E. Zakharova / Agricultural science. – M., 2018. - No. 4, pp. 47-49.
11. Agricultural system in the Republic of Sakha (Yakutia) for the period 2021-2025 / Methodological manual. – Yakut Research Institute of Agriculture. – Yakutsk, 2021. – 416 p.

© Константинова Н.К., Павлова С.А., Пестерева Е.С., Жиркова Н.Н., Филиппова З.М., 2026. *International agricultural journal*, 2026, № 3, 44-56.

Научная статья

Original article

УДК 631.347.3.012.3.001.2

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_3_23

edn: AAZDUP

**РАЗРАБОТКА МЕЖСЕЗОННЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГООПОРНОЙ
ШИРОКОЗАХВАТНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
DEVELOPMENT OF OFF-SEASON AGRICULTURAL TECHNOLOGIES
FOR ENERGY SAVING IN THE OPERATION OF MULTI-SUPPORT
WIDE-AREA SPRINKLER EQUIPMENT**



Рязанцев Анатолий Иванович, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник отдела систем орошения дождеванием, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской округ Коломна, посёлок Радужный, 38), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9829-8196>, ryazantsev.41@mail.ru

Смирнов Алексей Игоревич, кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем, теории и методики образовательных процессов ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет» (140411, Россия, г. Коломна, ул. Зеленая, д. 30) ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6880-2147>, aigsm@mail.ru

Евсеев Евгений Юрьевич, кандидат технических наук, научный сотрудник отдела систем орошения дождеванием, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской округ Коломна, посёлок

Радужный, 38) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6133-2661>,
evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Малько Игорь Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела техники и технологий микроорошения, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской округ Коломна, посёлок Радужный, 38), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9128-6975>, centorion@yandex.ru

Зубков Федор Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технических систем, теории и методики образовательных процессов, ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет» (140411, Россия, г. Коломна, ул. Зеленая, д. 30) ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2697-8035>, fvz7777@yandex.ru

Артюшин Сергей Алексеевич, заведующий учебными мастерскими технологического факультета, ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет» (140411, Россия, г. Коломна, ул. Зеленая, д. 30) ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1375-4389>, sergej.artyuшин@gmail.com

Anatoly I. Ryazantsev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Chief Researcher of the Department of Irrigation Systems by Sprinkling, Federal State Budgetary Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply "Raduga" (140483, Russia, Kolomna, Kolomna city district, Raduzhny settlement, 38), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9829-8196>, ryazantsev.41@mail.ru

Alexey I. Smirnov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems, Theory and Methodology of Educational Processes, State University of Higher Education, State University of Social Sciences and Humanities (30 Zelenaya str., Kolomna, 140411, Russia) ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6880-2147>, aigsm@mail.ru

Evgeny Y. Yevseyev, Candidate of Technical Sciences, Researcher at the Department of Irrigation Systems by Sprinkling, Federal State Budgetary Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply "Raduga" (140483, Russia, Kolomna, Kolomna city district, Raduzhny settlement, 38) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6133-2661>, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Igor V. Malko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Department of Micro-Irrigation Engineering and Technology, Raduga All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply (38 Raduzhny Settlement, Kolomna, 140483, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9128-6975>, centorion@yandex.ru

Fedor V. Zubkov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems, Theory and Methodology of Educational Processes, State University of Higher Education, State University of Social Sciences and Humanities (30 Zelenaya str., Kolomna, 140411, Russia) ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2697-8035>, fvz7777@yandex.ru

Sergey A. Artyushin, Head of the Educational workshops of the Faculty of Technology of the State University of Higher Education, State University of Social Sciences and Humanities (30 Zelenaya str., Kolomna, 140411, Russia) ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1375-4389>, sergej.artyushin@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена актуальная проблема снижения почвенной деформации при эксплуатации широкозахватных дождевальных машин кругового действия, являющихся основным техническим средством орошения в Российской Федерации. На примере машин типа «Фрегат» и «Кубань-ЛК1» показано, что многократное прохождение колёсных опор по одному следу в течение поливного сезона приводит к образованию глубокой колеи (до 300...350 мм), снижению фильтрационных свойств почвы и деградации её структуры. Традиционные подходы, основанные на увеличении площади пятна контакта движителей, не обеспечивают

требуемого эффекта, а перепаживание участков по окончании сезона не устраняет последствий деформации.

В качестве перспективного решения предложена технология, сочетающая использование дискового выравнивающего устройства для заполнения технологической колеи почвой и межсезонную (предзимнюю) подготовку поверхности передвижения с применением многократных циклов замораживания-оттаивания в условиях переувлажнения. Экспериментальные исследования выполнены на среднесуглинистых почвах АО «Озёры» Московской области с применением лабораторной установки, включающей измерительный конус с диаметром основания 15 мм и углом при вершине 30°. Критерием несущей способности почвы служило удельное давление, соответствующее полному погружению конуса.

Установлено, что пять циклов замораживания-оттаивания обеспечивают увеличение плотности почвы приблизительно на 20% и повышение несущей способности при высушивании до влажности 10% на 25% по сравнению с летним вариантом (без замораживания). При моделировании полива нормой 500 м³/га (50 мм) путём послойного добавления воды установлено снижение несущей способности для летнего образца с 1010...1020 кПа до 330...340 кПа, тогда как для образца, подвергнутого пяти циклам замораживания-оттаивания, этот показатель уменьшается с 1250 кПа до 530...540 кПа. Таким образом, предлагаемая технология позволяет повысить допустимое удельное давление на почву при поливе в 1,59...1,61 раза относительно базового варианта и в 6,62...6,75 раза относительно серийного норматива 80 кПа.

Практическая значимость: повышение допускаемого удельного давления до 530...540 кПа даёт возможность уменьшить ширину профиля колёсных движителей на 20...25%, снизить металлоёмкость ходовой части и сократить энергозатраты на передвижение на 8...12% за сезон. Технология не требует капитальной модернизации машин – изменяется лишь регламент эксплуатации и межсезонного обслуживания. Рекомендуемый способ может применяться при орошении площадей, занятых многолетними травами, а

также для межсезонной подготовки поверхности передвижения широкозахватной многоопорной дождевальнoй техники. Внедрение предложенной технологии способствует сохранению плодородия почв, снижению глубины остаточной деформации и уменьшению экологических последствий при эксплуатации дождевальных машин.

Abstract. The article considers the urgent problem of reducing soil deformation during the operation of wide-range circular sprinkler machines, which are the main technical means of irrigation in the Russian Federation. Using the example of machines of the type "Frigate" and "Kuban-LK1", it is shown that repeated passage of wheel bearings along one track during the irrigation season leads to the formation of a deep track (up to 300...350 mm), a decrease in the filtration properties of the soil and degradation of its structure. Traditional approaches based on increasing the area of the contact spot of the propellers do not provide the required effect, and plowing areas at the end of the season does not eliminate the effects of deformation.

As a promising solution, a technology has been proposed that combines the use of a disk leveling device to fill a technological track with soil and off-season (pre-winter) preparation of the movement surface using multiple freeze-thaw cycles in waterlogged conditions. Experimental studies were performed on medium-loamy soils of JSC Ozery in the Moscow region using a laboratory installation including a measuring cone with a base diameter of 15 mm and an angle at the apex of 30 °. The criterion for the bearing capacity of the soil was the specific pressure corresponding to the complete immersion of the cone.

It was found that five freeze-thaw cycles provide an increase in soil density by approximately 20% and an increase in bearing capacity when dried to a humidity of 10% by 25% compared to the summer version (without freezing). When modeling irrigation with a rate of 500 m³/ha (50 mm) by layer-by-layer addition of water, a decrease in the bearing capacity was found for a summer sample from 1010...1020 kPa to 330...340 kPa, whereas for a sample subjected to five freeze-thaw cycles, this indicator decreases from 1250 kPa to 530...540 kPa. Thus, the

proposed technology makes it possible to increase the permissible specific pressure on the soil during irrigation by 1.59...1.61 times relative to the basic version and by 6.62...6.75 times relative to the serial standard of 80 kPa.

Practical significance: increasing the permissible specific pressure to 530...540 kPa makes it possible to reduce the profile width of the wheel thrusters by 20...25%, reduce the metal consumption of the chassis and reduce energy consumption for movement by 8... 12% per season. The technology does not require major modernization of the machines – only the rules of operation and off-season maintenance are being changed. The recommended method can be used for irrigation of areas occupied by perennial grasses, as well as for off-season surface preparation for the movement of wide-range multi-support sprinkler equipment. The implementation of the proposed technology helps to preserve soil fertility, reduce the depth of residual deformation and reduce the environmental consequences during the operation of sprinklers.

Ключевые слова: мелиорация, дождевальные машины кругового действия, «Фрегат», «Кубань-ЛК1», почвенная деформация, несущая способность почвы, удельное давление, циклы замораживания-оттаивания, межсезонная подготовка, выравнивающее устройство, упрочнение поверхности передвижения

Keywords: melioration, circular sprinklers, "Frigate", "Kuban-LK1", soil deformation, bearing capacity of the soil, specific pressure, freeze-thaw cycles, off-season preparation, leveling device, hardening of the surface of movement

Введение. Мелиорация земель является одним из ключевых факторов обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития агропромышленного комплекса Российской Федерации. В условиях зон рискованного земледелия, а также в регионах с недостаточным или неравномерным естественным увлажнением, орошаемое земледелие позволяет гарантированно получать высокие и стабильные урожаи сельскохозяйственных культур. Приоритетное значение в системе

мелиоративных мероприятий отводится техническому перевооружению и повышению эффективности эксплуатации оросительных систем, что особенно актуально в свете государственных программ по вовлечению в оборот неиспользуемых сельхозземель и увеличению продуктивности мелиорируемых угодий.

Среди технических средств орошения наиболее широкое распространение получили широкозахватные дождевальные машины кругового действия, в частности такие как «Фрегат» (рисунок 1, а) и «Кубань-ЛК1» (рисунок 1, б). Их применение обеспечивает высокую равномерность распределения дождя, значительную производительность и возможность автоматизации полива на больших площадях. Однако интенсивная эксплуатация данной техники, особенно на тяжелых по гранулометрическому составу почвах, сопровождается негативным воздействием ходовых систем на почвенный покров. Многократное прохождение колёсных опор по одному и тому же следу в течение поливного сезона приводит к образованию глубокой колеи, снижению фильтрационных свойств почвы и ухудшению агрофизических показателей пахотного слоя почвы.



а

б

а – ДМ «Фрегат»; б – ДМ «Кубань-ЛК1»

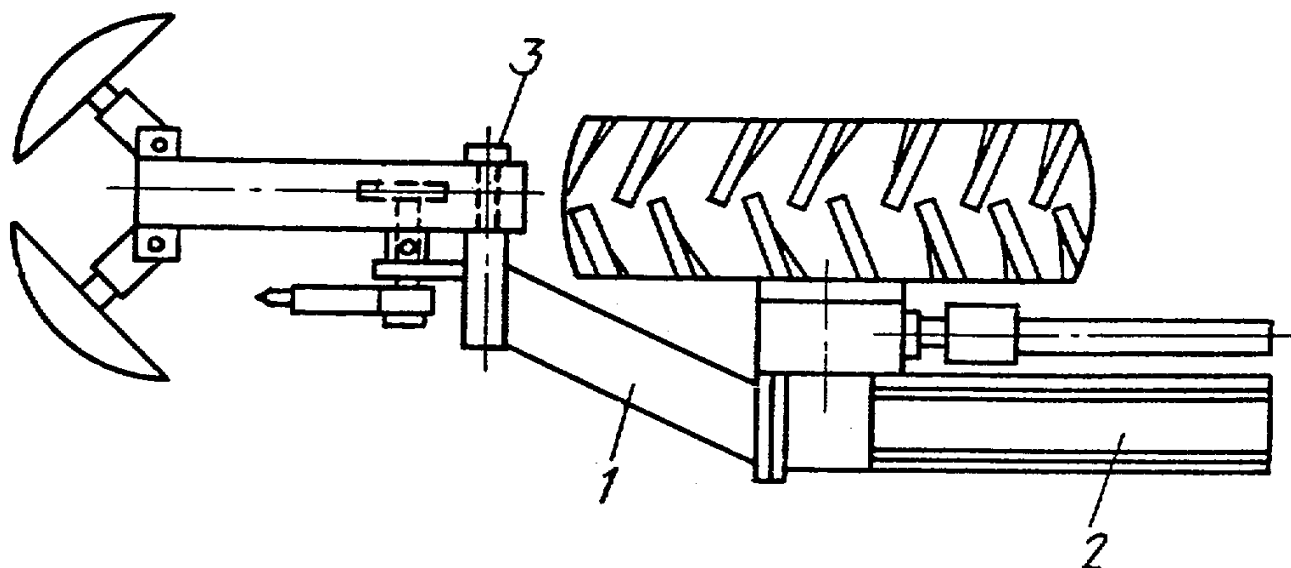
Рисунок 1 – Общий вид широкозахватных дождевальных машин

Основным направлением исследования является снижение значения глубины почвенной деформации, возникающей в конце поливного сезона и достигающей в некоторых случаях значений от 300 до 350 мм. Подходы, связанные со снижением удельного давления на почву за счёт увеличения площади пятна контакта колёсного движителя, исчерпали ресурсные возможности и показали низкую энергетическую и практическую эффективность применения, так как сохраняется возможность появления почвенной деформации с увеличенной глубиной до 500 мм и более. Перепахивание участка по окончании поливного сезона не устраняет последствия деформации с образованием понижений, в которых при поливе возникает переувлажнение, отрицательно влияющее на плодородие возделываемых земель и приводящее к деградации почвенной структуры.

Особенно остро указанная проблема проявляется при эксплуатации широкозахватных дождевальных машин кругового действия типа «Фрегат» и «Кубань-ЛК1». Данные машины, обладая высокой производительностью и значительной длиной консольной части, предъявляют повышенные требования к несущей способности почвы в зоне прохода колёсных опор. Применяемая на них технология движения по кругу приводит к многократному нагружению одного и того же следа, что в условиях серийного подхода усугубляет глубину деформации и снижает межсезонное восстановление плодородия. Именно для этих и подобного типов машин разработка новых методов подготовки поверхности передвижения является наиболее востребованной, так как позволяет без капитальной модернизации ходовой системы существенно повысить эффективность орошения.

Материалы и методы. В качестве теоретической основы для разработки принята технология, обеспечивающая соблюдение экологических требований, сохранение почвенного плодородия и повышение эффективности эксплуатации многоопорной дождевальной техники. Данная технология предполагает использование дискового заравнивающего устройства (рисунок 2), которое способствует упрочнению поверхности

передвижения дождевальной машины (ДМ) за счёт высыхания почвы в межполивной период. В рамках реализации указанной технологии проведены экспериментальные исследования, целью которых являлось определение максимально допустимого удельного давления на почву со стороны колёсных движителей дождевальных машин, обеспечивающего снижение материалоемкости конструкции, энергетических затрат на передвижение и негативного экологического воздействия на орошаемый участок.



а – схема заравнивателя колес;



б – заравниватель на тележке дождевальной машины

1 – кронштейн; 2 – опора; 3 – горизонтальный шарнир

Рисунок 2 – Общий вид устройства для заравнивания колес широкозахватных дождевальных машин

В базовом варианте технологии за период между двумя смежными поливами нормой $m_m = 500$ м³/га (что соответствует интервалу около 7 суток) несущая способность почвы P_0 (допустимое удельное давление ходовой системы на почву) в колее, заполненной посредством дискового заравнивающего устройства, возрастает до 950...1000 кПа. При проведении дождевания данный показатель снижается до 320...340 кПа. Таким образом, относительно требований ГОСТ, устанавливающих величину допустимого удельного давления на почву на уровне 80 кПа, наблюдается более чем четырёхкратное превышение, что позволяет применять колёсные движители с уменьшенной (по сравнению с серийными образцами) шириной профиля.

Дальнейшие исследования были направлены на поиск способов дополнительного повышения несущей способности P_0 , обеспечивающего дальнейшее уменьшение ширины профиля колёсных движителей, снижение материалоемкости и энергетических затрат на передвижение, а также сокращение экологического ущерба для возделываемого участка.

Предлагаемая технология базируется на следующем положении. По окончании поливного сезона ходовыми системами дождевальной машины в серийном исполнении формируется уплотнённый почвенный жёлоб со средней глубиной колеи 100...150 мм. Заполнение данного жёлоба почвой, посредством заравнивающего устройства, в предзимний период в сочетании с круговым поливом нормой $m_m = 500$ м³/га в зимне-весенний период создаёт условия для прохождения многократных циклов замораживания и оттаивания грунта при его переувлажнении. По сравнению с летним циклом «переувлажнение – высыхание», грунт внутри жёлоба в процессе замораживания и оттаивания подвергается более интенсивной структурной перестройке, сопровождающейся дополнительным снижением пористости (рисунок 3, 4).



Рисунок 3 – Структура переувлажнённой и высушенной среднесуглинистой почвы (в условиях АО «Озёры» Московской области)

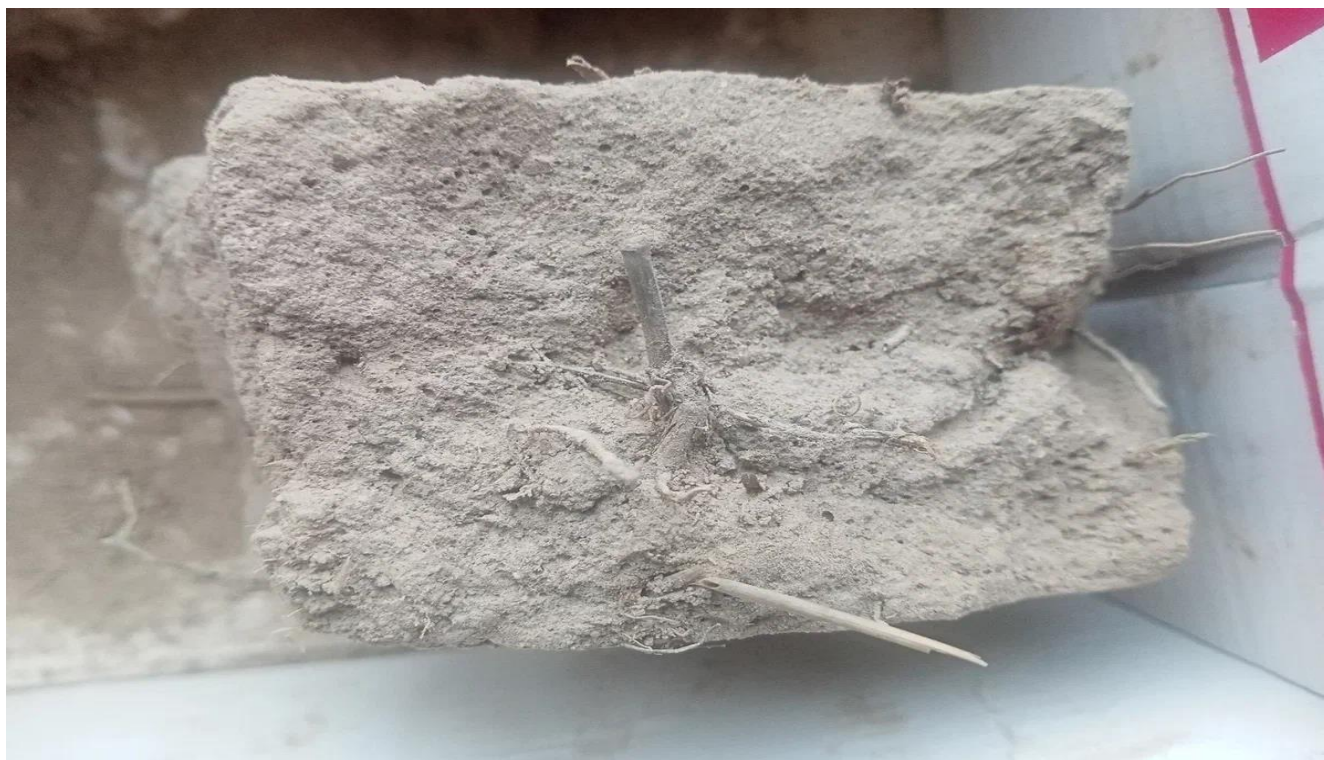


Рисунок 4 – Структура переувлажнённой, однократно замороженной, размороженной и высушенной среднесуглинистой почвы (в условиях АО «Озёры» Московской области)

Проведённые исследования были посвящены определению количественных показателей повышения несущей способности P_0 среднесуглинистой почвы за счёт увеличения плотности (уменьшения пористости) при многократных циклах замораживания-оттаивания в условиях переувлажнения колеи. Исследования выполнялись для почвенных условий АО «Озёры» Московской области.

На рисунке 5 представлены образцы среднесуглинистой почвы, имеющие одинаковую массу до переувлажнения, но различающиеся по высоте слоя после высушивания до влажности $W_0 = 0,10$.



а – образец №2; б – образец №3

Рисунок 5 – Общий вид емкостей с исследуемыми образцами почвы, высушенных до значений влажности $W_0 = 0,10$

После достижения влажности $W_0 = 0,10$ образец №3, представляющий собой почву, высушенную после переувлажнения (без замораживания), характеризуется большей высотой слоя $h = 0,06$ м (рисунок 5, б). Образец №2 (рисунок 5, а), подвергавшийся пяти циклам замораживания-оттаивания в переувлажнённом состоянии, имеет меньшую высоту слоя $h = 0,05$ м, что косвенно свидетельствует об увеличении плотности приблизительно на 20% относительно образца №3 (рисунок 5, а-б).



а

б

а – высохшая из состояния переувлажнения почва; б – почва после пяти циклов замораживание-размораживание

Рисунок 6 – Измерение высоты слоя (плотности) исследуемых образцов

Для экспериментального определения несущей способности почвы была разработана лабораторная установка (рисунок 7, а), включающая ёмкости для размещения почвенных образцов и нагруженный измерительный конус с диаметром основания 15 мм и углом при вершине 30° (рисунок 7, б).



а

б

а – емкость; б – нагруженный конус

Рисунок 7 – Общий вид лабораторной установки для проведения экспериментальной части

В ходе экспериментов на стальную проволоку с фиксатором, проходящую через конус, последовательно навешивались дополнительные грузы до достижения суммарной массы, при которой наблюдалось полное погружение измерительного конуса в почвенный образец (рисунок 8).



Рисунок 8 – Погружение измерительного конуса в почвенный образец

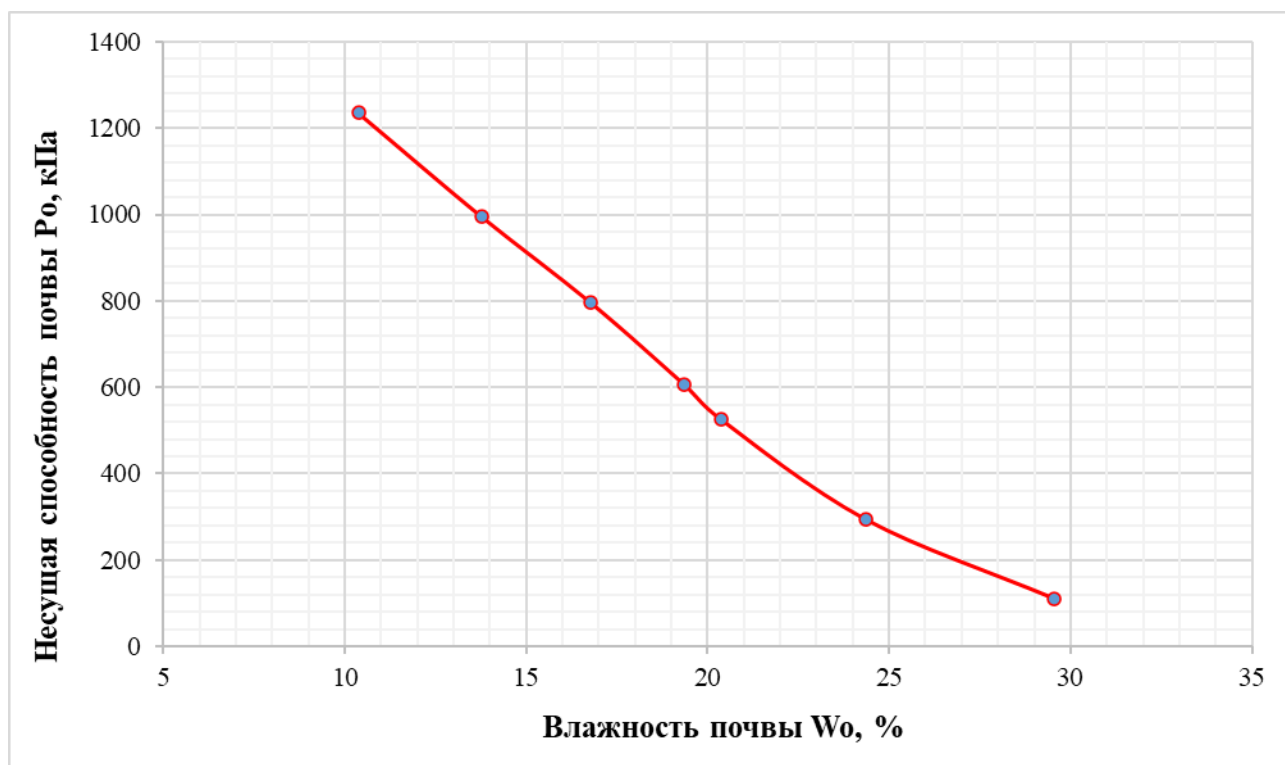
Для обеспечения возможности многократного использования измерительных ёмкостей и беспрепятственного перемещения нагруженной проволоки днище каждой ёмкости было оснащено технологическим отверстием, закрываемым герметизирующей пробкой. Влажность почвы W_0 определялась по показаниям электронных весов на основе уменьшения массы образца после его высушивания в сушильном шкафу (рисунок 9).



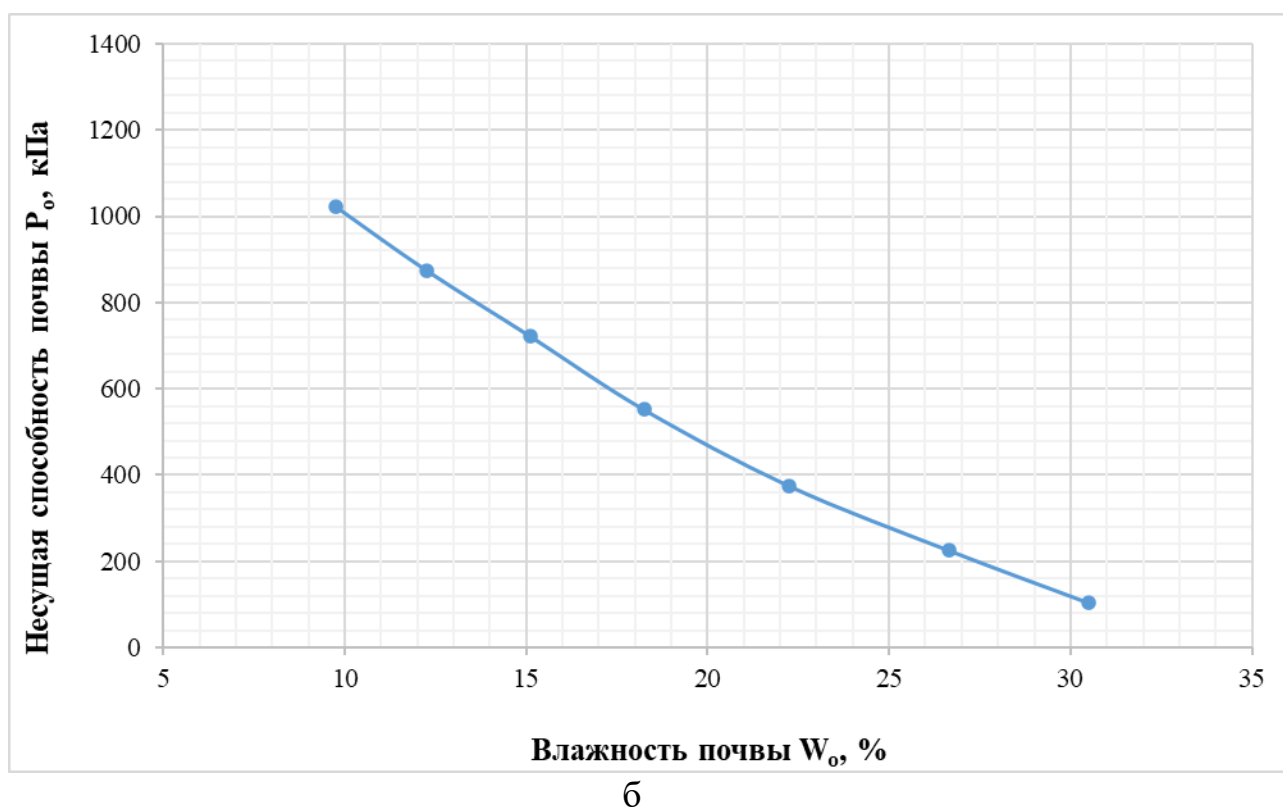
Рисунок 9 – Определение влажности почвенного образца с использованием электронных весов

Результаты. Обработка экспериментальных данных выполнялась с определением несущей способности почвы P_0 как величины удельного давления, соответствующего моменту полного погружения измерительного конуса в исследуемый образец.

Сравнительные результаты экспериментов представлены в виде графических зависимостей на рисунке 10.



а



а – образец №2; б – образец №3

Рисунок 10 – Зависимости изменения несущей способности P_0 кПа почвенных образцов от влажности почвы W_0 %

Образец №3 соответствует условиям летнего периода и представляет собой почву, высушенную после переувлажнения (без циклов замораживания-оттаивания). Образец №2 представляет собой почву, высушенную после переувлажнения, но предварительно подвергнутую пяти циклам замораживания-оттаивания.

Анализ полученных результатов позволяет заключить, что применение технологии упрочнения поверхности передвижения за счёт использования циклов замораживания-оттаивания в условиях переувлажнения обеспечивает увеличение несущей способности почвы P_0 при её высушивании до влажности $W_0 = 10\%$ приблизительно на 25% по сравнению с летним вариантом.

Кроме того, установлено, что формирование более плотной структурной организации почвы в поверхностном слое пути передвижения (относительно летнего варианта) позволяет прогнозировать снижение интенсивности падения несущей способности при проведении кругового полива. Данное обстоятельство обусловлено тем, что уплотнённый грунт характеризуется меньшей склонностью к размоканию при увлажнении.

Для количественной оценки снижения несущей способности P_0 в процессе полива были проведены исследования. На высушенные до влажности $W_0 = 10\%$ образцы осуществлялось воздействие поверхностного слоя воды толщиной 5 мм, добавляемого каждую минуту в течение 10 минут. Указанный режим позволял воспроизвести условия полива нормой $m_m = 50 \text{ мм}$ ($500 \text{ м}^3/\text{га}$) для крайней опоры ходовой системы с номером $N = 10$.

В ходе заключительного эксперимента установлено следующее. Для образца №3 (летний вариант) зафиксировано снижение несущей способности с начального значения $P_0(W_0 = 10\%) = 1010 \div 1020 \text{ кПа}$ до $330 \dots 340 \text{ кПа}$ после моделирования полива. Для образца №2 (пять циклов замораживания-оттаивания) начальное значение $P_0(W_0 = 10\%)$ составило 1250 кПа , а после полива снизилось до $530 \dots 540 \text{ кПа}$.

На основании полученных данных сделан вывод, что использование предлагаемой технологии позволяет повысить допустимое удельное давление на почву q при проведении полива максимальной нормой $500 \text{ м}^3/\text{га}$ в

$\frac{530 \div 540}{320 \div 340} = 1,59 \div 1,61$ раза относительно базового (летнего) варианта, что

соответствует превышению в 6,62...6,75 раза относительно серийного норматива $q = 80$ кПа.

Обсуждение. Полученные в ходе эксперимента результаты позволяют пересмотреть сложившиеся представления о предельно допустимом удельном давлении ходовых систем многоопорных дождевальных машин на почву. Действующие нормативы ориентированы на традиционные технологии движения без целенаправленного упрочнения поверхности передвижения. Однако, как показали исследования, применение дискового заравнивающего устройства в сочетании с межсезонной подготовкой колеи с использованием циклов замораживания-размораживания открывает возможность многократного (в 6,6...6,8 раза) превышения этого норматива без негативных экологических последствий.

Важно подчеркнуть, что указанные преимущества напрямую связаны с конструктивными особенностями дождевальных машин «Фрегат» и «Кубань-ЛК1», а также подобного типа машин. Данные машины эксплуатируются, как правило, на крупных севооборотных массивах с тяжёлыми суглинистыми и глинистыми почвами, где естественное восстановление структуры происходит медленно. Круговая схема движения предопределяет постоянное использование одних и тех же технологических колес, что в серийном варианте приводит к прогрессирующему их заглублению. Предлагаемый метод предзимней подготовки позволяет превратить недостаток (многократное нагружение) в преимущество: именно повторяемость проходов и возможность заполнения колеи почвой с последующим промораживанием создают условия для интенсивной структурной перестройки, которая невозможна при разовом воздействии.

Следует также отметить, что повышение допустимого удельного давления до 530–540 кПа в условиях полива позволяет использовать колёсные движители с шириной профиля на 20...25 % меньше серийной. Это даёт возможность снизить металлоёмкость ходовой части, уменьшить

сопротивление качению и, как следствие, сократить энергозатраты на передвижение машины. Для «Фрегата» с числом опор 10...12 и «Кубань-ЛК1» с аналогичными параметрами суммарный эффект может выражаться в снижении расхода электроэнергии и воды на 8...12% за сезон, что подтверждается данными по влиянию ширины колеса на сопротивление перекачиванию на уплотнённых грунтах.

Ограничением проведённого исследования является лабораторный характер эксперимента. В полевых условиях на показатели несущей способности будут влиять такие факторы, как неоднородность почвенного покрова, глубина промерзания, количество циклов «оттепель-заморозок» в конкретную зиму, а также степень заполнения колеи почвой перед зимним периодом. Кроме того, исследование выполнено для одного типа почв (среднесуглинистые почвы АО «Озёры» Московской области). Для распространения результатов на другие регионы (например, с более тяжёлыми глинистыми почвами или с лёгкими супесчаными) потребуется проведение дополнительных экспериментов. Также нуждаются в уточнении оптимальное количество циклов замораживания-размораживания и минимально допустимая влажность почвы в момент начала промораживания.

Для хозяйств, эксплуатирующих «Фрегат» и «Кубань-ЛК1» на суглинистых почвах, рекомендуется следующий технологический приём: по окончании поливного сезона произвести заполнение образовавшейся колеи рыхлой почвой (например, с помощью дискового заравнивателя), обеспечить переувлажнение этой зоны (естественными осадками или остаточным поливом) и оставить в таком состоянии на зимний период. Многократное естественное замораживание и оттаивание в течение зимы приведёт к эффекту, аналогичному лабораторному, и к началу следующего сезона поверхность передвижения будет иметь повышенную несущую способность. При этом капитальных затрат на модернизацию машин не требуется – меняется только регламент эксплуатации и межсезонного обслуживания.

Выводы. В результате проведённых теоретических и экспериментальных исследований получены следующие основные выводы.

Научно обоснована возможность повышения несущей способности почвы в межсезонный период путём использования многократных циклов замораживания-оттаивания при переувлажнённом состоянии почвенного массива, находящегося в заполненной технологической колее. Установлено, что пять циклов замораживания-оттаивания обеспечивают увеличение несущей способности, высушенной до влажности $W_0 = 10\%$ почвы приблизительно на 25% по сравнению с летним вариантом (без замораживания).

Разработан способ межсезонной (предзимней) подготовки поверхности передвижения ходовых систем дождевальных машин, направленный на снижение глубины почвенной деформации и повышение эффективности эксплуатации широкозахватной дождевальной техники. Показано, что при моделировании полива нормой 500 м³/га несущая способность почвы, обработанной по предложенной технологии (пять циклов замораживания-оттаивания), снижается до 530...540 кПа, что в 1,59...1,61 раза превышает соответствующий показатель для базового (летнего) варианта и в 6,62...6,75 раза – нормативное значение 80 кПа.

Предложенный способ рекомендуется к применению при орошении площадей, предназначенных для возделывания многолетних трав, а также для межсезонной подготовки поверхности передвижения широкозахватной многоопорной дождевальной техники, включая машины кругового типа «Фрегат» и «Кубань-ЛК1».

Практическая реализация разработанной технологии позволяет повысить допустимое удельное давление ходовых систем на почву без ухудшения экологического состояния орошаемого участка, уменьшить ширину профиля колёсных движителей, снизив тем самым материалоёмкость и энергетические затраты на передвижение, а также сократить глубину остаточной почвенной

деформации и предотвратить образование переувлажнённых зон, негативно влияющих на плодородие возделываемых земель.

Таким образом, внедрение предложенного способа межсезонной подготовки поверхности передвижения способствует повышению эффективности применения многоопорной дождевальная техники и снижению экологических последствий для орошаемых агроландшафтов.

Литература

1. Агейкин Я. С. «Вездеходные колесные и комбинированные движители». М., «Машиностроение», 1972, 184 стр.
2. Анализ зарубежных разработок по повышению проходимости многоопорных дождевальных машин / А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, Е. Ю. Евсеев, А. А. Ахтямов // Вестник Государственного социально-гуманитарного университета. – 2019. – № 3(35). – С. 57-62. – EDN DFJRQI.
3. Андреева, Е. В. Повышение тягово-сцепных свойств ходовых систем широкозахватных дождевальных машин кругового действия "Фрегат" / Е. В. Андреева // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2010. – № 4. – С. 1056. – EDN MWIGPB.
4. Вольская, Н. С. Разработка методов расчета опорно-тяговых характеристик колесных машин по заданным дорожно-грунтовым условиям в районах эксплуатации : специальность 05.05.03 "Колесные и гусеничные машины" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Вольская Наталья Станиславовна. – Москва, 2008. – 32 с. – EDN NKKNPN.
5. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов: Учеб. пособие для строительных вузов. – М.: Высшая школа, 1978. – 447 с., ил.
6. Гуськов, А. В. Тягово-сцепные свойства и проходимость колесных машин по грунтам со слабой несущей способностью / А. В. Гуськов // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Прикладные науки. Промышленность. – 2008. – № 2. – С. 7-15. – EDN UYZXSJ.

7. Евсеев, Е. Ю. К повышению производительности многоопорных дождевальных машин кругового действия на склоновых участках / Е. Ю. Евсеев, А. И. Рязанцев // Вестник мелиоративной науки. – 2024. – № 1. – С. 18-22. – EDN BAVNNE.
8. Журавлева, Л. А. Снижение воздействия ходовых систем дождевальных машин на почву / Л. А. Журавлева // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 5. – С. 82-87. – DOI 10.28983/asj.y2020i5pp82-87. – EDN ZMJYFU.
9. К проблеме уплотнения почвы ходовыми системами многоопорной дождевальной машины "Кубань-ЛК1" / А. И. Смирнов, А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов // Всероссийская научно-практическая конференция, посвящённая 85-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007) "Инженерные решения для АПК", Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 13 ноября 2024 года. – Рязань, 2024. – С. 46-50. – EDN WSSSKO.
10. Математическая модель колебания в почвогрунтах под воздействием лесных машин / С. М. Базаров, И. А. Барашков, А. И. Никифорова, А. М. Хахина // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2012. – № 198. – С. 86-95. – EDN REJXUL.
11. Направления совершенствования регулирующих устройств для многоопорных дождевальных машин кругового действия типа "Кубань-ЛК1" / А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, Е. Ю. Евсеев, А. И. Смирнов // Современное состояние, приоритетные задачи и перспективы развития аграрной науки на мелиорированных землях : Материалы международной научно-практической конференции, Тверь, 25 сентября 2020 года. Том Часть 2. – Тверь: Тверской государственный университет, 2020. – С. 155-159. – EDN FTKPLE.
12. Нино, Т. П. 277. СТО АИСТ 11. 1-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей: СТО АИСТ 11. 1-2010.-Москва, 2012.-54 с.- (Стандарт организации). Шифр *Росинформагротех / Т. П. Нино //

Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2013. – № 1. – С. 277.

13. Оценка параметров ходовой системы "Кубань-ЛК1" при заравнивании колеи / А. И. Рязанцев, А. Н. Зазуля, Е. Ю. Евсеев [и др.] // Наука в центральной России. – 2023. – № 1(61). – С. 116-123. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-1-116-123. – EDN QERVKM.

14. Оценка энергетических показателей усовершенствованного привода многоопорных дождевальных машин, типа «Кубань-ЛК1» / А. И. Рязанцев, А. Н. Зазуля, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов // Наука в центральной России. – 2023. – № 6(66). – С. 62-70. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-6-62-70. – EDN WXSNDX.

15. Повышение опорных свойств многоопорной машины "Кубань-ЛК1" / А. И. Рязанцев, А. Н. Зазуля, Е. Ю. Евсеев [и др.] // Наука в центральной России. – 2022. – № 6(60). – С. 35-41. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-6-35-41. – EDN AFIZJD.

16. Смирнов, А. И. Оценка угла атаки заравнивающего устройства многоопорной дождевальной машины / А. И. Смирнов, А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев // Вестник мелиоративной науки. – 2023. – № 2. – С. 29-33. – EDN FOUPFG.

17. Хитров Е. Г., Хахина А. М., Лухминский В. А., Казаков Д. П. Исследование связи конусного индекса и модуля деформации различных типов грунтов // Resources and Technology. 2017. Т. 14, № 4. С. 1-16.

18. Ходовые системы широкозахватных дождевальных машин / Л. А. Журавлева, О. М. Кузина, М. В. Карпов [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – 150 с. – ISBN 978-5-00207-258-3. – EDN KUQKSQ.

19. Reducing Energy Costs in Sprinkler Machine Operation / A. Ryazantsev, A. Smirnov, E. Evseev [et al.] // Innovations in Sustainable Agricultural Systems, Agriculture 4.0 and Precision Agriculture. Volume 1 : Conference Proceedings, Stavropol, Russia Samarkand, Uzbekistan, 05–06 марта 2025 года. – Cham,

Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2026. – P. 59-68. – DOI 10.1007/978-3-031-94098-9_5. – EDN WLMHUI.

20. Technological Features of Irrigation and Assessment Indicators of Multibasic Irrigation Machines Running Systems Efficiency (on the Example of IM Kuban-LK1) / A. I. Ryazantsev, A. O. Antipov, A. I. Smirnov [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – Vol. 8, No. 8 S3. – P. 404-406. – EDN GLITFM.

References

1. Ageikin Ya. S. "All-terrain wheeled and combined propellers." Moscow, "Mashinostroenie", 1972, 184 p.
2. Analysis of foreign developments to improve the cross-country capability of multi-support sprinkler machines / A. I. Ryazantsev, A. O. Antipov, E. Yu. Evseev, A. A. Akhtyamov // Bulletin of the State Socio-Humanitarian University. – 2019. – № 3(35). – Pp. 57-62. – EDN DFJRQI.
3. Andreeva, E. V. Improving traction properties of running systems of wide-range circular sprinkler machines "Frigate" / E. V. Andreeva // Engineering and technical support of the agro-industrial complex. Abstract journal. – 2010. – No. 4. – p. 1056. – EDN MWIGPB.
4. Volskaya, N. S. Development of methods for calculating the traction characteristics of wheeled vehicles according to specified road and soil conditions in areas of operation : specialty 05.05.03 "Wheeled and tracked vehicles" : abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Volskaya Natalia Stanislavovna. – Moscow, 2008. – 32 p. – EDN NKKNPN.
5. Vyalov S.S. Rheological foundations of soil mechanics: Textbook for construction universities. Moscow: Higher School, 1978. 447 p., ill.
6. Guskov, A.V. Traction properties and maneuverability of wheeled vehicles on soils with weak bearing capacity / A.V. Guskov // Bulletin of Polotsk State University. Series B: Applied Sciences. Industry. – 2008. – No. 2. – pp. 7-15. – EDN UYZXSJ.

7. Evseev, E. Yu. To increase the productivity of multi-support circular sprinkler machines on sloping areas / E. Yu. Evseev, A. I. Ryazantsev // Bulletin of Meliorative Science. – 2024. – No. 1. – PP. 18-22. – EDN BAVNNE.
8. Zhuravleva, L. A. Reducing the impact of running sprinkler systems on the soil / L. A. Zhuravleva // Agrarian Scientific Journal. – 2020. – No. 5. – pp. 82-87. – DOI 10.28983/asj.y2020i5pp82-87. – EDN ZMJYFU.
9. On the problem of soil compaction by running systems of the Kuban-LK1 multi-support sprinkler machine / A. I. Smirnov, A. I. Ryazantsev, E. Yu. Evseev, A. O. Antipov // All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the birth of Professor Anatoly Mikhailovich Lopatin (1939-2007) "Engineering solutions for agriculture", Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, November 13, 2024. – Ryazan, 2024. – pp. 46-50. – EDN WSSSKO.
10. S. M. Bazarov, I. A. Barashkov, A. I. Nikiforova, A.M. Khakhina, Mathematical model of koleization in soils under the influence of forest machinery // Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy, 2012, No. 198, pp. 86-95, EDN REJXUL.
11. Riazantsev A. I., Antipov A. O., Evseev E. Yu., Smirnov A. I. Directions of improvement of regulating devices for multi-support circular sprinkler machines of the Kuban-LK1 type // Current state, priority tasks and prospects for the development of agrarian science on reclaimed lands : Proceedings of the international scientific and practical conference, Tver, 25 September 2020. Volume Part 2. Tver: Tver State University, 2020. pp. 155-159. EDN FTKPLE.
12. Nino, T. P. 277. HUNDRED STORK 11. 1-2010. Testing of agricultural machinery. Sprinkler machines and installations. Methods for evaluating functional indicators: STO STORK 11. 1-2010.-Moscow, 2012.-54 p.-(Organization standard). Cipher *Rosinformagrotech / T. P. Nino // Engineering and technical support of the agro-industrial complex. Abstract journal, 2013– No. 1, pp. 277-13. Evaluation of the parameters of the Kuban-LK1 running system during track leveling / A. I. Ryazantsev, A. N. Zazulya, E. Yu. Evseev [et al.] // Science in

Central Russia. – 2023. – № 1(61). – Pp. 116-123. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-1-116-123. – EDN QERBKM.

14. Assessment of the energy performance of the improved drive of multi-support sprinkler machines, such as "Kuban-LK1" / A. I. Ryazantsev, A. N. Zazulya, E. Yu. Evseev, A. O. Antipov // Science in central Russia. – 2023. – № 6(66). – Pp. 62-70. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-6-62-70. – EDN WXSNDX.

15. Improving the supporting properties of the Kuban-LK1 multi-bearing machine / A. I. Ryazantsev, A. N. Zazulya, E. Yu. Evseev [et al.] // Science in central Russia. – 2022. – № 6(60). – Pp. 35-41. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-6-35-41. – EDN AFIZJD.

16. Smirnov, A. I. Estimation of the angle of attack of the leveling device of a multi-support sprinkler machine / A. I. Smirnov, A. I. Ryazantsev, E. Yu. Evseev // Bulletin of Meliorative Science. – 2023. – No. 2. – pp. 29-33. – EDN FOUPFG.

17. Khitrov E. G., Khakhina A.M., Luhminsky V. A., Kazakov D. P. Investigation of the relationship between the cone index and the modulus of deformation of various types of soils // Resources and Technology. 2017. Vol. 14, No. 4. pp. 1-16.

18. Running systems of wide-reach sprinkler machines / L. A. Zhuravleva, O. M. Kuzina, M. V. Karpov [et al.]. - Moscow : Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2023. – 150 p. - ISBN 978-5-00207-258-3. – EDN KUQKSQ.

19. Reducing Energy Costs in Sprinkler Machine Operation / A. Ryazantsev, A. Smirnov, E. Evseev [et al.] // Innovations in Sustainable Agricultural Systems, Agriculture 4.0 and Precision Agriculture. Volume 1 : Conference Proceedings, Stavropol, Russia Samarkand, Uzbekistan, 05–06 марта 2025 года. – Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2026. – P. 59-68. – DOI 10.1007/978-3-031-94098-9_5. – EDN WLMHUJ.

20. Technological Features of Irrigation and Assessment Indicators of Multibasic Irrigation Machines Running Systems Efficiency (on the Example of IM Kuban-LK1) / A. I. Ryazantsev, A. O. Antipov, A. I. Smirnov [et al.] // International

Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – Vol. 8,
No. 8 S3. – P. 404-406. – EDN GLITFM.

© *Рязанцев А.И., Смирнов А.И., Евсеев Е.Ю., Малько И.В., Зубков Ф.В.,
Артюшин С.А. 2026. International agricultural journal, 2026, № 3, 57-83.*

Научная статья

Original article

УДК 631.474.52

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_3_24

edn: KPVHSH

**О НЕКОТОРЫХ НЕСООТВЕТСТВИЯХ В ОБЛАСТИ ОТНЕСЕНИЯ
ЗЕМЕЛЬ К ВИНОГРАДОПРИГОДНЫМ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ
ABOUT SOME INCONSISTENCIES IN THE AREA OF CLASSIFYING
LAND AS GRAPE-FRIENDLY IN THE KRASNODAR TERRITORY**



Калиткин Алексей Викторович, директор ОАО «Госземкадастрсъемка» ВИСХАГИ (г. Краснодар ул. Агрохимическая, 116, 350024)

Власенко Валерий Петрович, профессор кафедры почвоведения, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (г. Краснодар, ул. Калинина, 13, 350044), AuthorID: 289162, <https://orcid.org/0000-0003-4055-4465>

Быкова Марина Владимировна, старший преподаватель кафедры геодезии, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (г. Краснодар, ул. Калинина, 13, 350044), AuthorID: 841615, <https://orcid.org/0000-0001-5845-6770>, rbljik08@mail.ru

Alexey V. Kalitkin, director of OJSC «Goszemkadastrsemka» VISKHAGI (city. Krasnodar st. Agrochemical, 116, 350024)

Valery P. Vlasenko, professor of the Department of Soil Science, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina» (g. Krasnodar, st. Kalinina, 13, 350044), AuthorID: 289162, <https://orcid.org/0000-0003-4055-4465>

Marina V. Bykova, senior lecturer at the Department of Geodesy, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina» (g. Krasnodar, st. Kalinina, 13, 350044), AuthorID: 841615, <https://orcid.org/0000-0001-5845-6770>, rbljik08@mail.ru

Аннотация. Проведен подробный анализ в сфере отнесения земель к особо ценным продуктивным сельскохозяйственным угодьям и к виноградопригодным в Краснодарском крае. Был рассмотрен закон Краснодарского края от 05.11.2002г. № 532 «Об основах регулирования земельных отношений в Краснодарском крае», в котором выявлена неточность формулировки отнесения земель под многолетними насаждениями к особо ценным угодьям. Рассмотрены перечни особо ценных сельскохозяйственных земель, регулирование которых устанавливается на муниципальном уровне, что влечет за собой различия в законодательстве каждого региона в области особо ценных угодий. Обнаружены несоответствия этапов отнесения земель к виноградопригодным в области проведения почвенного обследования рассматриваемых потенциально виноградопригодных участков. Представлены почвенные факторы, являющиеся лимитирующими для произрастания виноградников, содержание которых должно быть учтено при отнесении земель к виноградопригодным. К ним относятся: механический состав, мощность, рН, содержание солей, скелетность, уровень грунтовых вод, содержание подвижного кальция. Выявлены последствия повышения содержания лимитирующих почвенных характеристик, которые оказывают негативное влияние на произрастание виноградников. Указаны виды субсидирования в виноградо-винодельческой области Краснодарского края и материалы, необходимые для предоставления субсидий. Рассмотрено субсидирование на возмещение части затрат на молодые виноградники возрастом до 4 лет включительно, где обязательным документом является результат проведения почвенного обследования потенциально виноградопригодного участка. Предложены практические рекомендации по внесению изменений в нормативно-правовое

регулирование в отношении признания земель виноградопригодными на основании введения обязательного почвенного обследования.

Abstract. A detailed analysis was conducted in the field of classifying lands as especially valuable productive agricultural lands and as suitable for viticulture in the Krasnodar Territory. The law of the Krasnodar Territory dated 05.11.2002, № 532 "On the Basics of Regulating Land Relations in the Krasnodar Territory" was reviewed, in which an inaccuracy was identified in the formulation regarding the classification of lands under perennial plantations as especially valuable lands. Lists of especially valuable agricultural lands, the regulation of which is established at the municipal level, were examined, which leads to differences in the legislation of each region concerning especially valuable lands. Discrepancies were found in the stages of classifying lands as suitable for viticulture in the area of conducting soil surveys of the considered potentially viticulture-suitable plots. Soil factors that are limiting for vineyard growth and whose content should be taken into account when classifying lands as suitable for viticulture were presented. These include: mechanical composition, thickness, pH, salt content, skeletal content, groundwater level, and mobile calcium content. The consequences of increased levels of limiting soil characteristics that negatively affect vineyard growth were identified. Types of subsidies in the viticulture and winemaking sector of the Krasnodar Territory and the materials required for obtaining subsidies were indicated. Subsidies for reimbursing part of the costs for young vineyards up to 4 years old inclusive have been considered, where a mandatory document is the result of a soil survey of a potentially vineyard-suitable plot. Practical recommendations have been proposed for amending regulatory and legal frameworks regarding the recognition of lands as suitable for vineyards based on the introduction of mandatory soil surveys.

Ключевые слова: виноградопригодные земли, почвенные характеристики, лимитирующие, благоприятное сочетание, угодья, нормативно-правовое регулирование, обследование, субсидии

Key words: vine-worthy lands, soil characteristics, limiting, favorable combination, lands, legal regulation, survey, subsidies

Введение. В настоящее время виноградопригодные земли являются перспективным биологическим ресурсом в области развития виноградарской деятельности в России. Лидером по развитию виноградо-винодельческой области и по площади виноградопригодных земель в стране является Краснодарский край, который отличается наличием подходящих для выращивания винограда климатических условий и почвенных ресурсов. Обладая благоприятным сочетанием почвенно-климатических характеристик для выращивания виноградников, такие земли становятся ценным природным объектом, регулирование которого должно осуществляться нормативно-правовыми актами в области рационального использования этих земель [2].

Материалы и методы. Целью исследования явился анализ нормативно-правовой базы в сфере отнесения земель к виноградопригодным в Краснодарском крае.

Анализ выполнялся по следующим нормативно-правовым актам:

1. Закон Краснодарского края от 05.11.2002г. № 532 «Об основах регулирования земельных отношений в Краснодарском крае»,
2. ФЗ от 27.12.2019 № 468 «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации»,
3. Постановлением правительства РФ от 31.12.2020 г. № 2422 «Об утверждении Положения о порядке признания земель виноградопригодными и ведения федерального реестра виноградопригодных земель».

Результаты исследования. Категории земель, которые, относятся к особо ценным продуктивным сельскохозяйственным угодьям (ОЦПСХУ) согласно закону Краснодарского края от 05.11.2002г. № 532 «Об основах регулирования земельных отношений в Краснодарском крае», среди которых присутствуют и виноградопригодные земли [9] представлены на рисунке 1.

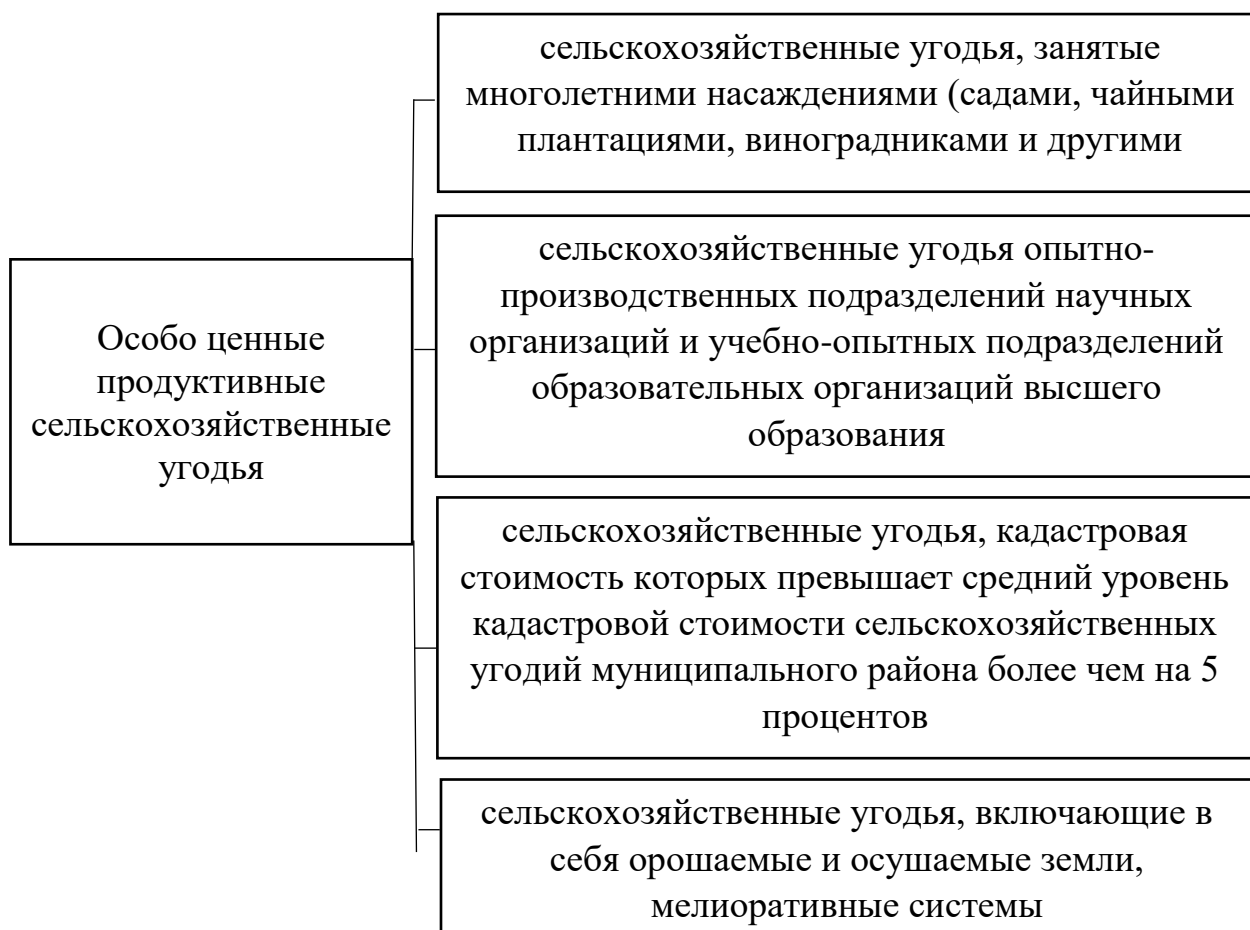


Рис. 1 – Земли в составе ОЦПСХУ в Краснодарском крае

Недостаточно четко сформулировано обоснование отнесения виноградопригодных земель к особо ценным угодьям. По нормативному законодательству к списку особо ценных должны относиться только занятые многолетними насаждениями земли, т.е. на них в момент отнесения к ценным продуктивным угодьям должен произрастать виноградник [5]. На этой территории существуют земли, которые по своим почвенным свойствам соответствуют критериям виноградопригодности, но не используются под выращивание виноградников.

Возникает вопрос – какие нормативно-правовые действия могут последовать по отношению к землепользователю в этом случае.

С другой стороны – если виноградники заложены на территориях, которые по своим свойствам не соответствуют критериям

виноградопригодности, то как классифицировать такие действия землепользователя.

Все вышеперечисленные сельскохозяйственные угодья из состава ОЦПСХУ (рис. 1) включаются в перечень особо ценных сельскохозяйственных земель. Утверждение и составление которого регулируется земельным законодательством на муниципальном уровне, что влечет появление отличий в формировании перечня ценных земельных ресурсов различных муниципальных образований [1]. В Волгоградской области, например, перечень ОЦПСХУ включает данные о кадастровом номере земельного участка, площади и местоположении.

В перечне ценных угодий Краснодарского края отражаются кадастровые данные, территориальное расположение на карте района или края, площадные характеристики, а также местоположение.

Также недоработкой является отсутствие в законе Краснодарского края от 05.11.2002 № 532-КЗ формулировки о почвенных характеристиках сельскохозяйственных угодий в составе ОЦПСХУ [7].

По уточнению ФЗ от 27.12.2019 № 468 «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации» земельные участки относятся к виноградопригодным с учетом исследования «... их географических и почвенно-климатических характеристик». Также этот нормативный документ гласит о том, что «безусловным основанием для включения земель в состав виноградопригодных является факт их использования для возделывания виноградников не менее пяти лет в течение последних пятидесяти лет» [8]. При такой формулировке возникает вопрос об отсутствии указания состояния почвенных ресурсов под виноградниками [3]. Виноград является неприхотливым растением, но его корневая система сильно развита и способна проникать в почву на глубину 2-3 м, поэтому некоторые почвенные характеристики выступают лимитирующими при его выращивании [12]. К ним относятся:

– механический состав;

- мощность;
- рН;
- содержание солей;
- скелетность;
- уровень грунтовых вод;
- содержание подвижного кальция [11].

В таблице 1 показано рекомендуемое содержание лимитирующих факторов и последствия при отклонении от указанного уровня.

Таблица 1. – Влияние лимитирующих почвенных факторов на произрастание виноградников

Лимитирующие почвенные характеристики	Усредненные показатели содержания факторов	Последствия отклонения содержания лимитирующих факторов
мощность	70-90 см	Снижение продуктивности, гибель растения
рН	5,0-8,7	Ухудшение роста, развитие хлороза, снижение урожайности
содержание солей	сумма токсичных нейтральных солей до 4,5 мг-экв	Развитие болезней, повышение осмотического давления, гибель растения
скелетность	не более средней степени	Снижение урожайности
уровень грунтовых вод	не ближе 90 см	Снижение урожайности
содержание подвижного кальция	40%	Развитие хлороза, гибель растения

Превышение этих почвенных показателей выше критического уровня, как указано в таблице 1, может привести к ухудшению состояния и гибели винограда, поэтому норма их содержания в почве под виноградниками обязательно должна быть указана в нормативно-правовом акте при отнесении земель к виноградопригодным.

Вопрос по отнесению земель к виноградопригодным регулируется Постановлением правительства РФ от 31.12.2020 г. № 2422 «Об утверждении Положения о порядке признания земель виноградопригодными и ведения федерального реестра виноградопригодных земель». В документе отсутствует необходимость материалов о почвенном состоянии предположительно виноградопригодных земельных ресурсов [10]. В нормативно-правовом документе указано, что «признание земельного участка виноградопригодным и внесение о нем сведений в реестр осуществляется ... на основании исследования его географических и почвенно-климатических характеристик либо подтверждения факта его использования для возделывания виноградных насаждений не менее 5 лет в течение последних 50 лет». Факт подтверждения использования земель для возделывания виноградников за последние 50 лет, а также наличие актуальной информации о состоянии почвы на рассматриваемом земельном участке вызывает сомнения [4].

За 50 лет воздействие, например, деградиционных процессов, нерациональное использование и загрязнение земель могли привести к резкому снижению плодородия для виноградников. Если повысилась каменистость почвы, содержание активного кальция, появилось содержание токсичных солей, превышающих норму или поднялся уровень минерализованных грунтовых вод, то такие почвы скорее всего не дадут ожидаемую урожайность от посадки винограда, а могут и привести к его гибели [6]. Целесообразно было бы ввести в нормативно - правовую базу регулирования отнесения земель к виноградопригодным обязательное наличие актуальных почвенных характеристик рассматриваемых земель, на основании которых следует принимать решение об их виноградопригодности.

Получение данных об актуальном состоянии почв является платной услугой для собственников земельных участков и может предоставляться только лицензированными почвенными организациями (лабораториями).

Интерес собственников потенциально виноградопригодных земель при наличии современных почвенных характеристик заключается в возможности подбора правильной обработки земель, в подборе подвойно-привойных комбинаций, приспособленных для данных почв, в получении субсидий на развитие виноградо-винодельческой отрасли сельского хозяйства.

В Краснодарском крае, согласно приказу министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края от 30 апреля 2025 года № 196, в виноградо-винодельческой области предоставляются:

- субсидии субъектам виноградарства и виноделия на возмещение части затрат на молодые виноградники возрастом до 4 лет включительно;
- субсидии субъектам виноградарства и виноделия на возмещение части затрат на виноградники в плодоносящем возрасте;
- субсидии субъектам виноградарства и виноделия на возмещение части затрат на виноградники в целях обеспечения ухода за ними.

В перечень документов, предоставляемых для подтверждения соответствия требованиям на возмещение части затрат на молодые виноградники возрастом до 4 лет включительно, входит наличие соответствующих страниц «...проектной документации, подтверждающих пригодность почв под закладку виноградных насаждений», что подразумевает наличие результатов почвенного обследования.

Заключение. Формулируя вывод по анализу нормативно - правовой базы отнесения земель к виноградопригодным в Краснодарском крае, стоит отметить недостаточно корректную трактовку возможностей использования результатов выполненных почвенных обследований виноградопригодных земель, а также этапность работ [2]. Инвестор или собственник земельного участка вынужден произвести почвенные обследования только для получения субсидий на закладку виноградника для земель, ранее признанных виноградопригодными и занесенными в федеральный реестр виноградопригодных земель. В случае выявления почвенных характеристик,

несоответствующих для выращивания виноградников, собственник получит отказ по предоставлению субсидии, но земли так и останутся виноградопригодными, что может ввести в заблуждение будущих инвесторов или покупателей такого земельного участка. Поэтому мы считаем обязательным введение предоставления актуальных почвенных характеристик уже на этапе рассмотрения вопроса о признании земель виноградопригодными, не полагаясь на использования участка под виноградники за последние 50 лет.

Литература

1. Быкова, М. В. Нормативно-правовой аспект и регулирование порядка отнесения земель (почв) к виноградопригодным в Анапо-Таманской зоне Краснодарского края / М. В. Быкова // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений: Сборник статей по материалам V Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 20 апреля 2023 года / Отв. за выпуск Е.В. Яроцкая. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023. – С. 97-102.
2. Власенко, В. П. Динамика состояния земельных и почвенных ресурсов и ее отражение в ЕГРН / В. П. Власенко, З. Р. Шеуджен, М. В. Быкова // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2022. – № 4. – DOI 10.55186/02357801_2022_7_4_7.
3. Власенко, В. П. Динамика структуры почвенного покрова земельных участков Анапского района как фактор определения их виноградопригодности / В. П. Власенко, М. В. Быкова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 112. – С. 90-94. – DOI 10.21515/1999-1703-112-90-94.
4. Власенко, В. П. Нормативно-правовая база обоснования отнесения сельскохозяйственных угодий к особо ценным и ее региональные особенности / В. П. Власенко, М. В. Быкова // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений: Сборник статей

по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 22 апреля 2022 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 55-60.

5. Катыевская, А. В. Внесение сведений о границах муниципальных образований и населенных пунктов в единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН), как одно из основных направлений территориального развития / А. В. Катыевская // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений: Сборник статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 24 апреля 2020 года / Отв. за выпуск Е.В. Яроцкая. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 387-390.

6. Красноченок, Ю. В. Земли сельскохозяйственного назначения и их использование в условиях деградации / Ю. В. Красноченок, М. В. Быкова // Студенческие научные работы землеустроительного факультета: сборник статей по материалам Международной студенческой научно-практической конференции, Краснодар, 28 февраля 2019 года / Ответственный за выпуск И.В. Соколова. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 184-188.

7. Корневский, В. В. Анализ состояния уровней загрузки улично-дорожной сети города Краснодара / В. В. Корневский, М. В. Катыевская // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2012. – Т. 2. – С. 174-178.

8. О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации: Федеральный закон от 27.12.2019 N 468 // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_341772/.

9. Об основах регулирования земельных отношений в Краснодарском крае [Электронный ресурс]: закон Краснодарского края от 05.11.2002 N 532-КЗ // Официальный сайт Администрации и городской Думы Краснодара. – URL: <https://krd.ru/administratsiya/administratsii-krasnodara/upravlenie-munitsipa>

Inogo-kontrolya/mzk/normativnye-dokumenty/zakon-krasnodarskogo-kraya-ot-05-11-2002-n-532-kz-red-ot-31.

10. Об утверждении положения о порядке признания земель виноградопригодными и ведения федерального реестра виноградопригодных земель [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. № 2422 // СПС КонсультантПлюс – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373681/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/.

11. Сердюк О.А. Сравнительный анализ видового состава микромицетов каштановой почвы и чернозема выщелоченного // Аграрная наука. — 2025. — № 3. — С. 94-103.

12. Land Suitability Analysis for Vineyard Cultivation in the Izmir Metropolitan Area / S. Salata, S. Ozkavaf-Senalp, K. Velibeyoğlu, Z. Elburz. – DOI: 10.3390/land11030416 // Land. – 2022. – Vol. 11, No. 3. – P. 416.

References

1. Bykova, M.V. Regulatory and legal aspect and regulation of the procedure for classifying lands (soils) as vine-worthy in the Anapo-Taman zone of the Krasnodar Territory /M.V. Bykova //Modern problems and prospects for the development of land and property relations: Collection of articles based on materials of the V All-Russian scientific and practical conference, Krasnodar, April 20, 2023 /Rep. for the issue of E.V. Yarotskaya. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2023. – P. 97-102.

2. Vlasenko, V.P. Dynamics of the state of land and soil resources and its reflection in the Unified State Register of Real Estate /V.P. Vlasenko, Z.R. Sheudzhen //International Journal of Applied Sciences and Technologies Integral. – 2022. – № 4. – DOI 10.55186/02357801_2022_7_4_7.

3. Vlasenko, V.P. Dynamics of the structure of soil cover of land plots in the Anapa region as a factor in determining their grape suitability /V.P. Vlasenko,

M.V. Bykova //Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2024. – № 112. – P. 90-94. – DOI 10.21515/1999-1703-112-90-94.

4. Vlasenko, V.P. The regulatory framework for justifying the classification of agricultural land as especially valuable and its regional characteristics /V.P. Vlasenko, M.V. Bykova //Modern problems and prospects for the development of land and property relations: Collection of articles based on materials of the IV All-Russian scientific and practical conference, Krasnodar, April 22, 2022. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2022. – P. 55-60.

5. Katylevskaya, A.V. Entering information about the boundaries of municipalities and settlements into the Unified State Register of Real Estate (USRN), as one of the main directions of territorial development /A.V. Katylevskaya //Modern problems and prospects for the development of land and property relations: Collection of articles on materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference, Krasnodar, April 24, 2020 /Rep. for the issue of E.V. Yarotskaya. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2020. – P. 387-390.

6. Krasnochenko, Yu. V. Agricultural lands and their use in conditions of degradation /Yu. V. Krasnochenko, M. V. Bykova //Student scientific works of the Faculty of Land Management: a collection of articles on materials of the International Student Scientific and Practical Conference, Krasnodar, February 28, 2019 /Responsible for the issue I.V. Sokolova. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2019. – P. 184-188.

7. Korenevsky, V.V. Analysis of the state of load levels of the road network of the city of Krasnodar /V.V. Korenevsky, M.V. Katylevskaya //Modernization and scientific research in the transport complex. – 2012. – T. 2. – P. 174-178.

8. On viticulture and winemaking in the Russian Federation: Federal Law of December 27, 2019 N 468//ConsultantPlus. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_341772/.

9. On the fundamentals of regulating land relations in the Krasnodar Territory [Electronic resource]: Law of the Krasnodar Territory dated November 5, 2002 N 532-KZ //Official website of the Administration and City Duma of Krasnodar. – URL:<https://krd.ru/administratsiya/administratsii-krasnodara/upravlenie-munitsipalnogo-kontrolya/mzk/normativnye-dokumenty/zakon-krasnodarskogo-kraya-ot-05-11-2002-n-532-kz-red-ot-31>.
10. On approval of the regulations on the procedure for recognizing lands as viticultural and maintaining the federal register of viticultural lands [Electronic resource]: Decree of the Government of the Russian Federation of December 31, 2020 № 2422//SPS Consultantplus – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373681/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/.
11. Serdyuk O.A. Comparative analysis of the species composition of micromycetes in chestnut soil and leached chernozem // Agrarian Science. – 2025. – No. 3. – Pp. 94-103.
12. Land Suitability Analysis for Vineyard Cultivation in the Izmir Metropolitan Area / S. Salata, S. Ozkavaf-Senalp, K. Velibeyoğlu, Z. Elburz. – DOI: 10.3390/land11030416 // Land. – 2022. – Vol. 11, No. 3. – P. 416.

© *Калиткин А.В., Власенко В.П., Быкова М.В., 2026. International agricultural journal, 2026, № 1, 84- 97.*

Научная статья

Original article

УДК 633.174/631.524.84

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_3_25

edn: YINUOK

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТРАВСТОЕВ ПРИ СЕНОКОСНО-
ТЕБЕНЕВОЧНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В УСЛОВИЯХ ЛИМАННОГО
ОРОШЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ**
**ECONOMIC ASSESSMENT OF GRASSES IN FARMING AND
TEBENEVOCHING IN CENTRAL YAKUTIA UNDER LIMAN
IRRIGATION**



Харлампов Дьулустан Иннокентьевич, аспирант 3 года обучения лаборатории кормопроизводства, ФИЦ ЯНЦ СО РАН «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова», (677001, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского 23/1), e-mail: melio_khd@mail.ru

Иванова Татьяна Петровна, аспирант 2 года обучения лаборатории кормопроизводства, ФИЦ ЯНЦ СО РАН «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова», (677001, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского 23/1), e-mail: tatyana.i.81@mail.ru

Павлова Сахаяна Афанасьевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, ФИЦ ЯНЦ СО РАН «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова», (677001, Россия, Республика Саха (Якутия),

г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского 23/1), тел. 89142238124,
<https://orcid.org/0000-0002-5485-4330>, sachayana@mail.ru

Пестерева Елена Семеновна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, ФИЦ ЯНЦ СО РАН «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова», (677001, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского 23/1). Октемский филиал Арктический государственный агротехнологический университет, (678710, Россия, Республика Саха (Якутия), Хангаласский улус, с. Октемцы, ул. Моисеева 16) тел. 89142741396, <https://orcid.org/0000-0002-6097-7740>, lena79pestereva@mail.ru

Захарова Галина Егоровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, ФИЦ ЯНЦ СО РАН «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова», (677001, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского 23/1) e-mail: galina61zaxarova@mail.ru

Dyulustan I. Kharlampyev, 3rd year postgraduate student of the laboratory of feed production, Federal Research Center Yaroslavl Scientific Center SB RAS “Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after. M.G. Safronova”, (677001, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Bestuzhev-Marlinsky str. 23/1), e-mail: melio_khd@mail.ru

Tatyana P. Ivanova, 2nd year postgraduate student of the laboratory of feed production, Federal Research Center YSC SB RAS “Yakut Research Institute of Agriculture named after. M.G. Safronova”, (677001, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Bestuzhev-Marlinsky str. 23/1), e-mail: tatyanai.81@mail.ru

Sakhayana A. Pavlova, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Forage Production, Federal Research Center YSC SB RAS “Yakut Research Institute of Agriculture named after. M.G. Safronova”, (677001, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Bestuzhev-

Marlinskogo str. 23/1), tel. 89142238124, <https://orcid.org/0000-0002-5485-4330>, sachayana@mail.ru

Elena S. Pestereva, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Forage Production, FRC YSC SB RAS “Yakut Research Institute of Agriculture named after. M.G. Safronova” (677001, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Bestuzhev-Marlinskogo str. 23/1). Oktemsky branch of the Arctic State Agrotechnological University, (678710, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Khangalassky ulus, Oktemtsy village, Moiseeva str. 16) tel. 89142741396, <https://orcid.org/0000-0002-6097-7740>, lena79pestereva@mail.ru

Galina E. Zakharova, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Forage Production, Federal Research Center YSC SB RAS “Yakut Research Institute of Agriculture named after. M.G. Safronova”, (677001, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Bestuzhev-Marlinsky str. 23/1) e-mail: galina61zaxarova@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты экономической оценки сеяных злаковых и бобово злаковых травостоев, используемых для сенокоса и тебенёвки (зимнего выпаса скота) на участках с лиманным орошением в Центральной Якутии. Установлено, что в Республике Саха (Якутия) обеспеченность скота грубыми и объёмистыми кормами составляет лишь 60–70 %, а площадь сенокосов за период с 1990 по 2025 гг. сократилась на 13,7 %. В этих условиях особую актуальность приобретает внедрение сеяных травостоев с лиманным орошением - технологии, обеспечивающей стабильное получение грубых кормов за счёт весеннего затопления угодий тальными водами. Исследования показали, что посев сеяных травостоев существенно повышает экономическую эффективность кормопроизводства по сравнению с естественными сенокосами. Так, стоимость сена с естественных угодий составляет 6 780 руб./га, тогда как при посеве злаковых травосмесей она возрастает до 20100 - 21900 руб./га, а бобово злаковых - до 24960 - 29160 руб./га. Наибольшую рентабельность (до 69 %) и условно

чистый доход (до 11856 руб./га) демонстрирует двухкомпонентная травосмесь люцерна (6 кг/га) + кострец безостый (15 кг/га), обеспечивающая урожайность сена 48,8 ц/га. Среди злаковых смесей высокую эффективность показывают варианты с безостым и пырейником сибирским. Экономическая оценка отавы (пожнивных остатков) также подтверждает рентабельность всех изученных вариантов: стоимость продукции составляет 3 060–5 940 руб./га для злаковых и 4 080–6 720 руб./га для бобово-злаковых травостоев.

Abstract. This article presents the results of an economic assessment of seeded cereal and legume-cereal grasslands used for haymaking and winter grazing on estuary-irrigated land in Central Yakutia. It was found that in the Republic of Sakha (Yakutia), the provision of livestock with coarse and bulky forage is only 60–70%, and the area of hayfields decreased by 13.7% between 1990 and 2026. Under these conditions, the introduction of seeded grasslands with estuary irrigation—a technology that ensures a stable supply of coarse forage through spring flooding of lands with meltwater—is particularly relevant. Research has shown that sowing seeded grasslands significantly increases the economic efficiency of forage production compared to natural hayfields. Thus, the cost of hay from natural lands is 6,780 rubles/ha, whereas when sowing cereal grass mixtures it increases to 20,100–21,900 rubles/ha, and legume-cereal mixtures – to 24,960–29,160 rubles/ha. The highest profitability (up to 69%) and conditionally net income (up to 11,856 rubles/ha) are demonstrated by a two-component grass mixture of alfalfa (6 kg/ha) and awnless brome (15 kg/ha), providing a hay yield of 48.8 c/ha. Among the cereal mixtures, variants with awnless grass and Siberian couch grass demonstrated high efficiency. An economic assessment of the aftermath (stubble residue) also confirmed the profitability of all studied variants: the production cost was 3,060–5,940 rubles/ha for cereals and 4,080–6,720 rubles/ha for legume-cereal grass stands.

Ключевые слова: экономическая оценка, злаковый и бобово-злаковый травостой, многолетние травы, лиман, сено, тебеневка

Keywords: economic assessment, cereal and legume-cereal grass stands, perennial grasses, estuary, hay, tebenevka

Введение. В Республике Саха (Якутия) находятся мелиоративные системы с общей площадью мелиорированных земель 93 тыс. га (22 % из вовлеченных в 1966-1984 гг. 418 тыс. га земель) [1]. В настоящее время основной проблемой животноводства является низкая продуктивность скота, причиной которого является низкая кормообеспеченность. Основное производство грубых и сочных кормов Якутии сосредоточено на естественных сенокосах и пастбищах. Обеспеченность объемистыми кормами по республике составляет 60-70%. Следует отметить, что с 1990 по 2026 гг. произошло уменьшение сенокосных площадей на 13,7 % (с 857,7 до 719,5 тыс. га) вследствие сокращения работ по их коренному улучшению, несоблюдения мер ухода и рационального использования, от техногенной, антропогенной, зоогенной нагрузок, несоблюдения сенокосо-пастбищеоборота, до 40% сенокосов и пастбищ (230 тыс. га) сбиты и деградированы [2,3]. Поэтому актуальной проблемой является экономическая оценка сеяных злаковых и бобово-злаковых травостоев при сенокосно-тебеневочном использовании на лиманном орошении.

Целью исследований является экономическая оценка сеяных злаковых и бобово-злаковых травостоев при сенокосно-тебеневочном использовании в условиях лиманного орошения Центральной Якутии.

Задачи исследований:

- определить экономическую оценку сеяных злаковых и бобово-злаковых травостоев при сенокосном использовании на лиманном орошении;
- дать экономическую эффективность сеяных злаковых и бобово-злаковых травостоев отавы (тебеневочного корма) на лиманных лугах.

Научная новизна. Впервые в условиях Центральной Якутии изучена экономическая оценка сеяных злаковых и бобово-злаковых травостоев при сенокосно-тебеневочном использовании на лиманном орошении.

Методика исследований. Научные исследования по созданию сеяных злаковых и бобово-злаковых травостоев проводились в 2020-2025 гг. на научно-производственном стационаре «Лиман» на базе лаборатории кормопроизводства Якутского НИИ сельского хозяйства ФИЦ ЯНЦ СО РАН в с. Хоробут Мегино-Кангаласского улуса в условиях системы лиманного орошения «Хоробутская». Для создания злаковых и бобово-злаковых трав были использованы районированные сорта многолетних травостоев, которые идеально подходят для местных условий. Агротехнологические мероприятия проведены по рекомендованной зональной системой земледелия Якутии [4,5]. Наблюдения и учеты проводились по методическим указаниям ВНИИ кормов [6,7]. Урожайность травостоев в опытах определяли общепринятым методом по сбору сухого вещества (СВ), потенциал продуктивности – по производству обменной энергии (кормовых единиц) и экономическую эффективность – по сбору ОЭ и кормовых единиц с 1 га «Методическому пособию по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства» [8]. Статистическая обработка данных по Б.Н. Доспехову [9].

Почва опытного участка представляет собой мерзлотную дерново-луговую с высоким содержанием гумуса (3,0%) и питательных веществ: общий азот - 0,14%, подвижный фосфор - 165 мг/кг, обменный калий - 258 мг/кг. Реакция среды слабощелочная (рН 7,4), гранулометрический состав - легкий суглинок. Долголетний полевой опыт с различной нормой высева злакового и бобово-злакового многолетнего травостоя при лиманном орошении в мерзлотных аласных понижениях представлен на два блока:

Блок А – злаковый травостой: 1). контроль - природный травостой; блок А-злаковый - 2). коострец безостый 20 кг/га; 3). коострец безостый 20 кг + пырейник сибирский 16 кг; 4) коострец безостый 15 кг + пырейник сибирский 12 кг; 5). коострец безостый 10 кг + пырейник сибирский 8 кг; 6). коострец безостый 20 кг + пырейник сибирский 16 кг + ломкококкосник ситниковый 8 кг; 7). коострец безостый 15 кг + пырейник сибирский 12 кг + ломкококкосник

ситниковый 6 кг; 8). кострец безостый 10 кг + пырейник сибирский 8 кг + ломкококкосник ситниковый 4 кг; блок В-бобово-злаковый:1). люцерна серповидная 8 кг/га; 2). люцерна серповидная 8 кг + кострец безостый 10 кг; 3) люцерна серповидная 6+ кг + кострец безостый 15 кг; 4). люцерна серповидная 4 кг+ кострец безостый 7 кг.; 5) люцерна серповидная 8 кг + пырейник сибирский 8 кг + кострец безостый 10 кг; 6) люцерна серповидная 8 кг + пырейник сибирский 5 кг + кострец безостый 15 кг; 7). люцерна серповидная 8 кг + пырейник сибирский 5 кг + кострец безостый 7 кг. Контролем служил природный травостой аласных лугов, в котором преобладали бескильница тонкоцветковая, пырей ползучий, герань полевая, одуванчик и некоторые виды трав.

Площадь опытных делянок 60 м², учетная площадь 42 м², повторность трехкратная. Размещение делянок - систематическое. Минеральные удобрения (азофоска) вносили вручную в начале вегетации основных видов многолетних трав в дозе N60P0K60.

Результаты исследований. Экономическая оценка злаковых и бобово-злаковых травостоев при лиманном орошении является их коренное улучшение, которое состояла из весенней вспашки на глубину гумусового горизонта с последующим дискованием в два следа тяжелыми дисковыми боронами до полной разделки дернины. После дискования проводилась весенняя культивация, допосевное и послепосевное прикатывание. Учет урожайности и качество корма позволили установить экономическую оценку сеяных злаковых и бобово-злаковых смесей для сенокосно-тебеневочного использования. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольственной политики Республики Саха (Якутия) стоимость 1 ц сена составляет 600 руб. В естественном травостое, стоимость сена в среднем составила 6780 руб./га при урожайности 11 ц/га. При посеве злаковых травосмесей стоимость сена увеличилась от 20100 до 21900 руб./га, бобово-злаковых травосмесей от 24960 до 29160 руб./га в зависимости от видового состава травосмесей и нормы высева компонентов. Высокую стоимость

продукции обеспечивали кострец (20) + пырейник (16) – 21900 руб./га и люцерна (6) + кострец (15) – 29160 руб/га.

В структуру капитальных затрат вошли обработка почвы, посев семян злаковых трав и люцерны, внесение основного удобрения перед залужением. В приведенные (ежегодные) затраты входили внесение минеральных удобрений, учет урожайности злаковых трав и бобово-злаковых травосмесей при сенокосном использовании и отаве с учетом технологических потерь при уборке [3, 4]. Разница приведенных затрат зависело от видового состава и нормы высева компонентов злаковых и бобово-злаковых травосмесей [6]. Высокие приведенные затраты злаковых травосмесей отмечаются при посеве кострец (20) + пырейник (16) + ломкококкосник (8) с общей нормой высева 44 кг/га и кострец (20) + пырейник (16) – 36 кг/га; бобово-злаковых травосмесей: люцерна (8) + пырейник (8) + кострец (16) – 32 кг/га. Наименьшие приведенные затраты приходились на чистых посевах и травосмесях с меньшей нормой высева. Приведенные затраты естественного травостоя (алас) вошли только затраты уборочных работ – 1846 руб./га.

Себестоимость 1 ц сена злаковых травосмесей в среднем за годы исследований составила от 1,14 до 1,27 руб. Наибольшую себестоимость 1 ц сена обеспечивали кострец безостый - 1,27 руб., злаковая травосмесь кострец (15) + пырейник (12) – 1,25 руб. Себестоимость 1 ц сена бобово-злаковых травосмесей намного выше, чем злаковые травосмеси, благодаря высокой урожайности сена и составила от 1,43 до 1,69 руб. Высокую себестоимость из бобово-злаковых травосмесей обеспечивали люцерна (6) + кострец (15) – 1,69 руб. Другие бобово-злаковые травосмеси также сформировали высокую урожайность и себестоимость 1 ц сена.

Условно чистый доход злаковых травосмесей составил от 2536 до 4568 руб./га, рентабельность от 14 до 27%. При посеве злаковых травосмесей высокий показатель условно чистого дохода обеспечивали чистый посев костреца безостого – 4568 руб./га и двухкомпонентные злаковые травосмеси: кострец (20) + пырейник (16) – 4255 руб./га и кострец (15) + пырейник (12) –

4295 руб./га. Условно чистый доход бобово-злаковых травосмесей выше, чем злаковые травосмеси. Включение люцерны в злаковый травостой на лиманное орошение положительно повлияло на получение высокой урожайности сена от 40,4 до 48,6 ц/га. Условно чистый доход бобово-злаковых травосмесей составила от 7267 до 11856 руб./га, рентабельность от 43 до 69 %. Максимальный условно чистый доход получен при посеве двухкомпонентной травосмеси люцерна (6) + кострец (15) – 11856 руб./га, при этом рентабельность составила 69%.

Экономическая оценка отавы злаковой и бобово-злаковой травосмеси показывает положительную динамику экономической эффективности корма и экономически все рентабельные. Стоимость продукции злаковых травосмесей обеспечивали от 3060 до 5940 руб./га, бобово-злаковых травосмесей от 4080 до 6720 руб/га. Приведенные затраты отавы всех вариантов составили 1846 руб./га. Себестоимость 1 ц отавы злаковой травосмеси различное от 1,69 до 3,19 руб/га, бобово-злаковой травосмеси от 2,21 до 3,64 руб/га. Высокую стоимость отавы из злаковых травосмесей обеспечивает кострец (20) + пырейник (16) + ломкоколосник (8) – 5940 руб, бобово-злаковых травосмесей: люцерна (8) + пырейник (5) + кострец (7) – 6720 руб./га. При этом себестоимость отавы вышеперечисленных травосмесей составила 3,22 и 3,64 руб. с условно чистым доходом 4094 и 4874 руб./га соответственно.

Заключение. При расчете экономической оценки сеяных злаковых и бобово-злаковых травостоев при сенокосно-тебеневочном использовании при лиманном орошении в условиях Центральной Якутии наибольшую стоимость продукции сена из злаковых травосмесей обеспечивает кострец безостый (20) + пырейник сибирский (16) - 21900 руб/га, но из-за увеличения видового состава и нормы компонентов высокая себестоимость 1 ц сена получена при посеве чистого посева костреца безостого 1,27 руб. с условно чистым доходом 4568 руб./га. Из бобово-злаковых травосмесей наибольшую стоимость продукции обеспечивает с достоверной разницей люцерна (6) +

кострец (15) – 29160 руб./га, при этом себестоимость 1 ц сена составила 1,69 с условно чистым доходом 11856 руб./га. Все изученные варианты отавы сеяных злаковых и бобово-злаковых травосмесей экономически рентабельные. Максимальную себестоимость 1 ц отавы обеспечивают кострец (20) + пырейник (16) + ломкоколосник (8) – 3,22 руб, люцерна (8) + пырейник (5) + кострец (7) – 3,64 руб.

Литература

1. Лоскин, М. И. Мелиорация сельскохозяйственных земель в Республике Саха (Якутия) в условиях изменения климата / М. И. Лоскин // Природообустройство. - 2021. - № 5. - С. 14-20. - DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-14-20.
2. Павлова С.А., Захарова Г.Е., Пестерева Е.С., Жиркова Н.Н., Соломонова А.М. Фитоценотическое формирование сеяных травостоев при сенокосном использовании в условиях Заречной зоны Центральной Якутии// Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2014. №9. С.64-67.
3. Павлова С.А., Пестерева Е.С., Жиркова Н.Н. Изучить эффективные приемы создания сеяных травостоев при лиманном орошении на аласных лугах Якутии // International agricultural journal. 2023. № 3, 673-684.
4. Система ведения сельского хозяйства в Республике Саха (Якутия) на период 2016-2020 годы / Методическое пособие. – Якутский НИИСХ. – Якутск, 2016. – 416 с.
5. Система ведения сельского хозяйства в Республике Саха (Якутия) на период 2021-2025 годы : методическое пособие / Министерство сельского хозяйства республики Саха (Якутия), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр « Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», «Якутский НИИСХ им. М. Г.Сафронова» ; гл. ред. Л. Н. Владимиров. - Белгород : Издательство Сангалова К. Ю., 2021. - С. 201-241.
6. Методические указания по проведению научных исследований на сенокосах и пастбищах. – М., 1996. – 152 с.

7. Методика опытов на сенокосах и пастбищах [Текст] – М., 1971. - Ч. 2.- 174 с.
8. Михайличенко Б.П., Кутузова А.А., Новоселов Ю.К. и др. Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства. М.: РАСХН, 2000. 156 с.
9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 347 с.

References

1. Loskin, M.I. Reclamation of Agricultural Lands in the Republic of Sakha (Yakutia) in the Context of Climate Change / M.I. Loskin // Nature Management. - 2021. - No. 5. - P. 14-20. - DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-14-20.
2. Pavlova S.A., Zakharova G.E., Pestereva E.S., Zhirkova N.N., Solomonova A.M. Phytocenotic formation of seeded grass stands during haymaking in the conditions of the Trans-River zone of Central Yakutia // Feeding of farm animals and feed production. 2014. No. 9. P.64-67.
3. Pavlova S.A., Pestereva E.S., Zhirkova N.N. To study effective methods for creating seeded grass stands during estuary irrigation on alass meadows of Yakutia // International agricultural journal. 2023. No. 3, 673-684.
4. Agricultural system in the Republic of Sakha (Yakutia) for the period 2016-2020 / Methodological manual. – Yakutsk Research Institute of Agriculture. – Yakutsk, 2016. – 416 p.
5. The agricultural system in the Republic of Sakha (Yakutia) for the period 2021-2025: methodological manual / Ministry of Agriculture of the Republic of Sakha (Yakutia), Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center "Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", "Yakut Research Institute of Agriculture named after. M. G. Safronova" ; Ch. ed. L. N. Vladimirov. - Belgorod: Publishing House Sangalova K. Yu., 2021. - P. 201-241.
6. Guidelines for conducting scientific research in hayfields and pastures. – М., 1996. – 152 p.

7. Methodology of Experiments in Hayfields and Pastures [Text] – Moscow, 1971.
- Part 2. - 174 p.

8. Mikhailichenko B.P., Kutuzova A.A., Novoselov Yu.K. et al. Methodological Guide to Agroenergetic and Economic Assessment of Forage Production Technologies and Systems. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences, 2000. 156 p.

9. Dospekhov, B.A. Methodology of Field Experiments / B.A. Dospekhov. - Moscow: Kolos, 1985. - 347 p.

© Харлампове Д.И., Иванова Т.П., Павлова С.А., Пестерева Е.С., Захарова Г.Е., 2026. *International agricultural journal*, 2026, № 5, 98-109.

Научная статья

Original article

УДК 631.6 : 528.88

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_3_26

edn: LRTOIG

**ОЦЕНКА КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ИНДЕКСАМИ
ВЕГЕТАЦИИ NDVI И ВЛАЖНОСТИ NDMI ПО ДАННЫМ
СПУТНИКА SENTINEL-2**

**EVALUATION OF CORRELATION BETWEEN NDVI VEGETATION
INDEX AND NDMI HUMIDITY INDEX ACCORDING TO SENTINEL-2
SATELLITE**



Зверьков Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт «Радуга» (пос. Радужный, д. 38, Коломна, Московская обл., Россия, 140483), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8348-4391>, rad_sc@bk.ru

Zverkov Mikhail Sergeevich, candidate of technical sciences, leading researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute «Raduga» (Raduzhny village, 38, Kolomna, Moscow region, Russia, 140483), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8348-4391>, rad_sc@bk.ru

Аннотация. Показан результат оценки корреляционной связи между спектральными индексами вегетации NDVI и влажности NDMI, рассчитанным по данным дистанционного зондирования Земли, полученным с помощью спутника Sentinel-2.

Объект исследования расположен в Волгоградской области и представляет собой массив системы капельного орошения общей площадью примерно 120 га, состоящий из 11 участков. На этой территории в 2024 году выращивали культуру столовой моркови (*Daucus carota*). Отмечается, что характер распределения случайных величин NDVI и NDMI не соответствует нормальному закону. W -критерий Шапиро-Уилки для всех наблюдаемых значений вегетационного индекса NDVI находится в диапазоне 0,748...0,871, для индекса влажности NDMI – 0,748...0,884, что статистически значимо ($p = 0,01$) указывает на негауссово распределение. Значения U -критерия Манни-Уитни составляют 212...360, что указывает на статистически значимые различия ($p = 0,01$) между выборками вегетационного индекса NDVI и индекса влажности NDMI. Значения NDVI и NDMI статистически достоверно коррелируют (ранговый коэффициент Спирмена r_s от 0,41 до 0,95) с уровнем значимости $p = 0,01$. Парные коэффициенты корреляции Спирмена r_s между NDVI и NDMI для одного поля находятся в диапазоне 0,85...0,95 при более высоком уровне значимости $p = 0,001$.

Abstract. The result of evaluation of correlation relationship between spectral indices of NDVI vegetation and NDMI humidity calculated on the basis of Earth remote sensing data obtained using Sentinel-2 satellite is shown.

The research object is located in the Volgograd region and is an array of drip irrigation system with a total area of approximately 120 hectares, consisting of 11 sites. In 2024, a table carrot culture (*Daucus carota*) was grown on this territory. The nature of the distribution of random variables NDVI and NDMI does not correspond to the normal (non-Gaussian distribution) law is noted. The Shapiro-Wilkie W -test for all observed values of the NDVI vegetation index is in the range of 0.748... 0.871, for the NDMI humidity index – 0.748... 0.884. This indicates a non-Gaussian distribution with statistical significance ($p = 0.01$). The Munney-Whitney U -test values are 212... 360. This indicates statistically significant differences ($p = 0.01$) between the NDVI vegetation index and NDMI humidity index samples. NDVI and NDMI values correlate statistically significantly

(Spearman rank coefficient $r_s = 0.41 \dots 0.95$) with significance level $p = 0.01$. The paired Spearman correlation coefficients r_s between NDVI and NDMI for one field are in the range of $0.85 \dots 0.95$ with a higher significance level $p = 0.001$.

Ключевые слова: индекс влажности, вегетационный индекс, NDMI, NDVI, SAGA GIS, корреляция, коэффициент Спирмена

Keywords: humidity index, vegetation index, NDMI, NDVI, SAGA GIS, correlation, Spearman's ratio

Введение

При решении частных практических задач в мониторинге состояния посевов, а также земель сельскохозяйственного назначения в последнее время часто возникает необходимость оценки кроме вегетационного индекса NDVI еще и индекса влажности NDMI. В связи с развитием отраслевых информационных систем в мелиорации настоящее время разрабатываются цифровые инструменты анализа состояния мелиоративных систем и дешифровочных признаков факта орошения. Это определяет **актуальность настоящей работы**.

Цель исследования заключалась в оценке корреляционной связи между спектральными индексами вегетации NDVI и влажности NDMI, рассчитанным по данным дистанционного зондирования Земли, полученным с помощью спутника Sentinel-2.

Научно-практическая значимость результатов исследования заключается в том, что приведенный в настоящем исследовании пример оценки корреляционной связи может быть использован для разработки отечественных инструкций и методик интерпретации значений индекса влажности NDMI. В настоящее время в связи с отсутствием аналогов наиболее распространенной является шкала, описанная в методике EOS Data Analytics¹. Необходимо отметить, что информационно-советующая система EOS Data Analytics одновременно с NDMI анализирует значения других

¹ NDMI: Нормализованный Разностный Индекс Влажности [Электронный ресурс]. URL: <https://eos.com/ru/make-an-analysis/ndmi/> (Дата обращения 20.03.2026 г.).

вегетационных индексов (в том числе NDVI) и на основе AI-аналитики позволяет выявлять маркеры дефицита влагосодержания в растительном покрове. Однако прямое использование этой шкалы без соответствующей оценки других показателей состояния посевов связано с рисками неверной интерпретации данных. Так, например, одному и тому же значению индекса NDMI в диапазоне 0...0,2 может соответствовать одновременно как высокий, так и низкий уровень водного стресса в растительном покрове. Очевидно, что оптимизация целевой интерпретации данных связана с оценкой дополнительных маркеров дистанционного зондирования.

О высоком уровне корреляционной связи между индексами вегетации NDVI и влажности NDMI отмечено, например, в работах [1, 2]. В [3], в частности, отмечается, что в настоящее время в научных работах мало освещен вопрос о взаимосвязи между индексами вегетации NDVI и влажности NDMI. Необходимо отметить, что в работах, в которых указывается наличие корреляционной связи между этими данными используется в основном коэффициент корреляции Пирсона r . Основным замечанием к возможности использования r стоит отнести необходимость, чтобы исходные данные соответствовали нормальному распределению. Возникает необходимость предварительной проверки соответствия распределения случайных величин NDVI и NDMI нормальному закону. Характер кривой этих спектральных индексов только в частном случае соответствует нормальному распределению, необходимому для большинства параметрических статистических тестов. Однако в большинстве работ авторами делается допущение, что спектральный индекс распределен по нормальному закону.

В более строгих с математической точки зрения анализах, например, в [4, 5, 6], делается акцент на том, что в действительности значения NDVI и NDMI распределены ненормально. Этот момент достаточно важен, так как для оценки связи необходима или нормализация эмпирического распределения или использование других коэффициентов корреляции. В этой

связи большинство работ по оценке корреляционной связи между NDVI и NDMI имеют частные выводы, которые не могут быть убедительно распространены на характеристику общих физических свойств этих спектральных индексов. В целом спектральные индексы и методы дистанционного зондирования Земли находят широкое применение в мелиоративной практике [7, 8].

Методы и методология проведения исследования

Объект исследования расположен в Городищенском районе Новоnadeждинского сельского поселения Волгоградской области. Представляет собой массив системы капельного орошения общей площадью примерно 120 га, состоящий из 11 участков (рисунок 1), на которых в 2024 году выращивали культуру столовой моркови (*Daucus carota*). Насосной станцией по магистральному трубопроводу (МТ) подается оросительная вода из Городищенского канала. На трубопроводе расположены 13 гидрантов в поливные участки. Общий период наблюдений покрывает даты с 1 апреля по 22 ноября 2024 года.

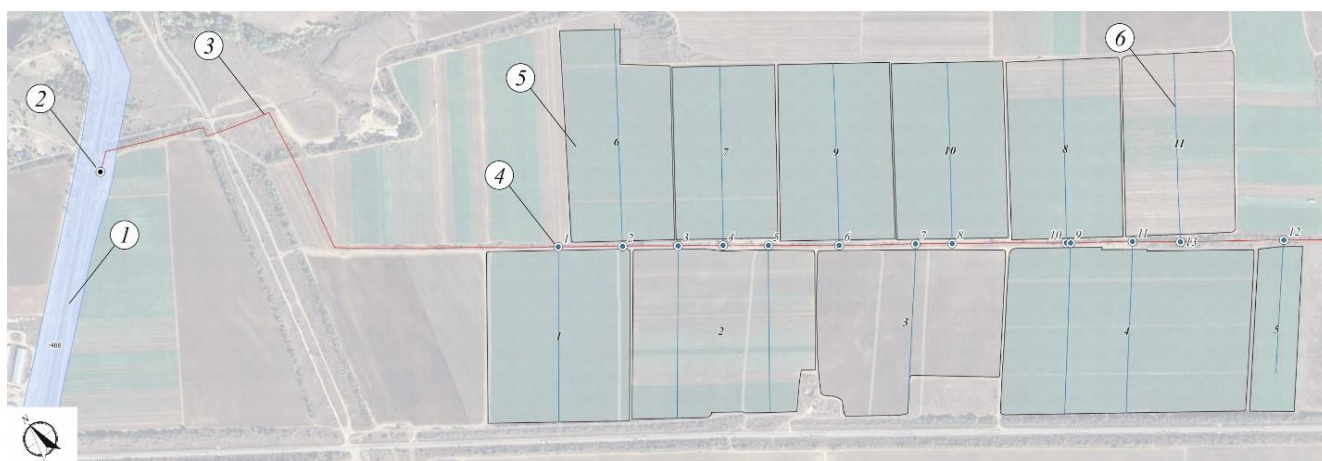


Рисунок 1 – Объект исследования: 1 – Городищенский канал; 2 – насосная станция; 3 – магистральный трубопровод; 4 – гидрант; 5 – орошаемый участок; 6 – участковый поливной трубопровод

За анализируемый период были подготовлены исходные спектральные спутниковые снимки в красном, ближнем и коротковолновом инфракрасном

каналах, а также в диапазоне «true color». По признаку отсутствующей облачности, мешающей исследованию, выбраны 39 дат. В геоинформационной системе SAGA GIS выполнены растровые расчеты спектральных нормализованных разностных вегетационных NDVI и влажностных NDMI индексов с последующей векторизацией. Для расчетов использовался инструмент «Grid Calculator». Границами полигонов являются границы участков, сами полигоны состоят из субполигонов, размер которых определяется размером пикселя исходного растрового слоя спектрального индекса. Среднее число субполигонов внутри полигона составляет около 40 тыс. единиц.

Индекс влажности рассчитывается по известной зависимости по данным спутника Sentinel-2. Для этого используются каналы коротковолнового SWIR и ближнего NIR инфракрасного спектров. Формула для расчета имеет вид:

$$\text{NDMI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR}).$$

В аналогичной относительной зависимости для оценки вегетационного индекса вместо коротковолнового SWIR-излучения используется видимая зона красного спектра Red:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red}).$$

Таким образом получены две хронологические дата-группы искомым спектральных индексов (рисунок 2). Для статистического анализа этих данных подготовлены 78 математических выборок атрибутивной информации, каждая из которых в среднем состоит из 40 тыс. значений NDVI и NDMI, получены сводные статические параметры, в том числе медианы и ее ошибки при уровне надежности 95%.

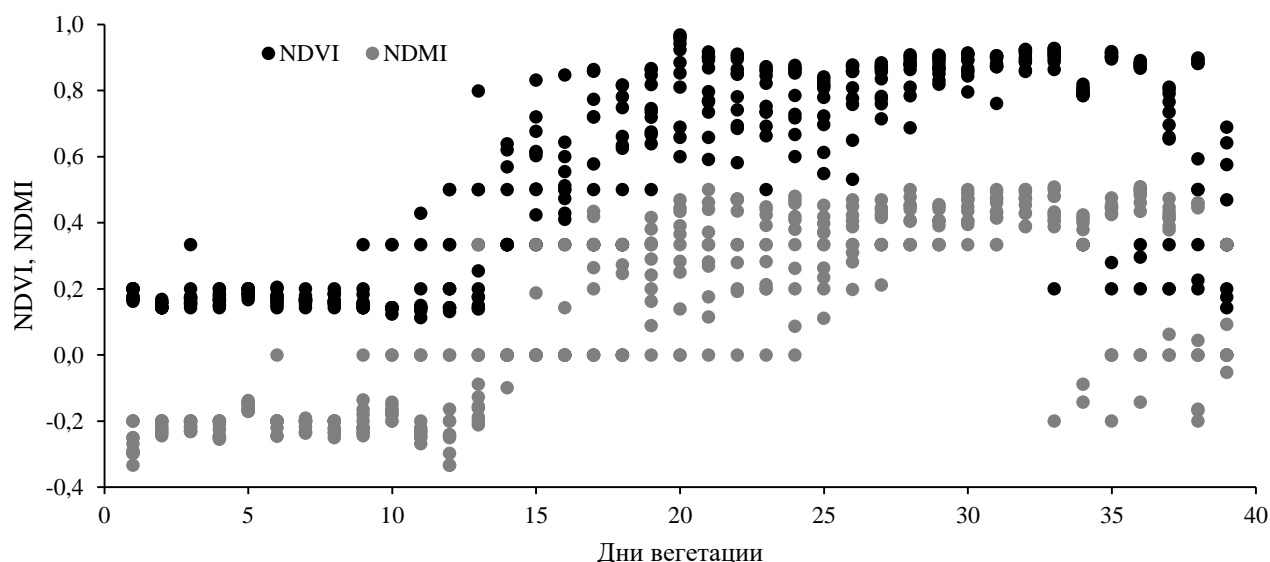


Рисунок 2 – Хронологические дата-группы медианных значений спектральных индексов NDVI и NDMI

На рисунке 3 приведены выборочные снимки «true color» и спектральных нормализованных разностных вегетационных NDVI и влажностных NDMI индексов за отдельные даты наблюдений. Необходимо отметить, что скроки вегетации столовой моркови (*Daucus carota*) на полях отличались. Однако в среднем начало вегетации пришлось на 1 декаду июня, а продолжилось до конца октября. Общий период составил около 140 дней, что соответствует позднеспелым сортам моркови.

Для оценки корреляционной связи между индексами NDVI и NDMI проверялась гипотеза об отсутствии статистических признаков нормального распределения случайных величин. Для этого оценивался W -критерий Шапиро-Уилки, U -критерий Манни-Уитни, коэффициенты асимметрии C_s , эксцесса C_k и вариации C_v , а также сравнивались дисперсии выборок s^2 . Для исследования корреляционной связи между данными использовался r_s – ранговый коэффициент Спирмена. Статистически значимыми считались различия при уровне $p = 0,01$.

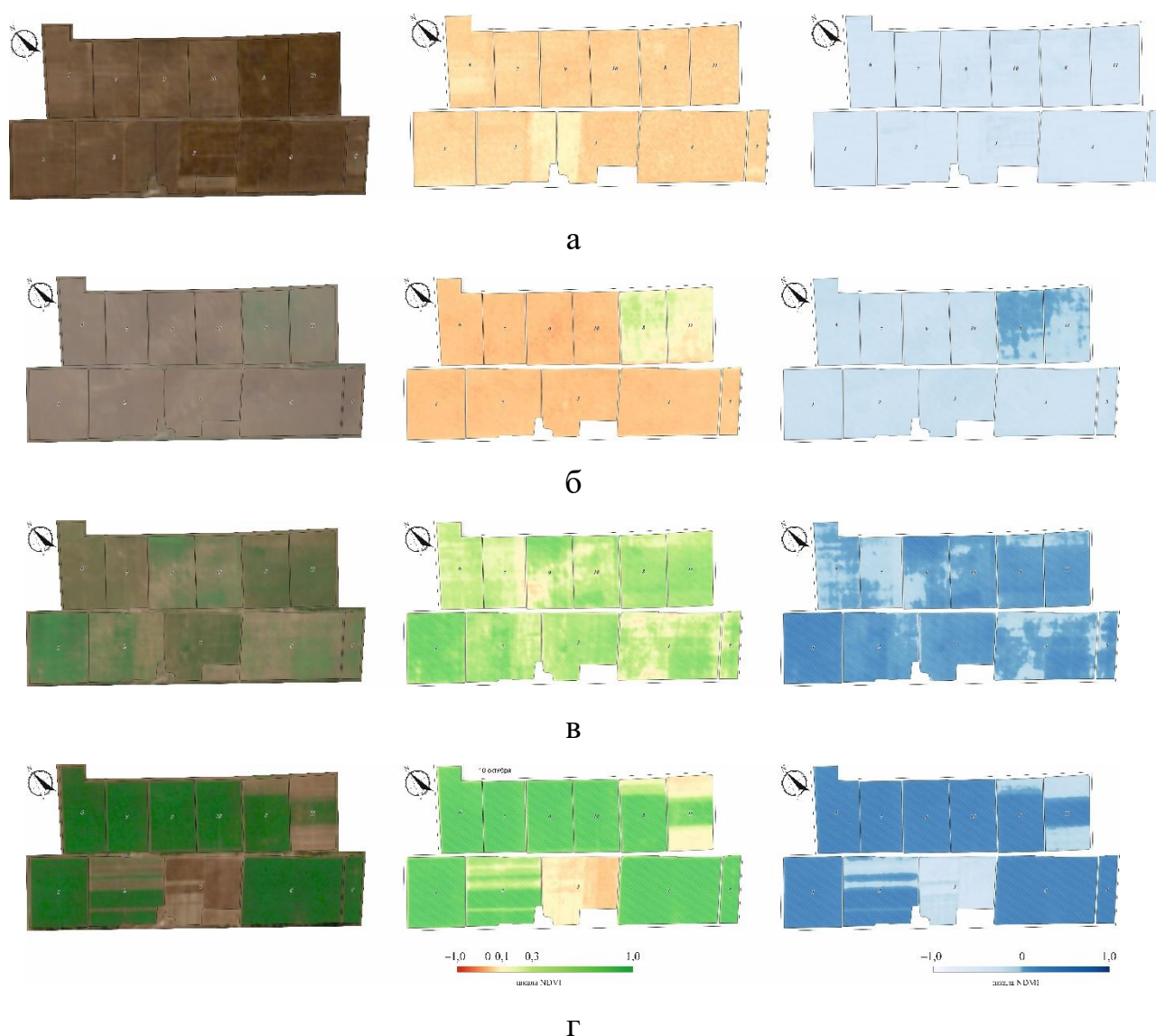


Рисунок 3 – Хронологические снимки «true color» и карты распределения спектральных индексов NDVI и NDMI: а – 1 апреля; б – 5 июня; в – 15 июля; г – 10 октября

Результаты и обсуждение

Оценка соответствия выборок медианных значений NDVI и NDMI нормальному распределению выполнена с помощью W -критерия Шапиро-Уилки. Для этого проверялась гипотеза о превышении расчетной величины критерия W над критическим значением $W_{cr} = 0,917$ для соответствующего уровня значимости $p = 0,01$. Для всех наблюдаемых значений вегетационного индекса NDVI расчетный критерий W находится в диапазоне 0,748...0,871, для индекса влажности NDMI – 0,748...0,884. То есть рассматриваемые

выборки статистически достоверно не являются нормально распределенными.

Указанная особенность объясняется следующими параметрами. Выборки NDVI имеют преимущественно левостороннюю асимметрию, значения коэффициента асимметрии C_s преимущественно отрицательные и находятся в диапазоне $-0,5...0,2$. Эксцесс выборок NDVI платикуртический (отрицательный) с коэффициентами $C_k \in [-1,9; -1,4]$, что хорошо заметно на хронологическом графике (см. рисунок 2) из-за отсутствия характерных для нормального распределения перегибов в окрестности максимума. Коэффициенты асимметрии выборок NDMI находятся в диапазоне $-0,4...0,2$, что может указывать на слабое симметричное распределение. Однако коэффициенты $C_k \in [-1,8; -1,5]$ указывают на отрицательный эксцесс. Обращает на себя внимание близкие по значению диапазоны C_s и C_k , что может указывать на один и тот же тип распределения случайной величины. Однако данный вопрос в настоящем исследовании не рассматривался.

Также сравнивались дисперсии выборок: $s^2(\text{NDVI}_i)$ и $s^2(\text{NDMI}_i)$, где i – номер одного и того же поля. Для всех исследуемых участков в период наблюдений $s^2(\text{NDVI}_i) \in [0,084; 0,114]$ и $s^2(\text{NDMI}_i) \in [0,063; 0,097]$. При этом среднеквадратическое отклонение s указывает на то, что среднее значение выборок вегетационного индекса за период наблюдений колеблется примерно на $\pm(0,290...0,337)$, а для индекса влажности – на $\pm(0,250...0,312)$. Коэффициенты вариации C_v выборок медианных значений NDVI и NDMI за весь период вегетации крайне высокие и составляют $0,474...0,681$ и $1,552...3,625$ соответственно. Это типично при рассмотрении генерализованных выборок, коэффициенты вариации C_v за отдельные даты наблюдений обычно не превышают $0,2$.

Тест Манни-Уитни показал статистически значимые различия между выборками вегетационного индекса NDVI и индекса влажности NDMI. Расчетные значения критерия Манни-Уитни составляют $U \in [212; 360]$ и меньше критического значения $U_{cr} = 527$ (уровень значимости $p = 0,01$).

Однако это также не указывает на статистическую значимость в различии типа распределения. Данный вопрос является предметом дальнейших исследований автора.

Поскольку анализируемые значения NDVI и NDMI распределены не по нормальному закону, то применение коэффициента Пирсона невозможно. Для исследования корреляционной связи между данными использовался r_s – ранговый коэффициент Спирмена (таблица 1). Статистическая значимость результатов оценена по коэффициенту Стьюдента (таблица 2). Конкурирующая гипотеза об отсутствии связи проверялась при уровне значимости $p = 0,01$ для критического значения $t_{кр} = 2,708$. В таблицах цветами выполнена классификация силы корреляционной связи и ее статистической значимости.

Таблица 1 – Значения коэффициента r_s ранговой корреляции Спирмена между NDVI и NDMI

Индексы	NDMI											
	№ поля	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NDVI	1	0,94	0,64	0,41	0,81	0,83	0,77	0,82	0,67	0,87	0,87	0,43
	2	0,67	0,91	0,68	0,82	0,82	0,79	0,77	0,74	0,70	0,68	0,73
	3	0,46	0,75	0,88	0,58	0,61	0,66	0,61	0,70	0,45	0,45	0,86
	4	0,80	0,84	0,62	0,93	0,93	0,90	0,88	0,84	0,84	0,85	0,69
	5	0,83	0,83	0,64	0,88	0,95	0,89	0,90	0,81	0,85	0,84	0,68
	6	0,80	0,79	0,61	0,85	0,87	0,88	0,90	0,82	0,82	0,84	0,72
	7	0,79	0,78	0,62	0,84	0,87	0,90	0,91	0,81	0,83	0,84	0,74
	8	0,72	0,82	0,68	0,84	0,86	0,86	0,84	0,85	0,71	0,75	0,84
	9	0,91	0,73	0,48	0,87	0,91	0,86	0,91	0,76	0,94	0,92	0,54
	10	0,86	0,68	0,45	0,83	0,84	0,83	0,90	0,75	0,88	0,91	0,58
	11	0,42	0,77	0,82	0,58	0,62	0,68	0,64	0,75	0,41	0,44	0,93

Таблица 2 – Эмпирические значения критических точек p - $t_{кр}$ коэффициента Стьюдента при уровне значимости $p = 0,01$

Индексы	NDMI											
	№ поля	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NDVI	1	16,97	5,01	2,76	8,44	9,16	7,24	8,73	5,43	10,98	10,65	2,93
	2	5,45	13,17	5,67	8,70	8,86	7,89	7,34	6,78	5,99	5,66	6,55
	3	3,12	6,95	11,08	4,31	4,65	5,37	4,72	6,00	3,06	3,05	10,18
	4	8,20	9,56	4,76	15,00	15,17	12,68	11,26	9,60	9,53	9,73	5,88
	5	8,98	8,91	5,06	11,35	19,45	12,10	12,31	8,34	9,83	9,45	5,68
	6	8,04	7,71	4,72	9,86	10,53	11,20	12,49	8,77	8,78	9,35	6,39
	7	7,76	7,65	4,80	9,53	10,71	12,22	13,33	8,34	8,94	9,55	6,68
	8	6,27	8,56	5,59	9,49	10,09	10,39	9,57	9,70	6,06	6,95	9,49

9	13,79	6,46	3,36	10,67	13,76	10,12	13,22	7,13	16,31	14,10	3,87
10	10,07	5,59	3,04	8,93	9,36	8,88	12,30	6,93	11,17	13,37	4,33
11	2,78	7,38	8,70	4,34	4,76	5,61	5,12	6,80	2,71	2,98	15,94

Из приведенных данных видно, что значения NDVI и NDMI статистически достоверно коррелируют с уровнем значимости $p = 0,01$. Коэффициенты r_s ранговой корреляции Спирмена находятся в диапазоне $0,41 \dots 0,95$, то есть в зонах умеренной и сильной корреляционной связи. При этом парные значения NDVI и NDMI одного поля достоверно коррелируют с коэффициентами $r_s \in [0,85; 0,95]$ при более высоком уровне значимости $p = 0,001$ для критических значений коэффициента Стьюдента $p-t_{кр} \in [9,70; 19,45]$. Главная диагональ корреляционной матрицы (таблица 1) показывает, что при повышении значений индекса NDMI (и снижения дефицита влаги в посевах) достоверно улучшается состояние растений столовой моркови (*Daucus carota*), которое оценивают по значению вегетационного индекса NDVI.

Выводы

В исследовании показано, что между значениями спектральных индексов NDVI и NDMI существует сильная положительная корреляционная связь. С практической точки зрения эти результаты показывают важность использования значений обоих показателей при интерпретации данных дистанционного зондирования. При решении частных задач мониторинга, например, при оценке спектральных маркеров или эффективности орошения, это является ключевым аспектом в анализе данных. Дальнейшие исследования автора связаны с оценкой видов распределения спектральных индексов NDVI и NDMI.

Литература

1. An inclusive approach to crop soil moisture estimation: Leveraging satellite thermal infrared bands and vegetation indices on Google Earth engine / Imtiaz, F., Farooque, A. A., Randhawa, G. S., Wang, X., Esau, T. J., Acharya, B., & Hashemi

- Garmdareh, S. E. // *Agricultural Water Management*, 2024, Vol. 306. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.109172.
2. Evaluation and Correlation of Sentinel-2 NDVI and NDMI in Kyiv (2017-2021) / Strashok, O., Ziemiańska, M., & Strashok, V. // *Journal of Ecological Engineering*, 2022. Vol. 23(9), P. 212–218. DOI: 10.12911/22998993/151884.
3. Агроэкологическая оценка зависимости вегетационной активности посевов / Н. Г. Курмашева, Ф. Ф. Авсахов, Р. Ш. Иргалина, Р. Г. Ягафаров // *АгроЭкоИнфо*. 2024. № 5(65). EDN: UGQIDW.
4. Дмитриев П. А., Козловский Б. Л., Дмитриева А. А., Вардуни Т. В., Влияние компоновки побегов сосны при гиперспектральной съемке в лабораторных условиях на статистические характеристики вегетационных индексов // *Живые и биокосные системы*. 2023. № 4. DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-3.
5. Detecting climate change effects on forest ecosystems in Southwestern Romania using Landsat TM NDVI data / Pravalie, R., Sîrodov, I., & Peptenatu, D. // *Journal of Geographical Sciences*. 2014. Vol. 24(5), P. 815–832. DOI: 10.1007/s11442-014-1122-2.
6. Анализ трендов временных рядов вегетационного индекса NDVI / М. Ю. Катаев, А. А. Бекеров, П. В. Шалда // *Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники*. 2017. Т. 20, № 1. С. 81–84. DOI: 10.21293/1818-0442-2017-20-1-81-84. EDN: ZATNAH.
7. К вопросу о ретроспективном картографировании прибрежно-водной растительности мелиоративных водоемов / С. С. Смелова // *Экология и строительство*. 2025. № 2. С. 14–23. DOI: 10.35688/2413-8452-2025-02-002. EDN: OZOUSQ.
8. Спектральная отражательная способность почв Мильской степи Азербайджана в зависимости от их химических и физических свойств / С. А. Кочарли, М. Г. Мустафаев, Э. М. Ахмедзаде [и др.] // *Экология и строительство*. 2025. № 1. С. 4–11. DOI: 10.35688/2413-8452-2025-01-001. EDN: VWMAIW.

9. Кочарли С.А., Мустафаев М.Г., Велиева З.М., Ахмедзаде Э.М. Взаимосвязь между агрофизическими свойствами и спектрофотометрическими показателями почв Кура-Аразской низменности Азербайджана // Экология и строительство. 2026. No 1. С. 4–10. DOI: 10.35688/2413-8452-2026-01-001.

References

1. An inclusive approach to crop soil moisture estimation: Leveraging satellite thermal infrared bands and vegetation indices on Google Earth engine / Imtiaz, F., Farooque, A. A., Randhawa, G. S., Wang, X., Esau, T. J., Acharya, B., & Hashemi Garmdareh, S. E. // *Agricultural Water Management*, 2024, Vol. 306. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.109172.
2. Evaluation and Correlation of Sentinel-2 NDVI and NDMI in Kyiv (2017-2021) / Strashok, O., Ziemiańska, M., & Strashok, V. // *Journal of Ecological Engineering*, 2022. Vol. 23(9), P. 212–218. DOI: 10.12911/22998993/151884.
3. Agroekologicheskaya otsenka zavisimosti vegetatsionnoi aktivnosti posevov / N. G. Kurmasheva, F. F. Avsakhov, R. Sh. Irgalina, R. G. Yagafarov // *AgroEhkoInfo*. 2024. № 5(65). EDN: UGQIDW.
4. Dmitriev P. A., Kozlovskii B. L., Dmitrieva A. A., Varduni T. V., Vliyanie komponovki pobegov sosny pri giperspektral'noi s'emke v laboratornykh usloviyakh na statisticheskie kharakteristiki vegetatsionnykh indeksov // *Zhivye i biokosnye sistemy*. 2023. № 4. DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-3.
5. Detecting climate change effects on forest ecosystems in Southwestern Romania using Landsat TM NDVI data / Pravalie, R., Sîrodoev, I., & Peptenatu, D. // *Journal of Geographical Sciences*. 2014. Vol. 24(5), P. 815–832. DOI: 10.1007/s11442-014-1122-2.
6. Analiz trendov vremennykh ryadov vegetatsionnogo indeksa NDVI / M. Yu. Kataev, A. A. Bekerov, P. V. Shalda // *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioehlektroniki*. 2017. T. 20, № 1. S. 81-84. DOI: 10.21293/1818-0442-2017-20-1-81-84. EDN: ZATNAH.

7. K voprosu o retrospektivnom kartografirovanii pribrezhno-vodnoi rastitel'nosti meliorativnykh vodoemov / S. S. Smelova // *Ehkologiya i stroitel'stvo*. 2025. № 2. S. 14-23. DOI: 10.35688/2413-8452-2025-02-002. EDN: OZOUSQ.
8. Spektral'naya otrazhatel'naya sposobnost' pochv Mil'skoi stepi Azerbaidzhana v zavisimosti ot ikh khimicheskikh i fizicheskikh svoistv / S. A. Kocharli, M. G. Mustafaev, Eh. M. Akhmedzade [i dr.] // *Ehkologiya i stroitel'stvo*. 2025. № 1. S. 4-11. DOI: 10.35688/2413-8452-2025-01-001. EDN: VWMAYW.
9. Kocharli S.A., Mustafaev M.G., Velieva Z.M., Akhmedzade Eh.M. Vzaimosvyaz' mezhdru agrofizicheskimi svoistvami i spektrofotometricheskimi pokazatelyami pochv Kura-Arazskoi nizmennosti Azerbaidzhana // *Ehkologiya i stroitel'stvo*. 2026. No 1. C. 4–10. DOI: 10.35688/2413-8452-2026-01-001.

© Зверьков М.С., 2026. *International agricultural journal*, 2026, № 3, 110- 123.

Научная статья

Original article

УДК 332.33

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_3_27

edn: FYVSOK

**RESEARCH ON INFLUENCING FACTORS OF THE STABILITY OF
ARABLE LAND PRODUCTION CAPACITY IN HEILONGJIANG
PROVINCE**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СТАБИЛЬНОСТЬ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ В
ПРОВИНЦИИ ХЭЙЛУНЦЗЯН**



Vasily I. Nilipovskiy, candidate of economic sciences, associate professor, professor of department of agricultural production and management, State University of Land Use Planning, (15, Kazakova Str., Moscow, 105064, Russian Federation), tel. 8 (499) 261-95-68, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4749-5701>, nilipovskiyvi@guz.ru

Mengqi Ma, master's degree graduate of School of public administration and law, Northeast Agricultural University, (600, Changjiang Str., Xiangfang District, Harbin, 150030, China); ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4125-7538>, 1351214508@qq.com

Guoming Du, professor - head of School of public administration and law, Northeast Agricultural University, (600, Changjiang Str., Xiangfang District, Harbin, 150030, China); ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7028-8852>, mac580@neau.edu.cn

Вонюа Файе, Ph.D. in rural and regional development, researcher of School of public administration and law, Northeast Agricultural University, (600, Changjiang Street, Xiangfang District, Harbin 150030, China); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4465-6792>, gaojunfeng@neau.edu.cn

Fan Xiaoyu, researcher of School of public administration and law, Northeast Agricultural University, (600, Changjiang Str., Xiangfang District, Harbin, 150030, China). ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4125-7538>, gaojunfeng@neau.edu.cn

Нилиповский Василий Иванович, кандидат экономических наук, доцент, профессор кафедры управления сельскохозяйственным производством и менеджмента, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству» (440014 Россия, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 15), тел. 8 (499) 261-95-68, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4749-5701>, nilipovskiyvi@guz.ru

Ма Мэнци, выпускница факультета государственного управления и права, Северо-восточный сельскохозяйственный университет, (150030 Китай, г. Харбин, район Сянфан, ул. Чанцзян, 600); ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4125-7538>, gaojunfeng@neau.edu.cn

Ду Гомин, профессор, заведующий кафедрой государственного управления и права, Северо-восточный сельскохозяйственный университет, (150030 Китай, г. Харбин, район Сянфан, ул. Чанцзян, 600); ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7028-8852>, mac580@neau.edu.cn

Фэй Бонуа, доктор философии в области сельского и регионального развития, научный сотрудник Школы государственного управления и права, Северо-восточный сельскохозяйственный университет (150030 Китай, г. Харбин, район Сянфан, улица Чанцзян, 600); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4465-6792>; gaojunfeng@neau.edu.cn

Фань Сяюй, научный сотрудник Школы государственного управления и права, Северо-восточный сельскохозяйственный университет (150030 Китай,

г. Харбин, район Сянфан, улица Чанцзян, 600); ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4125-7538>, gaojunfeng@neau.edu.cn

Abstract. Due to long-term intensive food production and unsustainable agricultural practices in some areas of China, cultivated land faces challenges such as soil depletion, reduced organic matter content, and deteriorating physical and chemical properties, which pose obstacles to the sustainable use of cultivated land and the steady increase in grain production capacity. The purpose of this study is to identify the main factors affecting the stability of arable land production capacity in Heilongjiang Province, to study their impact on the stability of production potential, and to develop a theoretical framework and practical recommendations for ensuring the quality development of regional agriculture and responding to fluctuations in global food prices. In this paper, Heilongjiang Province was selected as the research object, and data from 2001 to 2020 was used. The results showed that the stability of the production potential of arable land exhibited a significant upward trend in the east and a downward trend in the west of Heilongjiang Province. The impact of climate fluctuations and human activities on the stability of the production potential of arable land is characterized by significant spatial heterogeneity. There are obvious differences in the key factors and their direction of action in different regions. The stability of production capacity is largely influenced by climate fluctuations and human activities, and the effects of these two factors are significantly heterogeneous and generally weakening. In the future, it will still be necessary to pay more attention to analyzing changes in the stability of arable land production capacity in order to make effective land management decisions.

Аннотация. В связи с длительным интенсивным производством продовольствия и неразумными методами ведения сельского хозяйства в некоторых районах Китая обрабатываемые земли сталкиваются с такими проблемами, как истощение слоев чернозема, снижение содержания органических веществ в почве и ухудшение физических и химических свойств почвы, что создает проблемы для устойчивого использования

обрабатываемых земель и стабильное увеличение мощностей по производству зерна. Целью данного исследования является выяснение основных факторов, влияющих на стабильность производственных мощностей пахотных земель в провинции Хэйлуцзян, изучение их влияния на стабильность производственного потенциала, а также развитие теоретического обоснования и разработка практических рекомендаций для обеспечения качественного развития регионального сельского хозяйства и реагирования на колебания цен на мировом продовольственном рынке. В данной статье в качестве объекта исследования выбрана провинция Хэйлуцзян, используются данные за период с 2001 по 2020 год. Результаты показали, что стабильность производственного потенциала пахотных земель продемонстрировала значительную тенденцию к росту на востоке и снижению на западе провинции Хэйлуцзян. Влияние колебаний климата и деятельности человека на стабильность производственного потенциала пахотных земель характеризуется значительной пространственной неоднородностью. Существуют очевидные различия в ключевых факторах и направлении их действия в разных регионах. Стабильность производственного потенциала в значительной степени зависит от колебаний климата и деятельности человека, и последствия этих двух факторов значительно неоднородны в пространстве и в основном ослабевают. В будущем по-прежнему необходимо уделять больше внимания анализу изменений стабильности производственного потенциала пахотных земель для принятия эффективных решений по управлению земельными ресурсами.

Keywords: Heilongjiang Province; China; production capacity; arable land; stability; influencing factors; protection of arable land

Ключевые слова: провинция Хэйлуцзян; Китай; производственный потенциал; пахотные земли; стабильность; факторы влияния; охрана пахотных земель

Introduction

Food security is a matter of paramount importance to the any nation [1;2]. As the world undergoes profound changes unseen in a century, the instability of global food markets is intensifying, and uncertainties regarding the quantity and quality of food supply further increase the potential risks [3]. Although China is a major agricultural country, it suffers from a scarcity of arable land per capita, and its agricultural foundation remains relatively weak. The interaction between the basic national condition of a large population with limited arable land and the changing external environment poses severe challenges to food security [4]. In recent years, China has implemented the strategy of “storing grain in the land and storing grain in technology,” vigorously promoted the construction of high-standard farmland, and steadily enhanced its comprehensive grain production capacity. The No. 1 Central Document of 2023 prioritizes the task of “ensuring stable production and supply of grain and key agricultural products,” explicitly setting the national grain output target at over 650 million tons. Against this backdrop, ensuring food security has become a major issue for safeguarding national security and socioeconomic stability. Investigating the factors influencing the stability of cultivated land productivity is of great significance for achieving sustainable and balanced grain output [5].

Early research in China focused on natural background conditions: Yao Yuan et al. proposed that soil salinity inhibits productivity [6]; Chen Yanhua et al. found that organic matter content contributes significantly to productivity [7]. As research progressed, scholars began to emphasize the influence of human activities and policy systems, discovering that socioeconomic factors such as fertilizer input [8], cropping structure [9], and other factors interact with natural conditions to jointly affect productivity.

Regarding methods for assessing cultivated land productivity, international research has largely relied on crop simulation techniques. For instance, Schellberg J used trend extrapolation to characterize yield evolution patterns [10], De Wit C.T. laid the theoretical foundation for dynamic crop growth simulation [11], the

WOFOST (WORLD FOOD STUDIES) model has been widely applied in land evaluation and yield prediction [12], and the DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) model enables precise identification of factors affecting productivity at the field scale [13]. Early domestic research in China was primarily based on agricultural land classification and grading results, with Wang Guoqiang et al. [14] systematically exploring the technical pathways for productivity assessment. With the advancement of remote sensing technology, assessment approaches based on vegetation NPP (Net Primary Production) have become a research focus. Guo Zhixing et al. proposed NPP as an effective indicator of farmland productivity [15]; Yan Junxia et al. validated the feasibility of using NPP to characterize cultivated land quality [16]; Liu Xue et al. found a significant correlation between NPP and crop yield [17]. Yanyan Pei et al. employed the CASA (Carnegie–Ames–Stanford Approach) model to calculate NPP and characterize productivity [18], while Chen Yanlin et al. used EOS (Earth Observing System) with MODIS-EVI (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) data to evaluate cultivated land productivity [19].

Regarding research on factors influencing cultivated land productivity, international studies have often focused on macro-level natural factors. Hoobler B.M. identified light, temperature, precipitation, and soil as key determinants of production potential [20]; Welch J.R. et al. found that rising temperatures can lead to yield reductions [21]; Pooya M.R. emphasized the impact of water supply on yield [22]; Wade J. noted that improving cultivated land quality is a core pathway to increasing yield [23]; Qiao L. found that increasing soil organic matter and available phosphorus content enhances yield stability [24]; Min et al. note the role of geographic information systems (GIS) in the study of the production and economic potential of land [25]. Scientific research has pointed out the need to optimize the size of land plots in order to increase agricultural production [26], and has also identified the main ways to develop international cooperation in the field of sustainable land use [27].

Heilongjiang Province, as a crucial grain production base in China, possesses the largest area of cultivated land resources in the country [28]. However, long-term intensive grain production and irrational farming practices in some regions have led to issues such as the thinning of the black soil layer, a decline in soil organic matter content, and the degradation of soil physicochemical properties, posing challenges to the sustainable use of cultivated land and the stable enhancement of grain productivity [29]. Based on this, this study characterizes cultivated land productivity using NPP and analyzes productivity stability using the coefficient of variation (CV). The multiple regression residual method is employed to spatially analyze the impacts of climate fluctuations and human activities on productivity stability. Furthermore, the study examines how specific influencing factors within climate fluctuations and human activities affect the stability of actual cultivated land productivity in different regions, aiming to provide a scientific basis for the protection and sustainable use of cultivated land in Heilongjiang Province and Northeast China.

Research Methods and Materials

Overview of the Study Area. Heilongjiang Province, the northernmost provincial-level administrative region in China, is located in the northeast of the country. It stretches from 43°25'N in the south to 53°33'N in the north, and from 121°10'E in the west to 135°05'E in the east (Figure 1). The total land area of the province is 473,000 km² (including special regions such as Jiagedaqi and Songling), accounting for approximately 4.9% of China's total land area. Heilongjiang Province has a continental monsoon climate [30]. From south to north, it spans the mid-temperate and cold-temperate zones, while from east to west, it exhibits a gradient transitioning from humid to semi-humid and then to semi-arid conditions. The province experiences low temperatures and little rain in spring, high temperatures and abundant rain in summer, is prone to flooding accompanied by early frost in autumn, and has long, severe winters. Furthermore, the province has a short frost-free period, and significant climatic differences exist between regions. The terrain is characterized by higher elevation in the northwest

and southeast and lower elevation in the northeast and southwest, consisting mainly of mountains, tablelands, and plains. The province has a well-developed river system, with major rivers including the Heilong (Amur), Songhua, Wusuli (Ussuri), and Suifen, as well as natural lakes such as Xingkai (Khanka), Jingpo, and Wudalianchi. Data from the Third National Land Survey indicate that the cultivated land area in Heilongjiang Province is 172,000 km², accounting for approximately 36.36% of the province's total land area. The total grain sowing area in the province is approximately 147,400 km², representing 12.40% of the national total. The total grain output of the province has reached 77.88 million tons, accounting for approximately 11.20% of the national output, ranking first in China for fourteen consecutive years.

Data Sources and Preprocessing. Land use data for 2001-2020 were obtained from the China Annual Land Cover Dataset [31] at a spatial resolution of 500 m. NPP data for 2001-2020 were obtained from the MOD17A3 HGF dataset (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>) provided by NASA (National Aeronautics and Space Administration, USA), with a spatial resolution of 500 m, a temporal resolution of 1 year, and HDF format. Temperature and precipitation data were derived from the China Regional Monthly Temperature and Precipitation Dataset from the National Earth System Science Data Center (<http://www.geodata.cn>), with a spatial resolution of 1 km. Digital Elevation Model (DEM) and administrative division data were obtained from the website of the Resource and Environmental Science Data Center, Chinese Academy of Sciences (<https://www.resdc.cn>), with a spatial resolution of 250 m. Cultivated land quality evaluation indicator data were obtained from the Department of Agriculture and Rural Affairs of Heilongjiang Province, soil surveys, and special monitoring of black soil. Data on factors influencing human activities were obtained from statistical yearbooks and the National Bureau of Statistics website (<https://www.stats.gov.cn/sj/>).

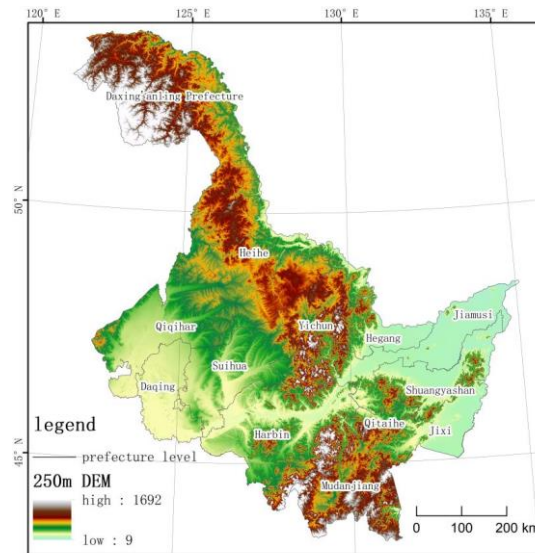


Figure 1. Schematic map of the study area in Heilongjiang Province*

(*2022 Heilongjiang Province DEM data sourced from the website of the Resource and Environmental Science Data Center, Chinese Academy of Sciences).

Data preprocessing mainly included the following. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), a primary remote sensing instrument aboard NASA's Terra and Aqua satellites, is known for its publicly available data, long time series, and short update cycles. The MOD17A3 HGF NPP data for 2001-2020 used in this study correspond to tiles h25v03, h26v03, h26v04, and h27v04. The downloaded data were mosaicked, format-converted, and reprojected using the MODIS Reprojection Tool (MRT). Outliers in the data were removed using ENVI 5.1 software, and the units of the NPP data were converted to $g \cdot C/m^2$. Finally, splicing and clipping were performed using ArcGIS 10.8 to obtain NPP data for Heilongjiang Province. The coefficient of variation for each period was calculated based on ArcGIS software, and the results were classified into three levels (high stability, medium stability, low stability) using the natural breaks classification method. The processing of meteorological climate data (e.g., temperature, precipitation) and topographic data mainly involved steps such as extraction by mask, clipping, reclassification, and projection conversion to ensure the data conformed to the actual conditions of the study area. All data were uniformly

processed using the WGS_1984 coordinate system with the Albers projection to facilitate subsequent spatial analysis.

Pearson Correlation Test. The Pearson correlation test is a parametric statistical method used to quantify the degree of linear correlation between two continuous variables and test the statistical significance of that correlation. Its core indicator, the Pearson correlation coefficient (r), ranges from -1 to 1. The specific calculation formula is:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

where \bar{x} and \bar{y} represent the sample means of the two variables, and x_i and y_i represent the independent and dependent variable samples, respectively.

Coefficient of Variation. The coefficient of variation (CV) measures the dispersion of sample data. Spatially, the deviation of NPP from its mean value in different regions directly reflects data stability. A larger CV indicates greater fluctuation and poorer stability; conversely, a smaller CV indicates smaller fluctuation and better stability. The formula for calculating the coefficient of variation of NPP, referencing the literature [32], is:

$$CV = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (NPP_i - NPP)^2}}{NPP} \quad (2)$$

where CV is the coefficient of variation of NPP, NPP_i is the NPP value in year i , NPP is the mean NPP over the 20-year period, and n is the corresponding number of study years.

Trend Analysis. Univariate linear regression analysis was used to estimate the interannual dynamics of growing season NPP, where the *slope* of the regression equation represents the rate of interannual change of NPP. The formula for calculating the slope is [33]:

$$slope = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (i \times NPP_i) - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n NPP_i}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - \sum_{i=1}^n i} \quad (3)$$

where i represents the integer value of the time series ($1 \leq i \leq n$), and the total number of study years n is 20, corresponding to the average growing season NPP for year i . A negative slope

indicates a decreasing trend in growing season NPP, while a positive slope indicates an increasing trend. Furthermore, the absolute value of the slope directly reflects the rate of NPP change; a larger absolute value indicates a more significant change.

Multiple Regression Residual Analysis. Multiple regression residual analysis decomposes measured NPP into a climate-influenced component (NPP_{CC}) and a human activity-influenced component (NPP_{HA}) by constructing a statistical model between climatic factors and NPP. This method first calculates a theoretical NPP value (NPP_{CC}) based on the relationship between climate and NPP, and then uses the residual (NPP_{HA}) between the actual value and the theoretical value to represent the intensity of human activity impacts. The specific implementation involves three key steps. First, using growing season NPP data and temporally and spatially interpolated temperature and precipitation data, a bivariate linear regression model is constructed with NPP as the response variable and temperature and precipitation as explanatory variables, and the model parameters are solved. Second, based on the climatic factor data and the established regression equation, the theoretical NPP value (NPP_{CC}), which considers only climatic factors, is calculated to represent the effect of climatic factors on NPP. Finally, the effect of human activities on NPP is quantified by calculating the residual between the measured NPP and NPP_{CC} . The specific calculation formulas are [34]:

$$NPP_{CC} = a \times T + b \times P + c \quad (4)$$

$$NPP_{HA} = NPP_{obs} - NPP_{CC} \quad (5)$$

where NPP_{CC} and NPP_{obs} are the NPP predicted value based on the regression model and the NPP observed value based on remote sensing imagery (dimensionless), respectively; a, b, and c are model parameters; T and P are the average growing season temperature ($^{\circ}C$) and total precipitation (mm), respectively; and NPP_{HA} is the residual.

Multiple Linear Regression Model. Multiple linear regression is a statistical modeling method used to study the relationship between one dependent variable and two or more independent variables. The goal is to establish a linear equation to predict the value of the dependent variable using the values of the independent

variables and understand the independent effect of each independent variable on the dependent variable. Based on this method, this study explores the influence of detailed human activity factors on the stability of cultivated land productivity and quantifies the level of their correlation. The specific calculation formula is:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i \quad (6)$$

where y_i is the dependent variable for the i -th observation; $x_{i1}, x_{i2} + \dots + x_{ip}$ are the independent variables for the i -th observation; β_0 is the intercept term (constant term); $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ are the regression coefficients of the respective independent variables (reflecting the degree of influence on y_i); and ε_i is the random error term.

Results and Discussion

Analysis of the Relationship Between NPP and Cultivated Land Quality. The stability of cultivated land productivity is a core prerequisite for ensuring regional food security, directly reflecting the ability of cultivated land to resist external disturbances and maintain a stable production level. Its level is crucial for the sustainable utilization of cultivated land resources and food security assurance in Heilongjiang Province. NPP is a core indicator for measuring ecosystem productivity [35]. Based on time-series monitoring of NPP, the production potential and changing trends of cultivated land can be assessed. This study utilized the average growing season (May-September) NPP data for Heilongjiang Province from 2001 to 2020 to systematically characterize the spatiotemporal evolution of cultivated land productivity and reveal its interannual fluctuations (Figure 2).

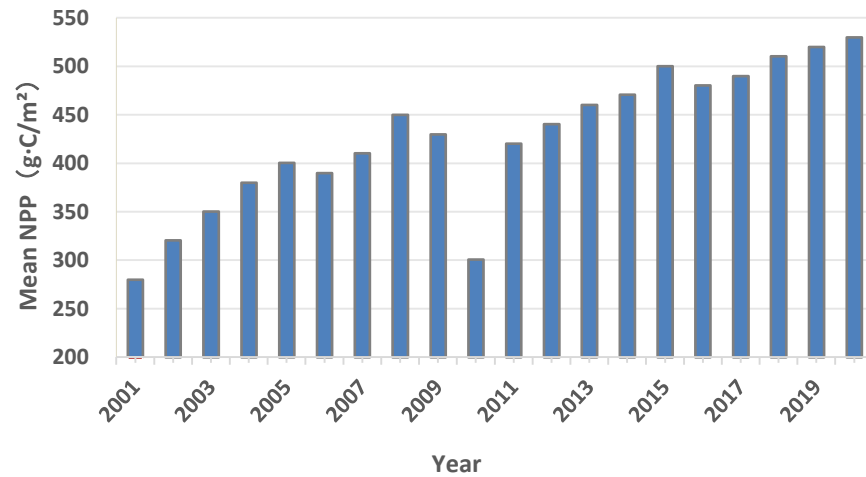


Figure 2. Changes in average NPP values during the growing season in Heilongjiang Province from 2001 to 2020

The average annual growing season NPP values in Heilongjiang Province typically range between 200 and 600 g·C/m². Considering the similarities in natural conditions among different regions and to enhance the reference value of the research results, this study, referencing the principles of the "Comprehensive Physical Regionalization of China" [36] and integrating factors such as topography, climate, hydrology, and vegetation, divided Heilongjiang Province into five regions: Songnen Plain, Sanjiang Plain, Zhangguangcai Range, Eastern Mountains, and Greater and Lesser Khingan Mountains. The prefecture-level cities included in each region are: Songnen Plain (Harbin, Qiqihar, Daqing, Suihua); Sanjiang Plain (Jiamusi, Shuangyashan, Hegang, Qitaihe); Zhangguangcai Range (Mudanjiang); Eastern Mountains (Jixi); Greater and Lesser Khingan Mountains (Heihe, Yichun, Daxing'anling Prefecture). The average growing season NPP values for each region in Heilongjiang Province, from highest to lowest, were: Songnen Plain > Sanjiang Plain > Zhangguangcai Range > Eastern Mountains > Greater and Lesser Khingan Mountains, as shown in Table 1.

Table 1. Comparison of NPP by Region in Heilongjiang Province in 2020

Region	Cultivated land NPP (g·C/m ²)
Songnen Plain	475
Sanjiang Plain	468
Zhang Guangcai Ridge	319
Eastern Mountains	213
Greater and Lesser Khingan Mountains	182

Since cultivated land productivity can be calculated based on relevant indices in cultivated land quality databases, analyzing the correlation between NPP and cultivated land quality indicators can serve as a basis for validating the feasibility of using NPP to represent productivity [37]. Black soil quality monitoring indicators vary by land use type. Based on the classification of land use types in Heilongjiang Province according to the province's Major Function Oriented Zone Planning, evaluation indicators were developed for cultivated land (including dryland and paddy field). The primary indicators are soil thickness, soil nutrients, soil pH, and soil erosion. Secondary indicators are classified as mandatory or optional (Tables 2, 3). The mandatory indicators for dryland and paddy fields are consistent. Therefore, the indicators selected for this study include: soil thickness (soil body thickness, black soil layer thickness), soil nutrients (organic matter, total nitrogen, total phosphorus, total potassium, available nitrogen, available phosphorus, available potassium), and soil pH [38].

Table 2. Indicators for evaluating the quality of dryland in Heilongjiang Province

Indicator	Notes	Indicator	Notes
Soil depth	Required	Available phosphorus	Required
Black soil layer thickness	Required	Available potassium	Required
Organic matter	Required	pH	Required
Total nitrogen	Required	Trace elements	Optional
Total phosphorus	Required	Cation exchange capacity	Optional
Total potassium	Required	Slope gradient	Optional
Available nitrogen	Required	Erosion area	Optional

Table 3. Indicators for evaluating the quality of paddy land in Heilongjiang Province

Indicators	Notes	Indicators	Notes
Soil depth	Required	Available nitrogen	Required
Black soil layer thickness	Required	Available phosphorus	Required
Organic matter	Required	Available potassium	Required
Total nitrogen	Required	pH	Required
Total phosphorus	Required	Trace elements	Optional
Total potassium	Required	Cation exchange capacity	Optional

The evaluation indicators and weightings for cultivated land quality in Heilongjiang Province follow the "Technical Specification for Black Soil Quality Evaluation". Based on unified monitoring of mandatory indicators in each region, appropriate additional indicators can be added according to actual needs. Accordingly, this study consolidates soil thickness, soil nutrients, pH, and erosion status (which characterize core black soil properties) into a primary indicator termed "natural background," while also considering degradation risks and protection technologies. Soil erosion leads to black soil degradation and productivity fluctuations, while salinization limits ecological adaptability. As a core measure for black soil protection, high-standard farmland construction enhances water and nutrient retention capacity and increases organic matter through straw return, thereby stabilizing productivity. These two categories of factors reflect, respectively, the constraints of the natural background and the human capacity to regulate degradation risks. Combined with regional black soil degradation characteristics and protection policies, they provide a basis for decision-making on cultivated land productivity stability. Therefore, this study adds two categories of indicators - degradation risk and technology application—in addition to the natural background. The overall evaluation indicators and weights for cultivated land quality in Heilongjiang Province in 2020 are shown in Table 4. The weighted scores for cultivated land quality in each region were calculated using the entropy weight method.

The weighted scores for each region were combined into a comprehensive score and ranked. This ranking was then compared with the ranking of cultivated land NPP to analyze the correlation between cultivated land quality and NPP, thereby assessing the feasibility of using NPP to represent cultivated land productivity. Table 5 shows that the ranking of comprehensive cultivated land quality scores across regions in Heilongjiang Province is generally consistent with the ranking of average cultivated land NPP values. Both rankings follow the order: Songnen Plain > Sanjiang Plain > Zhangguangcai Range > Eastern Mountains > Greater and Lesser Khingan Mountains, indicating a positive correlation. Cultivated land quality assessment not only provides a theoretical basis for improving productivity stability but also identifies limiting factors in each region. For example, the limiting factors in the high-productivity Songnen Plain and Sanjiang Plain are salinization and soil acidification, respectively. The medium-productivity Zhangguangcai Range is constrained by a thin topsoil layer combined with strong acidity. The low-productivity regions, such as the Eastern Mountains and the Greater and Lesser Khingan Mountains, face pressure from soil erosion and insufficient available phosphorus compounded by low effective accumulated temperature, respectively.

Table 4. Indicators and weights for evaluating the quality of cultivated land in Heilongjiang Province

Primary indicator	Secondary indicator	Weighting
	Soil depth	8%
	Black soil layer thickness	12%
	Organic matter	10%
	Total nitrogen	5%
	Total phosphorus	4%
	Total potassium	3%
	Available nitrogen	5%
	Available phosphorus	4%
	Available potassium	4%
	pH	5%
	Risk of regression	Proportion of land affected by soil erosion

	Proportion of land affected by salinisation	10%
Technological Applications	Coverage rate of high-standard farmland	8%
	Straw return rate	7%

Combining the analysis of the relationship between cultivated land quality and NPP, this study confirms that NPP can serve as an effective indicator of cultivated land productivity in Heilongjiang Province; cultivated land productivity is obtained through NPP calculation. Concurrently, the coefficient of variation (CV) was used to quantify the stability of cultivated land productivity. Based on the time-series NPP data for the growing season in Heilongjiang Province from 2001 to 2020, combined with natural breaks analysis and regional division, the spatiotemporal characteristics of cultivated land productivity stability were systematically analyzed.

The study focused on the unchanged cultivated land in Heilongjiang Province (approximately 165,200 km²). From 2001 to 2020, the stability values (CV) for cultivated land productivity in this area ranged from 0.00 to 3.00, primarily concentrated between 0.07 and 0.11. Referring to relevant research standards, the natural breaks method was used to classify stability into three levels: $CV \leq 0.07$ (high stability), $0.07 < CV \leq 0.11$ (medium stability), and $CV > 0.11$ (low stability).

Table 5. Comprehensive score of cultivated land quality and NPP values by region in Heilongjiang Province

Sort	Region	Comprehensive score for arable land quality	Cultivated land NPP (g·C/m ²)	The primary limiting factor
1	Songnen Plain	0.844	475	Salinisation (pH7.8)
2	Sanjiang Plain	0.843	468	Soil oxidation (pH5.9)
3	Zhang Guangcai Ridge	0.670	319	Shallow ploughing depth (18 cm) + highly acidic (pH5.5)
4	Eastern Mountains	0.564	213	Soil erosion (63%)

5	Greater and Lesser Khingan Mountains	0.538	182	Low accumulated temperature + deficiency in available phosphorus
---	--------------------------------------	-------	-----	--

The stability of cultivated land productivity in Heilongjiang Province exhibited a distinct pattern of being higher in the east and lower in the west, with significant regional differences. High-stability areas were mainly concentrated in the Sanjiang Plain, Eastern Mountains, and Zhangguangcai Range. Mudanjiang City had the highest proportion of high-stability cultivated land in the province, at 67.81%. Medium-stability areas were widely distributed across nine prefecture-level cities; the Daxing'anling Prefecture and Hegang City had medium-stability cultivated land proportions of 83.48% and 73.51%, respectively. Low-stability areas were mainly concentrated in the western and southwestern parts of the Songnen Plain. Qiqihar City had a particularly high proportion of low-stability cultivated land, reaching 92.96%, indicating the most severe productivity fluctuations. Looking at the regional standard deviation, the Songnen Plain and Sanjiang Plain showed larger stability fluctuations, while the Zhangguangcai Range and Greater and Lesser Khingan Mountains showed smaller fluctuations, further confirming the spatial distribution differences (Table 6).

Table 6. Changes in the area of different cultivated land productivity stability levels by region in Heilongjiang Province from 2001 to 2020

Regional division		Stability					
		High stability		Medium stability		Low stability	
		Area/km ²	Rate/%	Area/km ²	Rate/%	Area/km ²	Rate/%
Songnen Plain	Harbin	3423.29	15.23	11586.37	51.55	7464.53	33.21
	Qiqihar	4.65	0.02	2082.74	7.03	27559.83	92.96
	Daqing	0.81	0.01	1260.55	12.73	8637.81	87.26
	Suihua	106.66	0.51	4626.67	22.13	16172.64	77.36
Sanjiang Plain	Jiamusi	7365.14	36.25	10506.22	51.70	2448.78	12.05
	Shuangyashan	4470.92	39.56	5989.04	53.00	840.97	7.44
	Hegang	1023.39	16.87	4458.19	73.51	583.01	9.61
	Qitaihe	746.63	27.34	1811.64	66.35	172.32	6.31
Zhang Guangcai	Mudanjiang	6322.15	67.81	2898.46	31.09	102.62	1.10
	Jixi	4582.23	40.90	6111.05	54.54	511.09	4.56

Ridge Eastern Mountains							
Greater and Lesser Khingan Mountains	Heihe	860.57	4.63	12011.00	64.57	5731.27	30.81
	Yichun	294.33	13.43	1459.33	66.61	437.15	19.95
	Greater Khingan Mountains	46.46	8.74	444.02	83.48	41.41	7.79

Identification of Influencing Factors. This study used the linear growth rates of NPP_{cc} and NPP_{HA} to quantify changes in cultivated land productivity stability under the dual effects of growing season climate fluctuations and human activities, respectively. Positive values indicate that climate or human activities positively promote the stability of cultivated land productivity, thereby positively affecting vegetation recovery. Conversely, negative values indicate that these factors may lead to a decrease in the stability of cultivated land productivity, hindering vegetation restoration. "CC & HA" represents the combined effect of climate fluctuations and human activities; "CC" and "HA" represent the effect of climate fluctuations or human activities on the stability of cultivated land productivity, respectively. The contribution rate of each influencing factor type is calculated by the ratio of the remote sensing observation trend rate, the bivariate regression prediction trend rate, and the residual trend rate. If influenced only by climate fluctuations, the climate fluctuation contribution rate is 100%; conversely, if influenced only by human activities, the human activity contribution rate is 100% (Table 7).

Table 7. Criteria for determining influencing factors of NPP and calculation of contribution rates*

Slope (NPP_{obs}) ^a	Driving factors	Classification criteria of driving factors		Contribution rate of driving factors (%)	
		Slope (NPP_{CC}) ^b	Slope (NPP_{HA}) ^c	Climate fluctuation	Human activities
>0	CC&HA	>0	>0	$\frac{slope(NPP_{CC})}{slope(NPP_{obs})}$	$\frac{slope(NPP_{HA})}{slope(NPP_{obs})}$

	CC	>0	<0	100	0
	HA	<0	>0	0	100
<0	CC&HA	<0	<0	$\frac{\text{slope}(\text{NPP}_{\text{CC}})}{\text{slope}(\text{NPP}_{\text{obs}})}$	$\frac{\text{slope}(\text{NPP}_{\text{HA}})}{\text{slope}(\text{NPP}_{\text{obs}})}$
	CC	<0	>0	100	0
	HA	>0	<0	0	100

* a, b, and c refer to the trend rate of NPP_{obs} based on remote sensing data, the trend rate of NPP_{CC} based on bivariate regression analysis, and the trend rate of growing season NPP residuals, respectively; b and c represent NPP change trends under the influence of climate fluctuations and human activities, respectively.

The stability of cultivated land productivity in Heilongjiang Province is affected by both climate fluctuations and human activities. In some regions, either climate fluctuations or human activities dominate, and significant spatial heterogeneity exists in the intensity of the effects of different factors. Under the combined effect of climate fluctuations and human activities, productivity stability is promoted on approximately 20.82% of cultivated land and weakened on approximately 38.50%. Both promotion and weakening effects are distributed across the Sanjiang Plain, Songnen Plain, Eastern Mountains, Zhangguangcai Range, and Greater and Lesser Khingan Mountains. Under the influence of climate fluctuations alone, productivity stability is promoted on approximately 4.12% of cultivated land, concentrated in the central part of the Greater and Lesser Khingan Mountains, the southern part of the Zhangguangcai Range, and the southeastern part of the Eastern Mountains; it is weakened on approximately 5.36% of cultivated land, distributed in parts of the Songnen Plain, Greater and Lesser Khingan Mountains, and Zhangguangcai Range. Under the influence of human activities alone, productivity stability is promoted on approximately 15.69% of cultivated land, mainly distributed in the Songnen Plain but relatively scattered; it is weakened on approximately 15.51% of cultivated land, mainly distributed in the western and southern parts of the Sanjiang Plain and the eastern part of the Songnen Plain. Comprehensive analysis indicates that the combined influence of climate fluctuations and human activities is more widely dispersed and covers a

larger area, while the dominance of human activities or climate fluctuations is more concentrated and covers a smaller area (Figure 3). The influencing factor types, ranked by contribution, are: human activities and climate fluctuations combined > human activities alone > climate fluctuations alone.

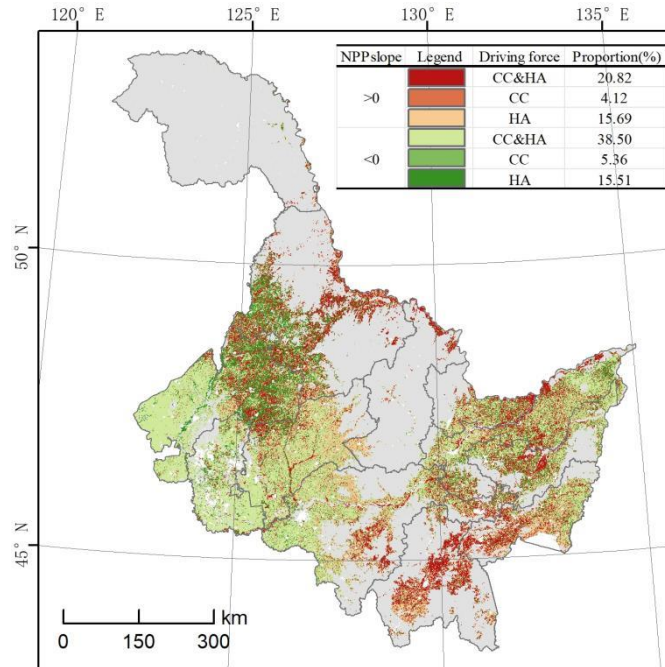


Figure 3. Types and distribution of influencing factors of changes in the stability of cultivated land productivity in Heilongjiang Province

Analysis of Climatic Influencing Factors. Natural background indicators are inherent attributes formed in each region during long-term geological evolution and ecological processes, representing the "innate foundation" of regional cultivated land quality. Their characteristics are primarily determined by stable factors such as historical soil-forming conditions and topography, reflecting the inherent soil baseline status of different regions rather than dynamic impacts of short-term climate change. As core elements of climate change, temperature and precipitation are key external drivers of dynamic changes in cultivated land quality and productivity. Their fluctuations are not only critical for the stability of cultivated land productivity but are also closely related to extreme weather events [39]. The IPCC report indicates that in temperate agricultural regions, over 90% of climate impacts can be attributed to changes in the hydrothermal combination [40].

Concurrently, changes in temperature and precipitation can alter the natural background conditions of cultivated land to some extent [41]. Temperature affects soil development, black soil formation, nutrient content, and pH changes through weathering, microbial activity, and vegetation effects; high temperatures accelerate weathering but also promote organic matter decomposition and salt accumulation. Precipitation regulates soil body maintenance and nutrient distribution through leaching or eluviation; moderate amounts increase organic matter, while excess leads to loss, acidification, or alkalization. Acting synergistically, temperature and precipitation shape soil properties through physical, chemical, and biological processes, and their specific effects on different soil indicators exhibit regional differentiation due to climatic differences. Therefore, in the cultivated land quality assessment section, this study evaluates based on natural background indicators, while in the analysis of factors influencing the stability of cultivated land productivity, temperature and precipitation are selected as key indicators of climate fluctuation.

Methodologically, this study analyzed the stability of cultivated land productivity by constructing the coefficient of variation (CV). Since the stability value reflects the overall situation over 20 years and cannot be directly linked to climate data from a single year, the study used the deviation (sum of squares of deviations) of interannual productivity from the multi-year trend as a measure of stability. This indicator is positively correlated with CV. This indicator was analyzed for correlation with temperature and precipitation, respectively. In correlation tests, a P-value (Sig. value or significance value) less than 0.01 indicates at least 99.00% confidence in the occurrence, while a P-value less than 0.05 (and greater than 0.01) indicates at least 95.00% confidence. A P-value < 0.01 or < 0.05 indicates statistical significance. Based on significance and correlation analysis conducted for Heilongjiang Province, significance values ranged from 0 to 0.99, with areas where "P-value < 0.01 " and "P-value > 0.05 " together accounted for up to 90.00% of the total area of Heilongjiang Province. Consequently, a significant correlation exists between the stability values of cultivated land

productivity and both temperature and precipitation. This study classifies the correlations into two types: positive and negative.

The correlation between cultivated land productivity stability values and temperature ranged from -0.79 to +0.79, and with precipitation from -0.81 to +0.85. Influenced by differences in natural background and human activities, the effects of temperature and precipitation on productivity stability exhibit regional differentiation. The results indicate that not all regions show the pattern "higher temperature or more precipitation leads to more stable cultivated land productivity." Temperature and precipitation need to be within a suitable range for regional cultivated land cultivation (the suitable temperature range for most cultivated land is approximately 10-25°C); exceeding this range produces adverse effects, a characteristic consistent with the principle of diminishing returns. Using the correlation analysis method, this study explored the positive and negative effects of temperature and precipitation on cultivated land productivity stability in different regions. The results show that in most of the Songnen Plain, cultivated land productivity stability is positively correlated with temperature and negatively correlated with precipitation, indicating that this region has a higher demand for temperature for productivity stability and requires moderate precipitation; excessive precipitation leads to decreased stability. In contrast, within suitable temperature ranges, the Sanjiang Plain, Zhangguangcai Range, and Eastern Mountains show greater stability with higher temperature and precipitation, exhibiting a significant positive correlation with both factors (Figure 4).

Analysis of Human Activity Influencing Factors. Based on data from the National Bureau of Statistics and focusing on the characteristics of grain production in Heilongjiang Province, this study selected 13 indicators from three categories: "agricultural production technology, land management, urbanization and agricultural ecology" to systematically assess the impact of human activities on the stability of cultivated land productivity. Furthermore, based on a multiple linear regression model, the influence of each indicator (independent variable) on the stability of cultivated land productivity (dependent variable, expressed as the

CV value of average growing season cultivated land NPP) was analyzed. Specifically, indicators in the agricultural production technology category (effective irrigated area, total agricultural machinery power, agricultural fertilizer use, pesticide use) reflect the impact of water availability, mechanization, and agricultural input use on cultivated land cultivation. Indicators in the land management category (coverage of high-standard farmland, straw return rate, cultivated land transfer rate, operating scale) represent the effects of land quality improvement, circular agriculture, and management models on the cultivated land system. Indicators in the urbanization and agricultural ecology category (urban expansion rate, disaster-affected area, total sown area of crops, agricultural plastic film use, grain yield per unit area) measure the impacts of urban sprawl, natural risks, production layout, non-point source pollution, and production efficiency on the stability of cultivated land productivity.

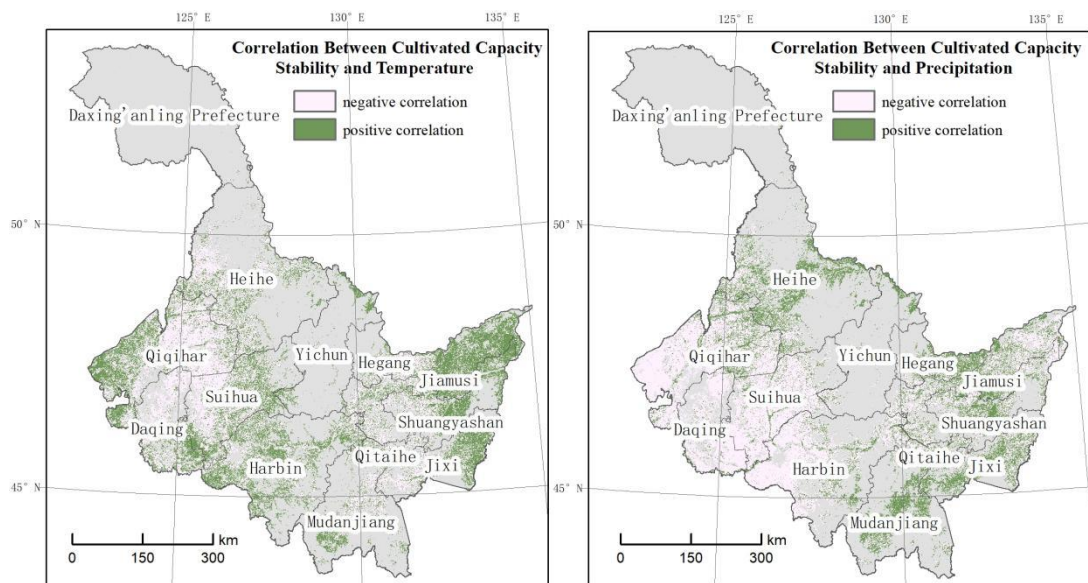


Figure 4. Correlation between the stability of cultivated land productivity and temperature and precipitation in Heilongjiang Province from 2001 to 2020

These elements collectively affect the stability of cultivated land productivity through linear relationships and their quantitative effects. A higher CV value indicates greater fluctuation in cultivated land productivity over the time period and thus lower stability. It follows that when an element shows a positive effect on

the stability of cultivated land productivity, the actual meaning is that increasing input of that element leads to a higher CV value, i.e., wider fluctuations and decreased stability. Conversely, if an element shows a negative effect on stability, increasing its input leads to a lower CV value, indicating more stable cultivated land productivity. The correlation heatmap (Figure 5) and analysis results table (Table 8) for factors influencing the stability of cultivated land productivity in Heilongjiang Province show clear differences in the effects of different types of elements.

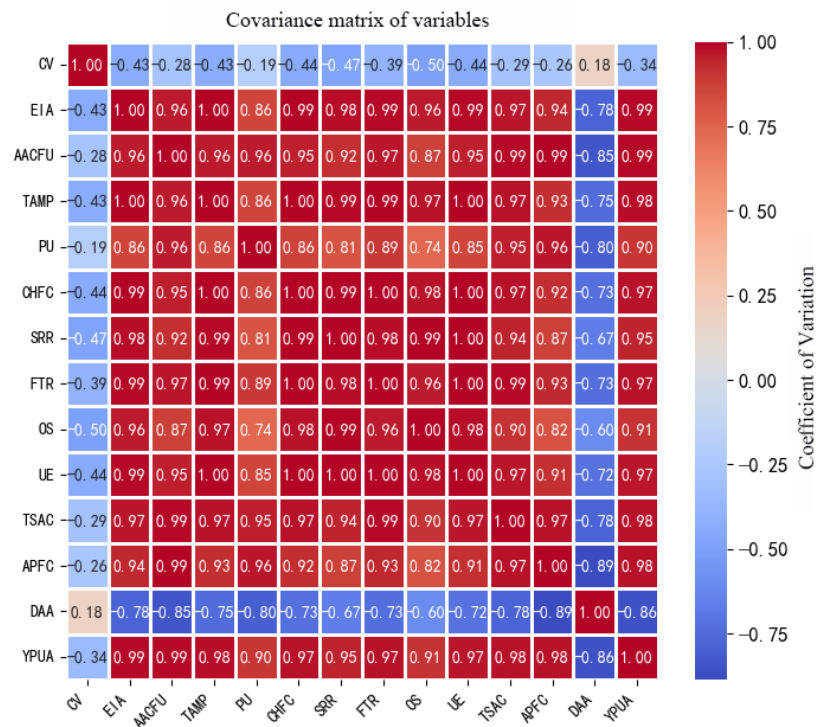


Figure 5. Heatmap of correlations of factors influencing the stability of cultivated land productivity in Heilongjiang Province from 2001 to 2020

1. Agricultural Production Technology Category: Effective irrigated area (EIA) showed a positive correlation with CV, but the regression coefficient was only 0.0045%, indicating that new irrigation in arid areas, constrained by interannual water source variability, leads to a slight amplification of fluctuations. Total agricultural machinery power (TAMP) decreased CV by 0.0083% for every increase of 1 million kilowatts. The mechanism is that mechanization improves the consistency of sowing and harvesting, reducing yield fluctuations caused by delays

in critical agricultural periods. The negative effects of agricultural chemical fertilizer use (AACFU) and pesticide use (PU) stem from moderate inputs reducing the impact of pests, diseases, and nutrient deficiencies.

Table 8. Results of the analysis of factors influencing the stability of cultivated land productivity in Heilongjiang Province

Variable types	Variable	Impact Direction	Regression coefficient	Economic implications
Agricultural production techniques	Effective irrigated area (EIA)	+	0.0045	CV ↑ 0.0045% per +100 kha
Agricultural production techniques	Total Agricultural Machinery Power (TAMP)	-	0.0083	CV ↓ 0.0083% per +100 MW
Agricultural production techniques	Agricultural chemical fertiliser usage (AACFU)	-	0.5117	CV ↓ 0.5117% per +10 kt
Agricultural production techniques	Pesticide usage (PU)	-	4.3806	CV ↓ 4.3806% per +10 kt
Land Management	Coverage rate of high-standard farmland (CHFC)	-	11.2308	CV ↓ 11.2308% per +1%
Land Management	Straw return rate (SRR)	+	18.8474	CV ↑ 18.8474% per +1%
Land Management	Farmland Transfer Rate (FTR)	+	7.2415	CV ↑ 7.2415% per +1%
Land Management	Operating Scale (OS)	-	18.3557	CV ↓ 18.3557% per +10 mu/household
Urbanisation and Agricultural Ecology	Urbanisation rate (UE)	-	1074.7300	CV ↓ 1074.7394% per +1%
Urbanisation and Agricultural Ecology	Area Affected by Disaster (DAA)	+	0.0004	CV ↑ 0.0004% per +100 kha
Urbanisation and Agricultural Ecology	Total Sown Area of Crops (TSAC)	+	0.0038	CV ↑ 0.0038% per +100 kha
Urbanisation and Agricultural Ecology	Agricultural Plastic Film Consumption (APFC)	+	1.5288	CV ↑ 1.5288% per +1 kt
Urbanisation and Agricultural Ecology	Yield per unit area (YPUA)	+	4.4266	CV ↑ 4.4266% per +100 kg/ha

2. Land Management Category: For every 1% increase in the coverage of high-standard farmland (CHFC), CV decreased by approximately 11.23%. This is because field consolidation and improved irrigation and drainage systems reduce the risks of flooding and drought. With an increase in operating scale (OS), farmers are more likely to adopt large-scale production technologies, thereby reducing yield differences between plots. Conversely, straw return rate (SRR) and cultivated land transfer rate (FTR) showed positive correlations with CV. Insufficient decomposition of straw during the initial stages of return can compete with crops for nitrogen, causing short-term yield reductions and fluctuations. When the transfer rate increases, short-term lessees, seeking immediate returns, may reduce investment in soil fertility maintenance, leading to unstable yields.

3. Urbanization and Agricultural Ecology Category: For every 1% increase in the urban expansion rate (UE), CV decreased drastically by approximately 1074.74%. The mechanism is that construction land encroaches on contiguous farmland, forcing the remaining cultivated land into a fragmented distribution. Edge plots are more susceptible to disturbance from human activities, significantly amplifying yield fluctuations. The negative correlation between disaster-affected area (DAA) and CV reflects that the cultivated land eliminated after a disaster often already has weak disaster resistance; thus, the average stability of the remaining cultivated land is paradoxically "improved." Total sown area of crops (TSAC) and agricultural plastic film use (APFC) showed positive correlations with CV, indicating that excessively expanding the planting area or overusing plastic film can lead to soil degradation and micro-environmental imbalance, increasing interannual yield fluctuations.

In summary, it is important to clarify that elements causing a decrease in the stability of cultivated land productivity are not necessarily detrimental to the increase of cultivated land productivity. Some of these elements may positively contribute to productivity enhancement. The "instability" they cause means that within a certain growth cycle, increasing the input of such an element causes the change amplitude of cultivated land productivity to exceed the average fluctuation

range, which could be either an increase or a decrease in productivity. In short, the core effect of such elements is to alter the "degree of fluctuation" in productivity. When the fluctuation amplitude exceeds the average, it manifests as a decrease in the stability value, which is a separate evaluation criterion from whether the element is beneficial to productivity increase. Therefore, enhancing the stability of cultivated land productivity requires focusing on the following measures. In agricultural production technology, efforts should focus on improving the level of mechanization and optimizing the structure of agricultural inputs. In land management, the key is the rational planning of high-standard farmland construction and operating scale, while scientifically promoting measures like straw return. In urbanization and agricultural ecology, urban expansion should be strictly controlled, disaster resistance capacity enhanced, and planting structures and input models optimized to reduce cultivated land productivity fluctuations.

Conclusions

1. Using NPP to characterize cultivated land productivity is feasible. This study focused on approximately 165,200 km² of cultivated land in Heilongjiang Province that did not undergo land use type change from 2001 to 2020 as the scope for productivity stability research, analyzing the relationship between NPP and cultivated land quality. The results confirmed the scientific validity and feasibility of using NPP to characterize cultivated land productivity at the macro scale. Furthermore, the coefficient of variation of cultivated land NPP was calculated to characterize the stability of cultivated land productivity, providing a reliable data basis for subsequent stability assessment.
2. The impacts of climate fluctuations and human activities on the stability of cultivated land productivity exhibit significant spatial heterogeneity and phase characteristics. Based on analytical methods such as multiple regression residuals, the influencing factors on cultivated land productivity stability were classified into three types: climate fluctuations alone, human activities alone, and the combined effect of climate fluctuations and human activities. Among these, the combined effect of human activities and climate fluctuations has a significant influence,

followed by the individual influence of human activities or climate fluctuations alone. Regarding the dominant factors, climate fluctuations dominate in the high-latitude cold regions, while human activities dominate in regions such as the south-central Songnen Plain and the Eastern Mountains.

3. Concerning climatic factors, the stability of cultivated land productivity in the Songnen Plain is positively correlated with temperature and negatively correlated with precipitation. In the Sanjiang Plain and Eastern Mountains, it is positively correlated with both temperature and precipitation. Concerning human activity factors, elements related to agricultural production technology, land management, urbanization, and agricultural ecology significantly affect the stability of cultivated land productivity. Effective irrigated area, straw return rate, cultivated land transfer rate, disaster-affected area, total sown area of crops, agricultural plastic film use, and grain yield per unit area tend to increase CV and decrease stability. Conversely, total agricultural machinery power, agricultural chemical fertilizer use, pesticide use, coverage of high-standard farmland, operating scale, and urban expansion rate tend to decrease CV and increase stability.

References

1. Burov M.P., Nilipovskiy V.I., Margalitadze O.N., Gorbunov V.S. (2022). On the issue of sustainable development of the Russian agro-industrial complex. In: Towards an Increased Security: Green Innovations, Intellectual Property Protection and Information Security. Conference proceedings. Lecture Notes in Networks and Systems. Switzerland, 213-224. DOI: 10.1007/978-3-030-93155-1_24.
2. Gavriilyuk M.N., Ruleva N.P., Nilipovskij V.I. (2023). Agrarnaya politika Rossii v sfere obespecheniya prodovol'stvennoj bezopasnosti [Russia's Agrarian Policy in the Field of Food Security]. V sbornike: Sejfullinskie chteniya - 19. Materialy` mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii Sejfullinskie chteniya-19, posvyashhennoj 110-letiyu M. A. Gendel`mana [In: Seifullin Readings - 19. Materials of the International Scientific and Practical Conference "Seifullin Readings-19", dedicated to the 110th Anniversary of M. A. Gendelman]. Almaty, 331-334. EDN: DINFJS.

3. Lu Y., Nilipovskiy V.I. (2023). Efficiency of land use in China in the context of the development of a low-carbon economy. *International Agricultural Journal*, 66 (6). EDN: AHTNSW.
4. Zhang Guanghui, Chen Meng. (2025). Advantages, Dilemmas, and Countermeasures of Grain Production in Northeast China from the Perspective of Food Security. *Journal of Chongqing Technology and Business University (Social Sciences Edition)*, 42(03): 1-10. (in Chinese with English abstract).
5. Meng Lijun, Huang Can, Chen Xin, Jiang Li, Zhang Guoliang, Hao Jinmin, An Pingli. (2019). Evaluation of cultivated land system resilience of Quzhou County. *Resources Science*, 41(10): 1949-1958. DOI: 10.18402/resci.2019.10.16. (in Chinese with English abstract).
6. Yao Yuan, Ding Jianli, Zhang Fang, Jiang Hongnan, Lei Lei. (2014). Monitoring the Spatial Variability of Soil Salinity and Composite in Dry and Wet Seasons in North Tarim Basin monitored with Electromagnetic Induction Instruments. *Journal of desert research*, 34(3): 765-772. DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2013.00377. (in Chinese with English abstract).
7. Chen YanHua, Wang Le, Zhang ShuXiang, Guo Ning, Ma ChangBao, Li ChunHua, Xu MingGang, Zou GuoYuan. (2019). Quality Change of Cinnamon Soil Cultivated Land and Its Effect on Soil Productivity. *Scientia Agricultura Sinica*, 52(24):4540-4554. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2019.24.009. (in Chinese with English abstract).
8. Zhang Yongqiang, Pu Chenxi, Wang Yao, Wang Rong, Peng Youxing. (2018). The efficiency estimation of fertilizer input and attribution - panel evidence from 20 corn producing provinces. *Resources Science*, 40(7): 1333-1343. DOI: 10.18402/resci.2018.07.02. (in Chinese with English abstract).
9. Yin Guanyi, Liu Shuang, Li Guanghao, Zhang Xuepeng, Yang Yingjie, Bai Yurou, Liu Yefei, Lou Yi, Xie Shuai. (2023). Spatiotemporal differentiation and influencing factors of China's city-level response of grain productivity to cultivated land use pressure in 2008-2018. *Journal of Xi'an University of*

Technology, 39(1):32-46. DOI: 10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2023.01.004. (in Chinese with English abstract).

10. Schellberg J., Hill M.J., Gerhards R., Rothmund M., Braun M. (2008). Precision agriculture on grassland: Applications, perspectives and constraints. *European Journal of Agronomy*, 29 (2-3): 59-71. DOI: 10.1016/j.eja.2008.05.005.

11. C.T. de Wit et al. (1978). Simulation or assimilation, respiration and transpiration of crops. *Simulation Monographs*. Wageningen. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 148 p. ISBN 90-220-0601-8.

12. Boogaard H.L., De Wit A.J.W., te Roller J.A., Van Diepen C.A. (2014). WOFOST CONTROL CENTRE 2.1; User's guide for the WOFOST CONTROL CENTRE 2.1 and the crop growth simulation model WOFOST 7.1.7. Wageningen (Netherlands), Alterra, Wageningen University & Research Centre. 133 pp.

13. Jones J., Porter, C., Boote, K.J., Batchelor, W., Hunt, L., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., Ritchie, J. (2003). DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*, 18: 235-265. DOI: 10.1016/S1161-0301(02)00107-7.

14. Wang Guoqiang. (2010). How to achieve precision in cultivated land management - discussing the application of agricultural land classification results in productivity accounting. *Resource Guide*, 04: 14-15. ISSN: 1674-053X. CN: 41-1389/D. (in Chinese).

15. Guo Zhixing, Wang Zongming, Liu Dianwei, Song Kaishan, Song Changchun. (2009). Analysis of temporal and spatial features of farmland productivity in the Sanjiang plain. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 25(1): 249-254. (in Chinese with English abstract).

16. Yan Junxia, Huang Hao, Gao Yanhua, Wang Tiantian, Zhang Ying. (2021). Estimation and Spatial-Temporal Dynamics of Long-term Sequenced Vegetation Net Primary Productivity in Jilin Province. *Journal of Soil and Water Conservation*, 35 (5): 172-180. DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2021.05.024.

17. Liu Xue, Li Xin, Zhang Junda, Ren Yi, Zhang Wenju. (2025). Quantitative assessment of the relationship between cultivated land quality grades and grain production capacity in the Huang-Huai-Hai region of north China. *Journal of Plant*

Nutrition and Fertilizers, 31(6): 1251-1260. DOI: 10.11674/zwylf.2024599. (in Chinese with English abstract).

18. Pei Yanyan, Huang Jinliang, Lihui Wang, Chi Hong, Zhao Yajie. (2018). An improved phenology-based CASA model for estimating net primary production of forest in central China based on Landsat images. *International Journal of Remote Sensing*. 39. 1-29. DOI: 10.1080/01431161.2018.1478464.

19. Chen Yanlin, Han Bo, Jin Xiaobin, Zhang Yan. Analysis of the cropland productivity change and the impact of land consolidation in the Yangtze River Economic Zone. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 39(2): 182-193. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.202210144. (in Chinese with English abstract).

20. Hoobler, B. M., Vance, G. F., Hamerlinck, J. D., Munn, L. C., Hayward, J. A. (2003). Applications of land evaluation and site assessment (LESA) and a geographic information system (GIS) in East Park County, Wyoming. *Journal of Soil and Water Conservation*, 58(2):105-112. DOI: 10.1080/00224561.2003.12457505.

21. Welch Jarrod, Vincent Jeffrey, Auffhammer Maximilian, Moya Piedad, Dobermann Achim, Dawe David. (2010). Rice yields in tropical/subtropical Asia exhibit large but opposing sensitivities to minimum and maximum temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(33):14562-7. DOI: 10.1073/pnas.1001222107.

22. Pooya M.R., Hasankhani A., Fathololomi S., Karimi Firozjaei M. (2025). A Spatial Multi-Criteria Decision Making Approach to Evaluating Homogeneous Areas for Rainfed Wheat Yield Assessment. *Water*, 17, 1045. DOI: 10.3390/w17071045.

23. Wade J., Culman S.W., Logan J.A.R., Poffenbarger H., Demyan M.S., Grove J.H., Mallarino A.P., McGrath J.M., Ruark M., West J.R. (2020). Improved soil biological health increases corn grain yield in N fertilized systems across the Corn Belt. *Scientific Reports*, 10(1):3917. DOI: 10.1038/s41598-020-60987-3.

24. Qiao, L., Wang, X., Smith, P., Fan, J., Lu, Y., Emmett, B., Li, R., Dorling, S., Chen, H., Liu, S., Benton, T. G., Wang, Y., Ma, Y., Jiang, R., Zhang, F., Piao, S., Müller, C., Yang, H., Hao, Y., Li, W., Fan, M. (2022). Soil quality both increases crop production and improves resilience to climate change. *Nature Climate Change*, 12 (6): 574-580. DOI: 10.1038/s41558-022-01376-8.
25. Minh L.Le., Van T.N., Nilipovskiy V. (2020). Geoinformation technologies in land management: application and development trends. 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Sofia. Pp. 499-506. EDN: FHEHSO. DOI: 10.5593/sgem2020/2.1/s08.064
26. Nilipovskiy V.I., Zhildikbaeva A.N., Sabirova A.I., Elemesov S.K., Zhyrgalova A.K. (2023). Determining marginal size of land plots for agricultural production in the Republic of Kazakhstan. *International Agricultural Journal*, 66(3). EDN: QZCYIM
27. Volkov S.N., Shapovalov D.A., Nilipovskij V.I. (2020). *Mezhdunarodnaya integraciya v oblasti zemleustrojstva - novy`e podxody` i perspektivy`* [International integration in the field of land management: new approaches and prospects] // *Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel`* [Land Management, Cadastre, and Land Monitoring]. 10 (189): 5-13. DOI: 10.33920/sel-4-2010-01. (in Russian).
28. Du Guoming, Guo Kai, Yu Fengrong. (2021). Suggestions on the transition and regulation of farmland utilization function in Heilongjiang Province. *Research of Agricultural Modernization*, 42(4): 589-599. DOI: 10.13872/j.1000-0275.2021.0080. (in Chinese with English abstract).
29. Zhao Rongrong, Gao Jia, Yang Yu et al. (2025). *Transformatsiya i evolyutsionnaya logika politiki zashchity chernozemov s tochki zreniya raspredeleniya vnimaniya pravitel'stva* [Government Attention Allocation Perspective on the Transformation and Evolution Logic of Black Soil Protection Policy] // *Kitayskiy zhurnal nauk o zemle* [China Land Science]. 39 (5): 59–68. (in Chinese).

30. Yang Jie, Huang Xin. (2021). The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019. *Earth System Science Data*, 13(8):3907-3925. DOI: 10.5194/essd-13-3907-2021. (in Chinese).
31. Yun Yaru, Fang Xiuqi, Wang Yuan, Tao Junde, Qiao Dianfeng. (2005). Main Grain Crops Structural Change and Its Climate Background in Heilongjiang Province during the Past Two Decades. *Journal of Natural Resources*, 20(5): 697-705 DOI: 10.11849/zrzyxb.2005.05.009. (in Chinese with English abstract).
32. Chen Xing, Wang Junbang, He Qifan, Wang Chunyu, Ye Hui. (2023). Stability of vegetation net primary productivity and climate impacts in China under future climate scenarios. *Acta Geographica Sinica*, 78(3): 694-713. DOI: 10.11821/dlxb202303012. (in Chinese with English abstract).
33. Luo Pingping, Xu Chengyi, Kang Shuxin, Huo Aidi, Lyu Jiqiang, Zhou Meimei, Nover Daniel. (2021). Heavy metals in water and surface sediments of the Fenghe River Basin, China: assessment and source analysis. *Water Science and Technology*, 84(10-11): 3072-3090. DOI: 10.2166/wst.2021.335.
34. Wang Fang, Ge Quansheng, Wang Shaowu, Li Qingxiang, Jones, P. Philip. (2015). A New Estimation of Urbanization's Contribution to the Warming Trend in China. *Journal of Climate*, 28(22):150804114817003. DOI:10.1175/JCLI-D-14-00427.1. (in Chinese with English abstract).
35. He Hongchang, Ma Bingxin, Jing Juanli, Xu Yong, Dou Shiqing, Liu Bing. (2022). Spatiotemporal Changes of NPP and Natural Factors in the Southwestern Karst Areas from 2000 to 2019. *Research of Soil and Water Conservation*, 29(03):172-178+188. DOI: 1005-3409(2022)03-0172-07. (in Chinese with English abstract).
36. Huang Bing-wei. (1958). Preliminary Scheme of China's Comprehensive Natural Zoning. *Acta Geographica Sinica*, 24(4): 348-365. DOI: 10.11821/xb195804002. (in Chinese with Russian abstract).
37. Zhang Ying, Feng Xueke, Ren Shaobao, You Xiaomin, Yu Chen. (2021). Evaluation index system of cultivated land quality and productivity: A case study of Binyang County, Guangxi. *Journal of Agricultural Resources and Environment*,

38 (6): 1039-1050. DOI: 10.13254/j.jare.2021.0540. (in Chinese with English abstract).

38. Jiang Ning, Wang Bin, Xie Yonggang. (2021). Construction of Black Soil Quality Evaluation Index System in Heilongjiang Province. Chinese Agricultural Science Bulletin, 37 (33): 98-104. DOI: 10.11924/j.issn.1000-6850.casb2021-0207. (in Chinese with English abstract).

39. Changqing Chen, Chunrong Qian, Aixing Deng, Weijian Zhang. (2012). Progressive and active adaptations of cropping system to climate change in Northeast China. European Journal of Agronomy, 38(1): 94-103. DOI: 10.1016/j.eja.2011.07.003.

40. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

41. Du Guoming, Ma Mengqi, Zhang Rui, Liu Zhengjia. (2024). Change of maize-soybean cropping patterns and its link with climate warming in Northeast China between 2000 and 2020. Resources Science, 46(11): 2251-2262. DOI: 10.18402/resci.2024.11.12. (in Chinese with English abstract).

© Нилиповский В.И., Ма Мэнци, Ду Гомин, Фэй Бонуа, Фань Сяюй, 2026.

International agricultural journal, 2026, № 3, 124- 158.

Научная статья

Original article

УДК 349.41

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_3_28

edn: YDSHFV

**ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ
ЗЕМЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ ГВИНЕЯ
HISTORY AND CONTEMPORARY PROBLEMS OF THE REGULATION
OF LAND RELATIONS IN THE REPUBLIC OF GUINEA**



Курума Усман Каба, аспирант кафедры землеустройства и кадастров, Санкт-Петербургский государственный университет (199034 Россия, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9, 10-я линия В.О., д. 31–35), тел. 7 (812) 363-62-21, kabautou@gmail.com

Максимов Сергей Николаевич, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры землеустройства и кадастров, Санкт-Петербургский государственный университет (199034 Россия, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9, 10-я линия В.О., д. 31–35), тел. 7 (812) 363-62-21, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2709-2462>, s.maksimov@spbu.ru

Kuruma Usman Kaba, postgraduate student at the department of land management and cadastre, St. Petersburg state university (7–9 Universitetskaya Naberezhnaya, 10-ya Liniya V.O., 31–35, St. Petersburg, 199034 Russia), tel. 7 (812) 363-62-21, kabautou@gmail.com

Sergey N. Maximov, doctor of economic sciences, professor, professor of the department of land management and cadastre, Saint Petersburg state university (7–9 Universitetskaya Naberezhnaya, 10-ya Liniya V.O., 31–35, St. Petersburg,

199034 Russia), tel. 7 (812) 363-62-21, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2709-2462>, s.maksimov@spbu.ru

Аннотация. В данной статье анализируется историческое развитие и современные проблемы земельного регулирования в республике Гвинея. Рассматриваются институциональные изменения в сфере земельных отношений с доколониального периода до недавних реформ. Исследование выявляет устойчивость нерегулируемого правового плюрализма, структурный разрыв между формальными нормами и фактической практикой, а также политико-экономические аспекты, связанные с контролем доступа к земле. Полученные результаты показывают, что относительная неэффективность Гвинейского земельного регулирования не может быть объяснена исключительно техническими и административными недостатками, но является результатом институциональных компромиссов и исторически сложившихся соотношений власти. В заключение обсуждается значение этих выводов для совершенствования управления земельными ресурсами.

Abstract. This article analyses the historical development and contemporary problems of land regulation in the Republic of Guinea. It examines institutional changes in the field of land relations from the pre-colonial period to recent reforms. The study reveals the persistence of unregulated legal pluralism, a structural gap between formal norms and actual practice, as well as political and economic aspects related to control over access to land. The results show that the relative ineffectiveness of Guinean land regulation cannot be explained solely by technical and administrative shortcomings, but is the result of institutional compromises and historically established power relations. In conclusion, the normative implications of these findings for land resource management are discussed.

Ключевые слова: история, земельное регулирование, земельные ресурсы, земельные отношения собственность, Республика Гвинея, земельный кодекс, правовой плюрализм

Keywords: history, land regulation, land resources, land relations, property, Republic of Guinea, land code, legal pluralism

Введение. Земельный вопрос занимает центральное место в анализе современных экономик, находясь на пересечении нескольких ключевых измерений: экономического производства, социальной организации, политической легитимности, мобилизации государственных ресурсов, продовольственной безопасности и др. [14;18;19]. В экономической науке, земля одновременно рассматривается как базовый фактор производства, основа прав и обязанностей, а также потенциальный инструмент экономического и налогового регулирования [12;17]. Эта центральная роль особенно заметна в странах с низким уровнем дохода, где земля остаётся основным источником средств к существованию, накопления имущества и неформальной социальной защиты [1;3]. В странах Африки к югу от Сахары, и в особенности в Республике Гвинея, земельное регулирование является приоритетной областью анализа для понимания динамики управления, ограничений государственной деятельности и противоречий между формальными правовыми нормами и фактическими социальными практиками. Несмотря на наличие относительно структурированной нормативной базы, включая Земельный домениальный кодекс (CFD) 1992 года и различные налоговые положения, включенные в Общий налоговый кодекс, управление земельными ресурсами характеризуется высокой степенью правовой неопределённости, конфликтностью, и низким вкладом в государственные финансы [6;23]. Эта парадоксальная ситуация частично объясняется долгой историей регулирования земельных отношений в Гвинее. Во многих постколониальных государствах правовой режим земель является результатом наложения друг на друга последовательных режимов: обычного и колониального, которые так и не были полностью объединены.

Таким образом, земельные отношения находятся в условиях устойчивого институционального дуализма, противопоставляющего

письменное право, унаследованное от колонизации и реформ после обретения независимости и обычных норм, широко доминирующих в повседневной практике [12]. Эту ситуацию можно интерпретировать как результат зависимости от ранее выбранного пути, при котором первоначальные правовые решения, зачастую навязанные извне, надолго определили земельные институты, ограничив возможности для последующих реформ [10]. Французская колонизация ввела режим государственного владения, основанный на концепции «свободных и бесхозных земель», что поставило под сомнение ранее существующие правовые режимы земель, но не уничтожило их. Постколониальное государство, вместо того чтобы разрешить это противоречие, зачастую усилило его через политику национализации и централизации земельных ресурсов, а затем, с 1980-х годов, начать частичное и юридически неоднозначное восстановление обычного права.

С эмпирической точки зрения последствия этого институционального пути многообразны. Они проявляются в росте числа земельных конфликтов как в городских и сельских районах, в низкой степени защищённости прав собственности, в неэффективности кадастровых систем и в относительной несостоятельности земельного налогообложения как инструмента сбора местных ресурсов [22]. Эти недостатки имеют ощутимые макроэкономические эффекты: сдерживание частных инвестиций, беспорядочная урбанизация, потери налоговых поступлений и ослабление государственной власти. [5]. Использование зарубежного опыта может способствовать решению современных проблемы регулирования земельных отношений в Республике Гвинея [7;8;9;11;17;20].

Цель исследования. Систематически проанализировать историю и современные проблемы земельного регулирования в Республике Гвинея на основные историко-институционального подхода. С одной стороны, речь идет о том, чтобы проследить основные этапы развития правового земельного режима (от доколониального периода до современности), с

другой, о выявлении структурных факторов, объясняющих текущие трудности реализации и эффективности земельных норм.

В центре исследования находятся три вопроса. Во-первых, как историческое наследие повлияло на современное земельное законодательство Гвинеи? Во-вторых, почему последовательные правовые реформы не привели к устойчивому снижению земельной неопределённости? В-третьих, каковы институциональные и экономические последствия этих дисфункций для управления земельными и налоговыми ресурсами?

Выдвигается тезис о том, что современные проблемы земельного регулирования в Гвинее, связанные не только с содержанием нормативных актов, сколько со структурным несоответствием между формальным правом, административными возможностями государства и фактическими социальными нормами. Данная гипотеза коррелируется с критической концепцией, подчёркивающей ограниченность реформ, сосредоточенных исключительно на юридической формализации прав без учёта локальных институциональных и политических контекстов [12].

Методы и материалы исследования. Методологически статья основана на качественном анализе следующих источников: нормативно-правовых актов, включая Земельный кодекс, Градостроительный кодекс, кодексы водных, лесных и пастбищных ресурсов, институциональных отчётов (FAO, World bank, BAD), доступных административных данных и академических работах [16;21]. Несмотря на ограничения, связанные с отсутствием исчерпывающих данных, фрагментацией информационных систем и плюрализмом земельных отношений, этот подход позволяет провести надёжную оценку земельного правового режима Гвинеи.

В качестве концептуальной и теоретической основы земельных правовых режимов в странах Африки к югу Сахары рассматриваются, во-первых, земельные правовые режимы (типология и аналитическая основы), а во-вторых, земельное регулирование и постколониальное государство.

В литературе по земельным режимам традиционно выделяются несколько форм организации прав на землю, которые часто сосуществуют в пределах одной страны. В 2012 году FAO выделила четыре основные категории: индивидуальная частная собственность, государственная собственность, коллективная собственность и обычные режимы. Эти категории не являются взаимоисключающими и в африканском контекстах, и, как правило, сложным образом переплетаются между собой.

Обычные режимы основаны из неформальных социальных норм, передаваемых устно и управляемых местными властями (родовыми старейшинами, деревенскими советами). Вопреки упрощённым представлениям, эти системы не лишены правил, однако, как правило, предполагают условные права пользования, а не абсолютное отчуждаемое право собственности. Их эффективность определяется социальной легитимностью и способностью сообществ обеспечивать соблюдение норм.

Формальные режимы частной собственности, напротив, опираются на письменную кодификацию прав, их административную регистрацию и государственную защиту. В неоклассической экономической теории защита прав собственности рассматривается как ключевой фактор инвестиций и экономического благодаря снижению неопределённости и транзакционных издержек.

Однако многочисленные эмпирические исследования показали, что юридическая формализация прав на землю не приводит к автоматически ожидаемым эффектам, если она оторвана от социальных и институциональных реалий. В Африке сосуществование обычных и формальных прав часто порождает правовой плюрализм, являющийся причиной конфликтов [5;12].

В африканских постколониальных государствах земельное регулирование тесно связано с процессами государственности и укрепления власти. В этот период земельное право часто использовалось как инструмент территориального и экономического контроля, отрицая юридическое

признание местных систем. После обретения независимости много государства сохранили, а иногда и усилили централизующую логику, рассматривая землю как фундаментальный символ национальной независимости.

Эта институциональная преемственность частично объясняет, почему постколониальные земельные реформы редко приводили к реальной защите прав. Как отмечается [4], земельные вопросы являются скорее проблемной власти, чем просто технической проблемой. Политические элиты могут быть объективно заинтересованы в сохранении определённой правовой неопределённости, которая создаёт возможности для извлечения ренты и социального контроля.

Результаты исследования. В историческом плане можно выделить несколько этапов регулирования земельных отношений в Республике Гвинея.

1. Земельный правовой режим в доколониальной Гвинее (до 1890 г.). До колониального вмешательства земельные системы в Гвинее основывались на обычных институтах, глубоко интегрированных в социальную, политическую и религиозную организацию местных обществ. Земля не рассматривалась как товар в современном экономическом смысле, а представляла собой социальное благо, доступ и использование которого регулировались коллективными нормами и родовыми отношениями власти [13].

В регионах Гвинеи земля обычно считалась принадлежащей предкам, а живущие вступали лишь временными пользователями. Таким образом, земельные права определялись в терминах иерархических прав (обрабатывать, проживать, передавать), обусловленных принадлежностью к роду или местному политическому сообществу. Такая конфигурация исключала окончательное окончательной передачи земли третьим лицам, не входящим в группу. Эти правовые земельные режимы выполняли несколько функций. Во-первых, они обеспечивали относительную стабильность доступа к земле на основе социального признания и стабильности отношений

в сообществе. Во-вторых, они способствовали воспроизводству социальных структур и укрепляли власть обычных лидеров как посредников между предками, землей и членами общины.

Доколониальные правовые земельные режимы не были идеализированно эгалитарными. Контроль доступа к земле обеспечивал властям значительные возможности социальной и политической регуляции, особенно по отношению к мигрантам, подчиненным группам и новым прибывшим. С этой точки зрения, земля выступила стратегическим политическим ресурсом, структурирующим социальные иерархии и поддерживающим групповую сплочённость. Это аспект имеет ключевое значение для понимания последующего сопротивления навязанной извне юридической формализации, поскольку признание исключительно индивидуальных формальных прав подрывает локальные механизмы власти, перенося регулирующую функцию от институтов к центральному государству. Многочисленные экономические труды указывают на то, что такие системы могут быть эффективными при наличии надёжных механизмов санкций и разрешения споров. В Гвинее доколониальной эпохи земельные конфликты, как правило, разрешались на местном уровне, редко переходя в открытую насильственную форму.

Таким образом, анализ доколониальных правовых земельных режимов позволяет сделать принципиальный вывод: земельные права являются не только юридическими механизмами, но и социально-политическими институтами. Любая попытка реформы, игнорирующая этот аспект, может привести к нежелательным следствиям, в частности, к усилению неопределённости, связанной с сосуществованием конкурирующих норм. Это наблюдение ставит под сомнение распространённую в политике развития гипотезу о том, что юридическая формализация прав сама по себе достаточна для улучшения земельного управления. Опыт Гвинеи доколониального периода, напротив, подтверждает, что общественное

признание институтов является первичным условием для обеспечения результативности правовых механизмов.

2. Колониальный период (1890-1958 гг.): институциональное основание земельного дуализма. Французская колонизация стала радикальным институциональным переломом в истории земельных отношений Гвинеи. С конца XIX века колониальная администрация внедрила домениальный(государственный) режим, основанный на доктрине «свободных и бесхозных земель», согласно которой любая не зарегистрированная или не освоенная по европейским критериям земля считалась собственностью колониального государства [15]. Эта доктрина не опиралась на эмпирическое наблюдение местных систем, а на юридической конструкции, позволявшей узаконить колониальное присвоение земель. Она отражала эволюционно- экономическое представление о «архаичности» обычных режимов. Такая трансформация преследовала чёткие цели: обеспечить доступ к земле для колониального сельского хозяйства, облегчить извлечение ресурсов и утвердить власти колониального государства над территорией. Земельное право стало ключевым инструментом экономического и политического господства.

Несмотря на стремление к полному контролю, обычные режимы не были полностью ликвидированы. Из-за ограниченных административных возможностей колониальное государство часто допускало и использовало местные власти для повседневного управления земельными отношениями, особенно в сельской местности [4]. Это привело к формированию структурного правового плюрализма, при котором сосуществовали формально доминирующее письменное земельное право и широко распространенные обычные практики. Этот плюрализм был не результатом явного институционального компромисса, а следствием неразрешимого противоречия между стремлением к централизации и практическими ограничениями. С точки зрения управления, такое сосуществование имело неоднозначные последствия: обеспечивалась определённая социальная

преемственность, но одновременно возникла устойчивая правовая неопределённость, позволяющая оппортунистическое использование конкурирующих норм. Лица, имеющие доступ к колониальной администрации, могли использовать формальное право в своих интересах в ущерб местному населению.

Колониальный земельный режим заложил основы институциональной зависимости, закрепив в позитивном праве иерархию между государственными и местными нормами [10]. К моменту независимости Гвинейское государство унаследовало централизованный земельный правовой режим, слабо связанный с социальными практиками. Вместо его трансформации пост колониальные власти первоначально усилили эту архитектуру, в частности через национализацию земли.

Доколониальный и колониальные периоды показывают, что земельное регулирование в Гвинее сформировалось как наложение институтов с противоречивыми логиками.

3. Гвинея после обретения независимости и национализация земли (1958-1984 гг.). Провозглашения независимости Гвинеи в 1958 году сопровождалось стремлением к разрыву с колониальным порядком как в политическом, так и в институциональном плане. В периоде правления Секу Туре государство приняло социалистическую идеологическую ориентацию, основанную на централизации власти, приоритете коллективных интересов и недоверии к частной собственности как источнику эксплуатации неравенства. В этих условиях земля рассматривалась прежде всего, как национальное достояние, подлежащее прямому контролю государства. Такая концепция парадоксальным образом продолжала колониальную домениальную логику: при схеме политической легитимации юридические и административные инструменты контроля над землей во многом сохраняли переднюю архитектуру. Данная ориентация имела двойную логику. С одной стороны, она укрепила власти государства и ослабляла местных властные структуры. С другой стороны, она позволяет государству выступать в

качестве единственного арбитра в вопросах доступа к земельным ресурсам, усиливая таким образом свою власть и области распределения и санкций.

В краткосрочной перспективе национализация позволила государству контролировать распределение сельскохозяйственных и городских земель в соответствии с плановыми целями. Однако в средне и долгосрочной перспективе неопределённость прав пользования снизила стимулы к частным инвестициям [5]. Отсутствие передаваемых прав и политизация доступа к земле также способствовали появлению рентного поведения как в администрации, так и среди экономических субъектов. В этих условиях земля становится не столько фактором производства, сколько рычагом политической лояльности и социального контроля.

4. Земельные реформы (1984-2000 гг.): либерализация и правовые неоднозначности. Смена власти в 1984 году ознаменовала существенный поворот в экономической и институциональной политике. Под влиянием международных доноров и внутренних макроэкономических ограничений Гвинея начала курс на рыночную либерализацию и структурные реформы [6]. Земля стала рассматриваться как фактор экономического роста, частных инвестиций и сбора государственных ресурсов. Данная переоценка пересмотр подходов соответствует превалирующей в мире концепции, согласно которой защита имущественных прав рассматривается как ключевой фактор и обязательное условие экономического прогресса [6].

Принятие в 1992 году земельного и домениального кодекса стало ключевым земельным реформам. Это документ направлен на уточнение статуса земельных владений, признание частной собственности и установление процедур регистрации прав и обеспечения прав. Нормативно это означало значительный прогресс по сравнению с предыдущим режимом. Он вводит более разнообразные правовые категории, признает возможность частной собственности и закладывает основу для современного кадастра. Однако сохранялись структурные неоднозначности: во-первых, кодекс сохраняет сильное превосходство государства, в частности, посредством

контроля над процедурами регистрации и возможности экспроприации в общественных интересах. Во-вторых, он косвенно признает существование обычных прав, не предоставляя им полноценного правового статуса, что приводит к сохранению плохо скоординированного правового плюрализма.

Главным препятствием стала слабость административного потенциала: недостаточное финансирование, нехватка квалифицированных кадров, ограниченное территориальное покрытие земельных служб и слабая межведомственная координация [23]. Это привело к парадоксальной ситуации сосуществования сложных формальных норм и доминирования неформальных практик. Лица, обладающие наибольшими экономическими и политическими ресурсами, могут маневрировать между этими нормативными системами, в то время как наиболее уязвимые слои населения остаются подверженными риску потери права собственности на землю.

Пост реформенный период характеризовался ростом неформальных земельных сделок, особенно в городах и пригородах. Это спрос на безопасность владения и неспособность формальных механизмов его обеспечить.

С аналитической точки зрения, этот неформальный рынок земли можно интерпретировать как замещающую институцию, позволяющую участникам снизить неопределенность, опираясь на социальные, политические или клиентелистские договоренности. Однако такая повсеместная неформальность подпитывает земельные конфликты и лишает государство потенциальных налоговых поступлений. Реформы 1984–2000 годов привели к серьезным изменениям в регулировании земельных отношений в Гвинее, но не смогли устранить противоречия, унаследованные от предыдущих периодов.

Проведенный анализ позволил выявить ряд современных проблем регулирования земельных отношений в Республике Гвинея.

1. Структурная и постоянная неуверенность в отношении земельных прав. Современное состояние земельных отношений в Гвинее

характеризуется устойчивой правовой неопределённостью, которая охватывает как сельские районы, так и городские и пригородные территории. Эта неопределенность является результатом не столько отсутствия правовых норм, сколько их низкой эффективности, их дублирования и использования в политических целях. Современная система характеризуется множественностью прав на один тот же участок: обычные притязания, административные разрешения, неформальные акты купли-продажи, частичные или оспариваемые права собственности на землю. [6;23]. Правовая определённость становится исключением. Такое многообразие создает условия, в которых правовая определенность является скорее исключением, чем правилом [6;23]. Неопределенность может быть интерпретирована как результат неоптимального, но стабильного институционального равновесия. Неясность земельных прав позволяет некоторым участникам (административным работникам, политической элите, местным посредникам) извлекать доходы, манипулируя конкурирующими нормами [4]. Напротив, домохозяйства и мелкие землевладельцы несут основную часть издержек неопределенности в виде конфликтов, экспроприации или потери инвестиций.

2. Слабость кадастровых и земельных информационных систем.

Эффективное внедрение любого современного земельного законодательства зависит от наличия надежного, исчерпывающего и регулярно обновляемого кадастра. В Гвинее кадастр по-прежнему остается в значительной степени неполным, фрагментированным и сосредоточенным в определенных городских районах, в частности в столице страны Конакри. Эта слабость объясняется несколькими структурными факторами: хроническое недофинансирование земельных администраций; нехватка квалифицированных кадров; отсутствие межведомственной координации; чрезмерная зависимость от проектов, финансируемых донорами, которые зачастую носят разовый и непостоянный характер.

Отсутствие функционального кадастра ослабляет способность государства осуществлять свои полномочия, в частности в области городского планирования, защиты прав и налогообложения земельной собственности. Оно также способствует коррупции, делая доступ к информации о земельной собственности дискреционным. Международный опыт показывает, что кадастр — это не только технический инструмент, но и политическая институция, чья надежность основана на прозрачности, простоте процедур и доверии пользователей [4]. В Гвинее это доверие по-прежнему остается низким.

3. Земельные споры: симптом институционального сбоя. Земельные споры являются одним из наиболее заметных проявлений неэффективности земельного законодательства Гвинеи. Они касаются споров между частными лицами, между общинами, а также между гражданами и государством, в частности в рамках проектов в области горнодобывающей промышленности, сельского хозяйства или инфраструктуры. Эти конфликты редко являются простыми техническими спорами. Они отражают асимметричные отношения власти, в которых формальное право применяется выборочно. Судебные процедуры, зачастую длительные и дорогостоящие, усугубляют неравенство в доступе к правосудию и благоприятствуют участникам, располагающим экономическими и политическими ресурсами. С аналитической точки зрения, рост числа земельных конфликтов свидетельствует о неэффективности институциональных механизмов их разрешения. Ни традиционные органы (ослабленные и утратившие легитимность), ни государственные суды (перегруженные и малодоступные) не способны в полной мере выполнять свою регулируемую роль.

4. Быстрая урбанизация и земельный хаос. Урбанизация является фактором, усугубляющим земельные конфликты в Гвинее. В Конакри и других крупных городах страны наблюдается быстрый рост населения, который значительно превышает возможности государственных органов в

области планирования и регулирования земельных отношений. Таким образом, доступ к городской земле в основном основан на неформальных сделках, которые часто утверждаются задним числом с помощью спорных административных актов. Такая ситуация способствует неплановой урбанизации, характеризующейся заселением опасных зон, недостаточностью инфраструктуры и увеличением числа выселений. Земельные ресурсы становятся центральным вопросом неформального перераспределения, в котором местные власти играют двойственную роль: они одновременно являются гарантами правопорядка и участниками коррупционных действий. Эта двойственность подрывает доверие к государственным мерам и затрудняет любые попытки реформ.

5. Относительная неэффективность земельного налогообложения. Налогообложение недвижимости часто представляется как один из наиболее перспективных инструментов укрепления финансовой самостоятельности местных органов власти и улучшения городского управления [1;3]. Однако в Гвинее доходы от земельного налогообложения по-прежнему составляют незначительную часть от общего объема налоговых поступлений. Эта неудача объясняется совокупностью институциональных факторов: узкая и плохо идентифицированная налоговая база; отсутствие надежного кадастра; низкий потенциал взыскания налогов; политическое сопротивление налогообложению недвижимости; отсутствие восприятия легитимности налога. Слабость земельного налогообложения подпитывает замкнутый круг: государство и местные органы власти располагают ограниченными ресурсами для улучшения земельных услуг, что усиливает недоверие граждан и снижает их согласие с налогообложением.

Таблица 1. SWOT – анализ регулирования земельных отношений в Республике Гвинея

Сильные стороны (S)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие формально оформленной правовой базы. 2. Признание частной собственности. 3. Налоговый потенциал земельный ресурсов. 4. Возможность использования как инструмента
---------------------	--

	территориального управления.
Слабые стороны (W)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Институциональная фрагментация 2. Преобладание обычного (традиционного) права. 3. Отсутствие полного кадастра. 4. Низкая налоговая эффективность. 5. Ограниченные административные ресурсы.
Возможности (O)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модернизация кадастровой системы. 2. Децентрализация управления. 3. Быстрая урбанизация. 4. Международная техническая поддержка.
Угрозы (T)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Земельные споры. 2. Социальное неравенство доступа к земле. 3. Неформальный урбанизация. 4. Политико-институциональная нестабильность.

В целом, современные проблемы земельного регулирования в Гвинее не могут быть сведены к пробелам в законодательстве. Они связаны с дефицитом управления, понимаемым как неспособность институтов создавать надежные правила, которые бы применялись предсказуемым образом и воспринимались как легитимные. Это ставит под сомнение технические подходы к земельным реформам, ориентированные на разработку новых текстов или изолированную административную модернизацию. Без реформы властных отношений, институциональной координации и местного налогового договора юридические нововведения рискуют остаться в значительной степени символическими.

Обсуждение результатов исследования. Выдвигаются три основные гипотезы неэффективности земельного регулирования Республики Гвинея: институциональная, политико-экономическая и административная. Они не исключают друг друга, а взаимодействуют, создавая неблагоприятный баланс в сфере управление.

1. Институциональная гипотеза: нестабильный правовой плюрализм. Первое объяснение связано с сохранением плохо скоординированного правового плюрализма, в котором сосуществуют формальные и неформальные земельные нормы бес четкой иерархии надёжных механизмов арбитража. В отличие от других ситуаций, где плюрализм официально

признается и регулируется институтами, случай Гвинеи характеризуется стойкой нормативной неоднозначностью. Это увеличивает транзакционные издержки и неопределённость, делая земельные права зависимыми от соотношения сил, а не от предсказуемых правил [10]. Рациональные участники рынка адаптируют свое поведение: обращаются к неформальным отношениям, увеличивают количество социальных доказательств (свидетели, местные альянсы), сокращают долгосрочные инвестиции.

Эта гипотеза позволяет понять, почему последовательные правовые реформы, несмотря на их техническую согласованность, не принесли ожидаемых результатов. Формальное право не воспринимается как доминирующий критерий из-за отсутствия социальной легитимности и возможности исполнения.

2. Политико-экономическая гипотеза: земля как источник власти и ренты. Вторая гипотеза рассматривает землю как стратегический ресурс власти, институциональная неоднозначность которого может намеренно поддерживаться. В этом контексте отсутствие землевладения является не только непреднамеренной неудачей, но и может представлять собой политически рациональное равновесие для определенных элит.

В Гвинее концентрация земельных полномочий в руках администрации в сочетании со слабостью местных противовесов создает возможности для присвоения доходов. Такое толкование объясняет несколько явлений, наблюдаемых на практике: неявное сопротивление прозрачности кадастра; политизация решений о выделении или выселении; избирательность в применении земельного права. С этой точки зрения, технические реформы (кадастр, оцифровка, упрощение процедур) являются недостаточными, пока они не изменяют лежащие в их основе политические стимулы.

3. Административная гипотеза: слабость государства и способность к реализации. Третья гипотеза акцентирует внимание на административных и организационных ограничениях Гвинейского государства. Даже при отсутствии целенаправленных стратегий по захвату земель, эффективная

реализация земельного регулирования требует значительных технических, финансовых и человеческих ресурсов. Земельные органы Гвинеи страдают от хронического недофинансирования, институциональной нестабильности и слабой межотраслевой координации. Эти слабости снижают доверие к формальным правилам и усиливают зависимость от неформальных действий. Однако строгое толкование с точки зрения потенциала было бы упрощёнными. Как подчеркивается, в классических трудах по теории «state saracity» по вопросам потенциала Государства, он сам себе является эндогенным фактором политических решений и бюджетных приоритетов [2]. Таким образом, административная слабость не является самостоятельным объяснением, а вписывается в более широкую политическую экономику.

4. Нормальные последствия: преодоление юридической иллюзии. Комбинированный анализ этих трех гипотеза приводит к важному нормативному выводу: реформа земельного законодательства в Гвинее не может сводиться к улучшению правовой базы или технологической модернизации. Она предполагает более глубокую трансформацию институциональных и политических отношений, которые определяют доступ к земле. Этот вывод побуждает преодолеть то, что можно назвать «юридической иллюзией» - идею о том, что для создания эффективных прав достаточно разработать формальные правила. Сравнительный опыт показывает, что успешными являются те реформы, которые основаны на надёжных институциональных компромиссах, вовлекают местных участников и согласовывают политической стимулы.

Заключение. Анализ исследования показывает, что современное земельное регулирование Гвинеи сформировалось как результат наложения обычных, колониальных и пост колониальных институтов. Данная институциональная стратификация породила устойчивый правовой плюрализм, который не был ни формализован, ни гармонизирован.

Национализация периода 1958-1984 годов ослабила обычные механизмы без создания эффективных государственных альтернатив.

Реформы 1990-х ввели частную собственность и кадровые процедуры, но сохранили доминирование государства и не обеспечили административную реализацию.

Современные проблемы — правовая неопределённость, слабость кадастра, споры, неформальные рынки и низкая фискальная отдача, являются следствием дефицита управления, а не отсутствия норм. Анализ трёх гипотез указывает, что: слабый правовой плюрализм повышает неопределённость; земля используется как политический ресурс; административная слабость встроена в политико-экономические условия. Следовательно, эффективная реформа требует не только юридических мер, но и институционализации правового плюрализма, повышения прозрачности и подотчётности, укрепления местных институтов разрешения споров; развития кадастра как политико-институционального проекта. Без изменения баланса власти и стимулов, земельные реформы будут оставаться преимущественно декларативными.

Земельное регулирование в Республике Гвинея представляется не столько чисто юридической проблемой, сколько проявление глубоких противоречий между государством, обществом и властью. Понимание этих противоречий является необходимым условием для любой устойчивой реформы.

Литература

1. Bahl R., Martinez-Vazquez J. (2008). The property tax in developing countries: current practice and prospects. Lincoln institute of land policy.
2. Besley T., Persson T. (2011). Pillars of Prosperity: The Political Economics of Development Clusters. – Princeton University Press, 2011. ISBN 978-0-691-15268-4.
3. Bird R.M., Slack E. (2004). International handbook on land and property taxation. Cheltenham, Edward Elgar. DOI: 10.4337/9781845421434.

4. Boone C. (2014). Property and political order in Africa: land rights and the structure of politics. New York, Cambridge University Press. ISBN 978-1-107-04069-4.
5. Deininger K., Feder G. (2009). Land Registration, Governance, and Development: Evidence and Implications for Policy. *The World Bank Research Observer*, 24(2):233–266. DOI: 10.1093/wbro/lkp007.
6. Deininger K., Selod H., Burns A. (2012). The land governance assessment framework: identifying and monitoring good practice in the land sector. Washington, DC: World Bank. DOI: 10.1596/978-0-8213-8758-0.
7. Lu Y., Nilipovskiy V.I. (2023). Efficiency of land use in china in the context of the development of a low-carbon economy. *International Agricultural Journal*, 66 (6), 40. EDN: AHTNSW.
8. Nilipovskiy V., Inamov A. (2020). Digital land registration: practical aspects of application in Uzbekistan. In: 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Sofia. Pp.343–350. EDN: CDWWPM. DOI: 10.5593/sgem2020/2.2/s11.040.
9. Nilipovsky V.I., Papaskiri T.V., Podbolotova L.P. (2023). Public cadastral map of Russia as a tool for information support of real estate management. In: III. International conference on real estate development and management. Proceedings book. Ankara. Pp. 309–324. EDN: LNXTIO.
10. North D.C. (1990). Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge University Press. ISBN 0-521-39416-3.
11. Papaskiri T.V., Nilipovsky V.I., Podbolotova L.P. (2023). Development of the Russian real estate taxation system based on the state cadastral valuation of real estate. In: III. International conference on real estate development and management. Proceedings book. Ankara. Pp. 135–147. EDN: GPFDPG
12. Platteau J.-P., Abraham A. (2002). Participatory Development in the Presence of Endogenous Community Imperfections. *Journal of Development Studies*, 39(2):104–136. DOI: 10.1080/00220380412331322771.

13. Polanyi K. (2001). *The great transformation: the political and economic origins of our time* / foreword by J.E. Stiglitz; with a new introd. by F. Block. 2nd Beacon Paperback ed. Boston, Beacon Press. ISBN 0-8070-5643-x.
14. Volkov S.N., Chapovalov D.A., Nilipovsky V.I. (2021). "Guillotine réglementaire" et l'enseignement supérieur agricole. In: Science. Education. Practice. Proceedings of the International University Science Forum. Toronto. Pp. 21–29. EDN: XWNOAL.
15. Watts M. (2006). The geography of post-colonial Africa: space, place and development in sub-Saharan Africa (1960-93). *Singapore Journal of Tropical Geography*, 14: 173–190. DOI: 10.1111/j.1467-9493.1993.tb00047.x.
16. Волков С.Н., Нилиповский В.И. (2023). Отрасль землеустройства в Российской Федерации и направления её развития. *Известия Международной академии аграрного образования*, 65: 44–52. EDN: ZQMGJT
17. Волков С.Н., Шаповалов Д.А., Нилиповский В.И. (2020). Международная интеграция в области землеустройства – новые подходы и перспективы. *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*, 10(189): 5–13. EDN: PNFPAO. DOI: 10.33920/sel-4-2010-01.
18. Гаврилюк М.Н., Рулева Н.П., Нилиповский В.И. (2023). Аграрная политика России в сфере обеспечения продовольственной безопасности. В сборнике: Сейфуллинские чтения – 19. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию М.А. Гендельмана. Астана. С. 331–334. EDN: DINFJS
19. Нилиповский В.И., Хабарова И.А., Хабаров Д.А. (2020). Изменения в законодательстве в сфере земельно-имущественных отношений. В сборнике: Цифровизация землепользования и кадастров: тенденции и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции. Москва. С. 300–307. EDN: ITZZMA.
20. Нилиповский В.И., Жилдикбаева А.Н., Сабирова А.И., Елемесов С.К., Жыргалова А.К. (2023). Determining marginal size of land plots for agricultural

production in the Republic of Kazakhstan. International Agricultural Journal, 66 (3), 25. EDN: QZCYIM

21. Сорокина О.А., Федоринов А.В., Нилиповский В.И., Шаповалов Д.А., Комаров С.И. (2023). Методические вопросы вовлечения земель сельскохозяйственного назначения в активный экономический оборот. Московский экономический журнал, 8 (7), 10. EDN: XYAERR

22. Феллаг Ш.М.Э.А. (2018). К вопросу совершенствования механизма борьбы с коррупцией на рынке земли. В сборнике: Природа. Человек. Культура. Материалы Первого Международного научно-просветительского форума. Под общ. ред. С.Е. Туркулец, Е.В. Листопадовой. С. 341–344. EDN: YRHNYL. EDN: YRHNYL.

23. FAO. (2022). Voluntary guidelines on the responsible governance of tenure of land, fisheries and forests in the context of national food security. First revision. Rome. DOI: 10.4060/i2801e.

References

1. Bahl R., Martinez-Vazquez J. (2008). The property tax in developing countries: current practice and prospects. Lincoln institute of land policy.
2. Besley T., Persson T. (2011). Pillars of Prosperity: The Political Economics of Development Clusters. – Princeton University Press, 2011. ISBN 978-0-691-15268-4.
3. Bird R.M., Slack E. (2004). International handbook on land and property taxation. Cheltenham, Edward Elgar. DOI: 10.4337/9781845421434.
4. Boone C. (2014). Property and political order in Africa: land rights and the structure of politics. New York, Cambridge University Press. ISBN 978-1-107-04069-4.
5. Deininger K., Feder G. (2009). Land Registration, Governance, and Development: Evidence and Implications for Policy. The World Bank Research Observer, 24(2):233–266. DOI: 10.1093/wbro/lkp007.

6. Deininger K., Selod H., Burns A. (2012). The land governance assessment framework: identifying and monitoring good practice in the land sector. Washington, DC: World Bank. DOI: 10.1596/978-0-8213-8758-0.
7. Lu Y., Nilipovskiy V.I. (2023). Efficiency of land use in china in the context of the development of a low-carbon economy. *International Agricultural Journal*, 66 (6), 40. EDN: AHTNSW.
8. Nilipovskiy V., Inamov A. (2020). Digital land registration: practical aspects of application in Uzbekistan. In: 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Sofia. Pp.343–350. EDN: CDWWPM. DOI: 10.5593/sgem2020/2.2/s11.040.
9. Nilipovsky V.I., Papaskiri T.V., Podbolotova L.P. (2023). Public cadastral map of Russia as a tool for information support of real estate management. In: III. International conference on real estate development and management. Proceedings book. Ankara. Pp. 309–324. EDN: LNXTIO.
10. North D.C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press. ISBN 0-521-39416-3.
11. Papaskiri T.V., Nilipovsky V.I., Podbolotova L.P. (2023). Development of the Russian real estate taxation system based on the state cadastral valuation of real estate. In: III. International conference on real estate development and management. Proceedings book. Ankara. Pp. 135–147. EDN: GPFDPG
12. Platteau J.-P., Abraham A. (2002). Participatory Development in the Presence of Endogenous Community Imperfections. *Journal of Development Studies*, 39(2):104–136. DOI: 10.1080/00220380412331322771.
13. Polanyi K. (2001). *The great transformation: the political and economic origins of our time* / foreword by J.E. Stiglitz; with a new introd. by F. Block. 2nd Beacon Paperback ed. Boston, Beacon Press. ISBN 0-8070-5643-x.
14. Volkov S.N., Chapovalov D.A., Nilipovsky V.I. (2021). Guillotine réglementaire et l'enseignement supérieur agricole. In: Science. Education. Practice. Proceedings of the International University Science Forum. Toronto. Pp. 21–29. EDN: XWNOAL.

15. Watts M. (2006). The geography of post-colonial Africa: space, place and development in sub-Saharan Africa (1960-93). *Singapore Journal of Tropical Geography*, 14: 173–190. DOI: 10.1111/j.1467-9493.1993.tb00047.x.
16. Volkov S.N., Nilipovskij V.I. (2023). Otrasl' zemleustrojstva v Rossijskoj Federacii i napravleniya eyo razvitiya. *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*, 65: 44–52. EDN: ZQMGJT
17. Volkov S.N., Shapovalov D.A., Nilipovskij V.I. (2020). Mezhdunarodnaya integraciya v oblasti zemleustrojstva – novy'e podxody` i perspektivy`. *Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel`*, 10(189): 5–13. EDN: PNFP AO. DOI: 10.33920/sel-4-2010-01.
18. Gavriilyuk M.N., Ruleva N.P., Nilipovskij V.I. (2023). Agrarnaya politika Rossii v sfere obespecheniya prodovol'stvennoj bezopasnosti. V sbornike: *Sejfullinskie chteniya – 19. Materialy` mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashhennoj 110-letiyu M.A. Gendel`mana*. Astana. S. 331–334. EDN: DINFJS
19. Nilipovskij V.I., Xabarova I.A., Xabarov D.A. (2020). Izmeneniya v zakonodatel'stve v sfere zemel'no-imushhestvenny`x otnoshenij. V sbornike: *Cifrovizaciya zemlepol'zovaniya i kadaстров: tendencii i perspektivy`*. Materialy` mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Moskva. S. 300–307. EDN: ITZZMA.
20. Nilipovskij V.I., Zhildikbaeva A.N., Sabirova A.I., Elemesov S.K., Zhy`rgalova A.K. (2023). Determining marginal size of land plots for agricultural production in the Republic of Kazakhstan. *International Agricultural Journal*, 66 (3), 25. EDN: QZCYIM
21. Sorokina O.A., Fedorinov A.V., Nilipovskij V.I., Shapovalov D.A., Komarov S.I. (2023). Metodicheskie voprosy` vovlecheniya zemel` sel'skoxozyajstvennogo naznacheniya v aktivny`j e`konomicheskij oborot. *Moskovskij e`konomicheskij zhurnal*, 8 (7), 10. EDN: XYAERR
22. Fellag Sh.M.E`.A. (2018). K voprosu sovershenstvovaniya mexanizma bor`by` s korrupciej na ry`nke zemli. V sbornike: *Priroda. Chelovek. Kul`tura. Materialy`*

Pervogo Mezhdunarodnogo nauchno-prosvetitel'skogo foruma. Pod obshh. red. S.E. Turkulecz, E.V. Listopadovoj. S. 341–344. EDN: YRHNYL. EDN: YRHNYL.

23. FAO. (2022). Voluntary guidelines on the responsible governance of tenure of land, fisheries and forests in the context of national food security. First revision. Rome. DOI: 10.4060/i2801e.

© *Курума Усман Каба, Максимов С.Н., 2026. International agricultural journal, 2026, № 4, 159-183.*

Научная статья

Original article

УДК 631.347.3.012.3.001.2

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_3_29

edn: ERGTCE

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ХОДОВОЙ СИСТЕМЫ
ШИРОКОЗАХВАТНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ
ENERGY SAVING OF THE RUNNING SYSTEM OF A WIDE-RANGE
SPRINKLER MACHINE**



Рязанцев Анатолий Иванович, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник отдела систем орошения дождеванием, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской округ Коломна, посёлок Радужный, 38), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9829-8196>, ryazantsev.41@mail.ru

Евсеев Евгений Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем, теории и методики образовательных процессов ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет» (140411, Россия, г. Коломна, ул. Зеленая, д. 30) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6133-2661>, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Антипов Алексей Олегович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела систем орошения дождеванием, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской округ Коломна, посёлок Радужный, 38), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4374-163X>, antipov.aleksei2010@yandex.ru

Малько Игорь Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела техники и технологий микроорошения, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской округ Коломна, посёлок Радужный, 38), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9128-6975>, centorion@yandex.ru

Anatoly I. Ryazantsev, Doctor of technical sciences, professor, honored scientist of the Russian Federation, chief researcher at the department of sprinkler irrigation systems, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigation and Agricultural Water Supply "Raduga" (38, Raduzhny settlement, Kolomna urban district, Kolomna, 140483 Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9829-8196>, ryazantsev.41@mail.ru

Evgeny Yu. Evseev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technical Systems, Theory and Methodology of Educational Processes at the State Social and Humanitarian University (30, Zelenaya Street, Kolomna, 140411 Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6133-2661>, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Alexey Olegovich Antipov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Sprinkler Irrigation Systems Department, Raduga All-Russian Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply (38 Raduzhny Settlement, Kolomna, 140483, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4374-163X>, antipov.aleksei2010@yandex.ru

Igor Valerievich. Malko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Department of Micro-Irrigation Engineering and Technology, Raduga All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply (38 Raduzhny Settlement, Kolomna, 140483, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9128-6975>, centorion@yandex.ru

Аннотация. Совершенствование широкозахватных дождевальных машин (ДМ) типа «Кубань-ЛК1» направлено на расширение их функциональных возможностей и снижение энергозатрат при работе на рельефах с уклонами

до 0,07. Наиболее перспективным решением является оснащение ходовых систем независимыми мотор-редукторами с энергоэффективным зубчатым зацеплением, позволяющим повысить КПД привода в два раза по сравнению с серийной блокированной трансмиссией червячного типа.

В ходе полевых исследований, проведенных в АО «Озеры» Московской области, оценивались энергозатраты на передвижение девяти- и шеститележной ДМ «Кубань-ЛК1», оборудованной серийной схемой компоновки ходовой системы. Измерение крутящих моментов на выходных валах осуществлялось с помощью тензометрических торсиометров при различных режимах движения (подъем, спуск, преодоление канав и колеи глубиной 30 см), как с водой в магистрали, так и без нее.

Установлено, что максимальные крутящие моменты возникают при преодолении препятствий и достигают 1700...2000 кг/см, что не превышает допустимых напряжений для выходных валов. Суммарный момент на опорной тележке не превосходит 2900 кг/см. Статистическая обработка данных (на примере тележки №9) показала, что распределение крутящих моментов подчиняется нормальному закону с коэффициентом вариации 0,2...0,4. Средние значения нагрузок находятся в диапазоне 420...690 кг/см, а превышение уровня 1500 кг/см наблюдается не более чем в 5% времени работы. Выявлено, что при движении на спуск возникающая вибрация трубопровода и рывки не приводят к значительному росту крутящего момента (изменение 100...150 кг/см), что свидетельствует о снижении паразитных нагрузок, характерных для серийной блокированной трансмиссии.

Применение же независимых мотор-редукторов с энергоэффективным зубчатым зацеплением в ходовой системе дождевальной машины «Кубань-ЛК1» обеспечит прочность и работоспособность конструкции при эксплуатации на уклонах до 0,07 и при преодолении неровностей. Сравнение полученных результатов с теоретическими подтверждают возможность снижения энергетических затрат на передвижение и расширения

технологических возможностей машины (полив малыми нормами, мелкодисперсное увлажнение). Дальнейшие исследования целесообразно направить на оценку долговечности энергоэффективных передач в условиях переменного нагружения и оптимизацию алгоритмов управления электроприводами.

Abstract. The improvement of wide-range sprinkler machines (DM) of the Kuban-LK1 type is aimed at expanding their functionality and reducing energy consumption when working on terrain with slopes up to 0.07. The most promising solution is to equip the driving systems with independent gear motors with energy-efficient gearing, which makes it possible to double the drive efficiency compared to a standard worm-type interlocked transmission.

In the course of field research conducted at JSC Ozery in the Moscow region, the energy consumption for the movement of nine- and six-bed DM Kuban-LK1, equipped with a serial layout scheme for the chassis system, was estimated. The measurement of torques on the output shafts was carried out using strain gauge torsimeters in various driving modes (ascent, descent, overcoming ditches and tracks with a depth of 30 cm), both with and without water in the main.

It is established that the maximum torques occur when overcoming obstacles and reach 1700...2000 kg/cm, which does not exceed the permissible stresses for the output shafts. The total torque on the support trolley does not exceed 2,900 kg/cm. Statistical data processing (using the example of trolley No. 9) showed that the distribution of torques obeys a normal law with a coefficient of variation of 0.2...0.4. The average load values are in the range of 420...690 kg/cm, and exceeding the level of 1500 kg/cm is observed in no more than 5% of the operating time. It was found that when driving downhill, the resulting vibration of the pipeline and jerks do not lead to a significant increase in torque (a change of 100...150 kg/cm), which indicates a decrease in parasitic loads characteristic of a serial blocked transmission.

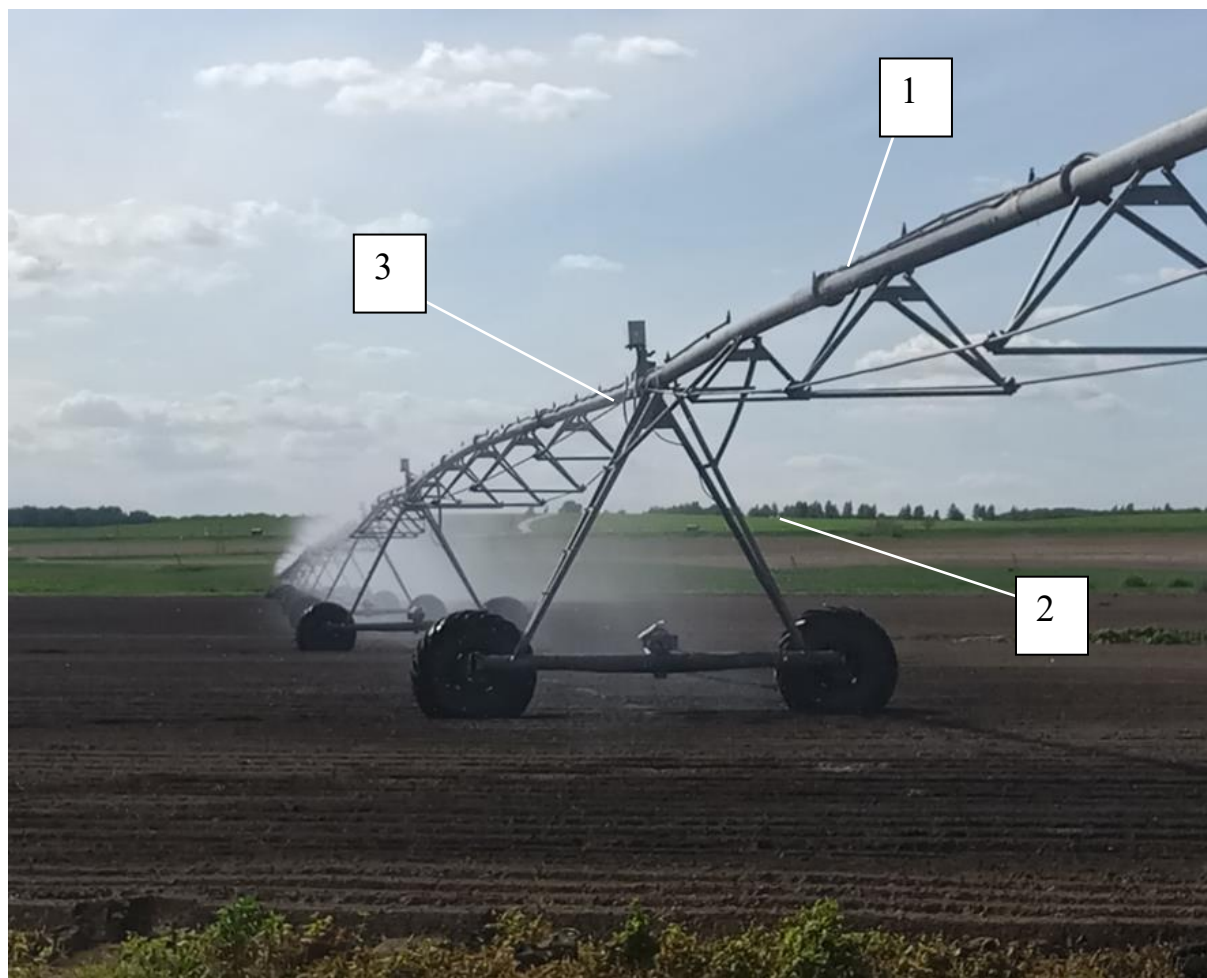
The use of independent gear motors with energy-efficient gear engagement in the running system of the Kuban-LK1 sprinkler machine will ensure the strength

and operability of the structure when operating on slopes up to 0.07 and when overcoming irregularities. A comparison of the obtained results with theoretical ones confirms the possibility of reducing energy costs for movement and expanding the technological capabilities of the machine (low-volume irrigation, fine-dispersed humidification). It is advisable to focus further research on evaluating the durability of energy-efficient transmissions under variable load conditions and optimizing control algorithms for electric drives.

Ключевые слова: дождевальная машина «Кубань-ЛК1», энергоемкий редуктор, независимый электропривод, крутящий момент, тензометрирование, энергоэффективность

Keywords: sprinkler machine "Kuban-LK1", energy-intensive gearbox, independent electric drive, torque, strain gauge, energy efficiency

Введение. С целью совершенствования и расширения возможностей применения широкозахватной дождевальной машины «Кубань-ЛК1» (рисунок 1) на различных, по уклону, площадях (до 0,07), требуется проведение дальнейших исследований, направленных на совершенствование приводов опорных тележек. Как показали исследования, наиболее перспективным вариантом снижения энергетических затрат на передвижение ходовых систем дождевальной машины, является ее оснащение независимыми редукторами с высокопроизводительным зубчатым зацеплением. Компоновка ходовых систем тележек ДМ указанным способом позволит повысить коэффициент полезного действия в 2 раза, а новые типы зубчатых зацеплений обладают большей вариативностью передаточных отношений. Указанные технические решения расширяют диапазон применения широкозахватной дождевальной машины «Кубань-ЛК1», например позволяют осуществлять полив с малыми поливными нормами, осуществляют мелкодисперсное увлажнение и другие, при этом уменьшая энергетические затраты на передвижение, присущие серийной модификации ДМ [2, 13, 14].



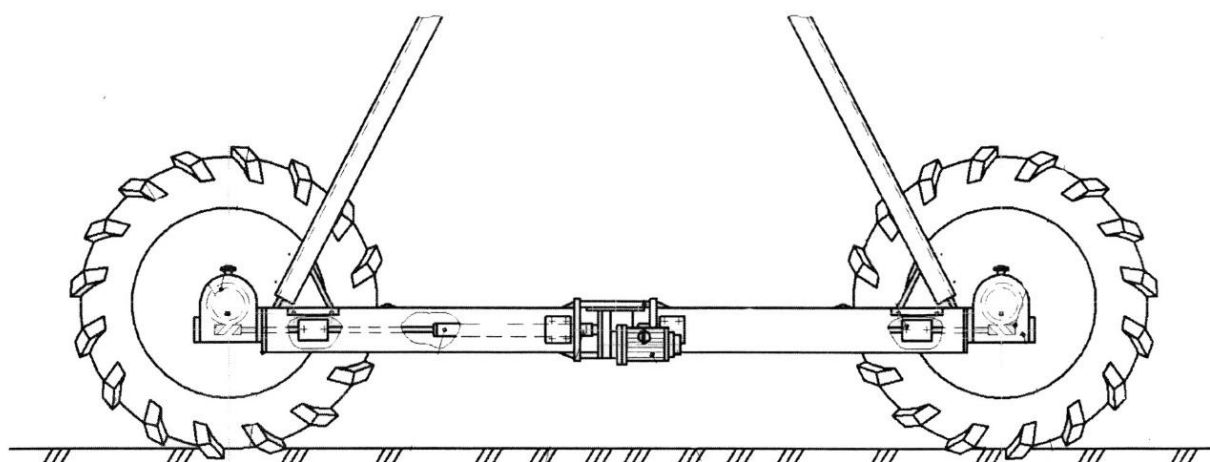
1 – дождевальные насадки; 2 – ходовая тележка; 3 – центральный водопровод

Рисунок 1 – Общий вид дождевальной машины «Кубань-ЛК»

Материалы и методы. На настоящее время, на ДМ «Кубань-ЛК1» используется следующая компоновка привода. Крутящий момент, от электродвигателя с центральным мотор-редуктор, через выходные валы, передается на индивидуальные колесные редуктора червячного типа, посредством карданной передачи. Такой тип трансмиссии имеет ряд недостатков, наиболее выраженными являются наличие заблокированной обратной передачи и паразитных мощностей, что приводит увеличенным энергетическим затрат на передвижение (рисунок 2) [3, 9, 19].



а



б

1 – мотор-редуктор; 2 – высокослойные шины 18,4-24

Рисунок 2 – Общий вид (а) и схема (б) серийной самоходной тележки ДМ «Кубань-ЛК1»

Дополнительно, за счет применения приводов с эффектом блокировки, в определенных условиях эксплуатации, возникает циркуляция мощности.

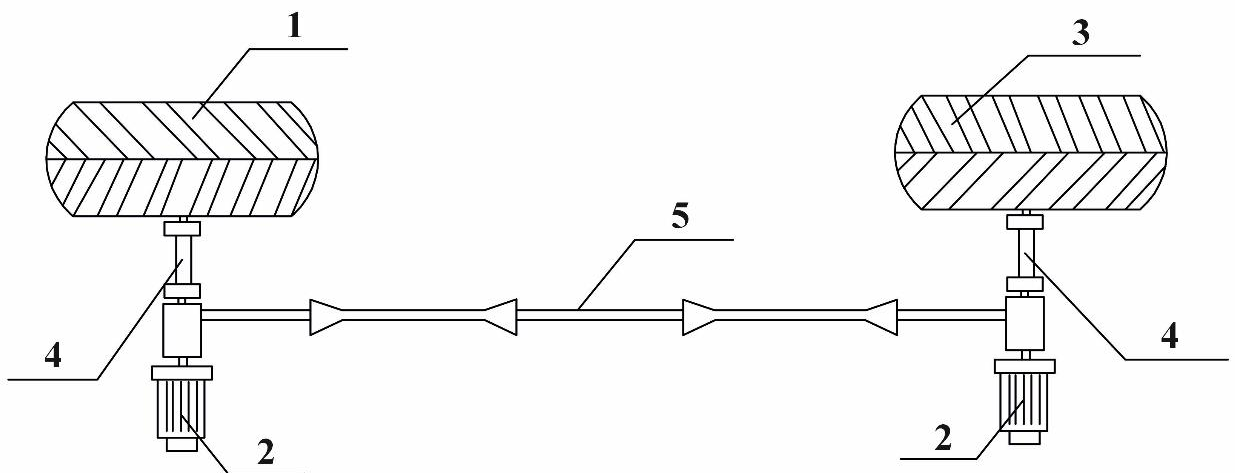
Это происходит за счет неравномерных окружных скоростей вращения выходных валов колесных редукторов, что снижает коэффициент полезного действия работы машины, а также увеличивает износ пневматических шин. Стоит отметить, что использование дифференциального привода дает возможность использования обратного хода, однако приносит другие отрицательные качества. Так, если одно колесо находится в худших сцепных условиях, то второе колесо, из-за дифференциального эффекта, также будет иметь пониженные сцепные характеристики, однако при использовании блокированных червячных редукторов, поступательные скорости выравниваются только при буксовании или скольжении одного из колес [6, 16, 20].

Как показали поисковые исследования, наилучшие тягово-сцепные показатели работы приводов тележек ДМ могут быть получены при оснащении каждого колеса машины независимым мотор-редуктором с высокоэффективным зубчатым зацеплением (рисунок 3) [5, 11, 15].



Рисунок 3 – Тележка ДМ «Кубань-ЛК1» с энергосберегающим независимым электроприводом

В настоящее время отечественная промышленность осваивает производство нового вида зубчатых передач, получивших название волновых. Отличительной особенностью последних является использование гибких зубчатых колес, за счет чего передачи приобретают новые свойства и возможности. Возможность получения большего кинематического эффекта, малых габаритов, рациональной компоновки, осуществление передачи движения сквозь непроницаемые стенки и ряд других свойств волновых передач позволяют обеспечить широкое их внедрение на приводах опорных тележек дождевальных машин с электроприводом. Анализ работы редукторов с волновым зацеплением показал, что они обладают рядом преимуществ: большое передаточное отношение – до 300 в одной ступени; до 40% зубьев находятся в одновременном зацеплении; высокая кинематическая точность; К.П.Д. волновых передач при одинаковых передаточных отношениях имеет высокие значения ($\eta = 0.8...0.91$) [4, 7, 13]. Кинематическая схема независимого привода опорной тележки представлена на рисунке 4.



1 – левое пневматическое колесо; 2 – волновые мотор-редукторы; 3 – правое пневматическое колесо; 4 – торсионметры; 5 – рама

Рисунок 4 – Кинематическая схема опорной тележки дождевальной машины «Кубань-ЛК1»

Результаты. Исследования многоопорной ДМ «Кубань-ЛК1» проводились в АО «Озеры» Коломенского района Московской области. Производился полив картофеля. Агрофон – поле, засаженное картофелем. Цель полевых исследований – определение фактических энергозатрат на передвижение тележек дождевальной машины с серийной схемой компоновки ходовой системы.

Для измерения крутящего момента на вале электропривода был использован специальный измерительный прибор – торсиометр. Торсиометр функционально состоит из датчика крутящего момента и электронного усилительного блока. В датчике торсиометра использован тензометрический способ измерения крутящего момента с бесконтактной передачей сигнала от тензорезисторов с помощью вращающегося трансформатора. Измерительный валик датчика с помощью фланцевых соединений включается в состав силовой передачи крутящего момента исследуемой тележки. На измерительном валике наклеены 4 тензорезистора, которые электрически включены в мостовую измерительную схему. Диагонали датчиков подключены к подвижным обмоткам вращающегося трансформатора. Неподвижные обмотки трансформатора через разъем, закрепленный на корпусе датчика, подключены к электронному блоку торсиометра [1, 8, 17, 18].

Выходные валы червячных редукторов с установленными на них тензорезисторами предварительно тарировались в лабораторных условиях в диапазоне $M_{кр} \pm 1400$ кгс/см.

В полевых условиях испытания выходных валов колесных редукторов производились в два этапа. На первом этапе исследований дождевальной машины «Кубань-ЛК1» с шестью опорными тележками, крутящий момент в выходных валах колесных редукторов регистрировался при следующих режимах движения:

- движение вверх по склону с показателем подъема 0,07;
- движение вниз по склону, с уклоном 0,07;

Испытания проводились с водой и без в главной магистрали. Во всех режимах испытания проводились в 5-кратной повторности. В результате проведения, были получены осциллограммы крутящих моментов колесных мотор-редукторов. Анализ полученных данных, показал, что значение крутящего момента на каждом вале редуктора начинается $M_{кр} = 0$ по оси ординат при этом, знак крутящего момента изменяется на противоположный при изменении направления движения тележки. При технологических остановках, во время движения тележки (кроме последней) видно прекращение отметки оборотов с карданных валов. В таблице 1 приведены максимальные значения крутящих моментов при испытании шеститележечной дождевальная машины, а на рисунке 5 – график зависимости крутящих момент левого и правого выходных валов колесных редукторов по длине дождевальная машины при движении на склоне. При анализе полученных данных тарировка крутящего момента для записей составляла на 10 мм – 760 кг/см [10, 12].

Таблица 1

Показатели крутящего момента на выходных валах колесных редукторов

№ тележки	Рельеф участка	$M_{\text{макс.}}$	$M_{\text{макс.}}$ левый	$M_{\text{макс.}}$	$M_{\text{макс.}}$ левый
		правый		правый	
		Без воды		С водой	
2	Ровное поле	780	600	400	390
	Подъем	1150	670	540	430
	С канавами	1400	50		
	Спуск	940	430	560	520
5	Ровное поле	300	300	450	300
	С канавами	1700	780	930	780
	Подъем	1050	950	620	620
	Спуск	780	620	310	470
6	Ровное поле	800	780	320	520
	Подъем	1250	780	640	780
	Спуск	500	570	300	500

Согласно приведенным в таблице данным, максимальный крутящий момент зафиксирован при проходе тележки №5 через канаву, он составил 1700 кг/см.

Следует отметить, что при движении тележки с уклона иногда наблюдаются рывки тележки и одновременно с этим вибрация трубопровода. Крутящий момент при этом на выходных валах колесных мотор-редукторов не превышал $M_{\text{макс.}} = 150 \text{ кг/см}$.

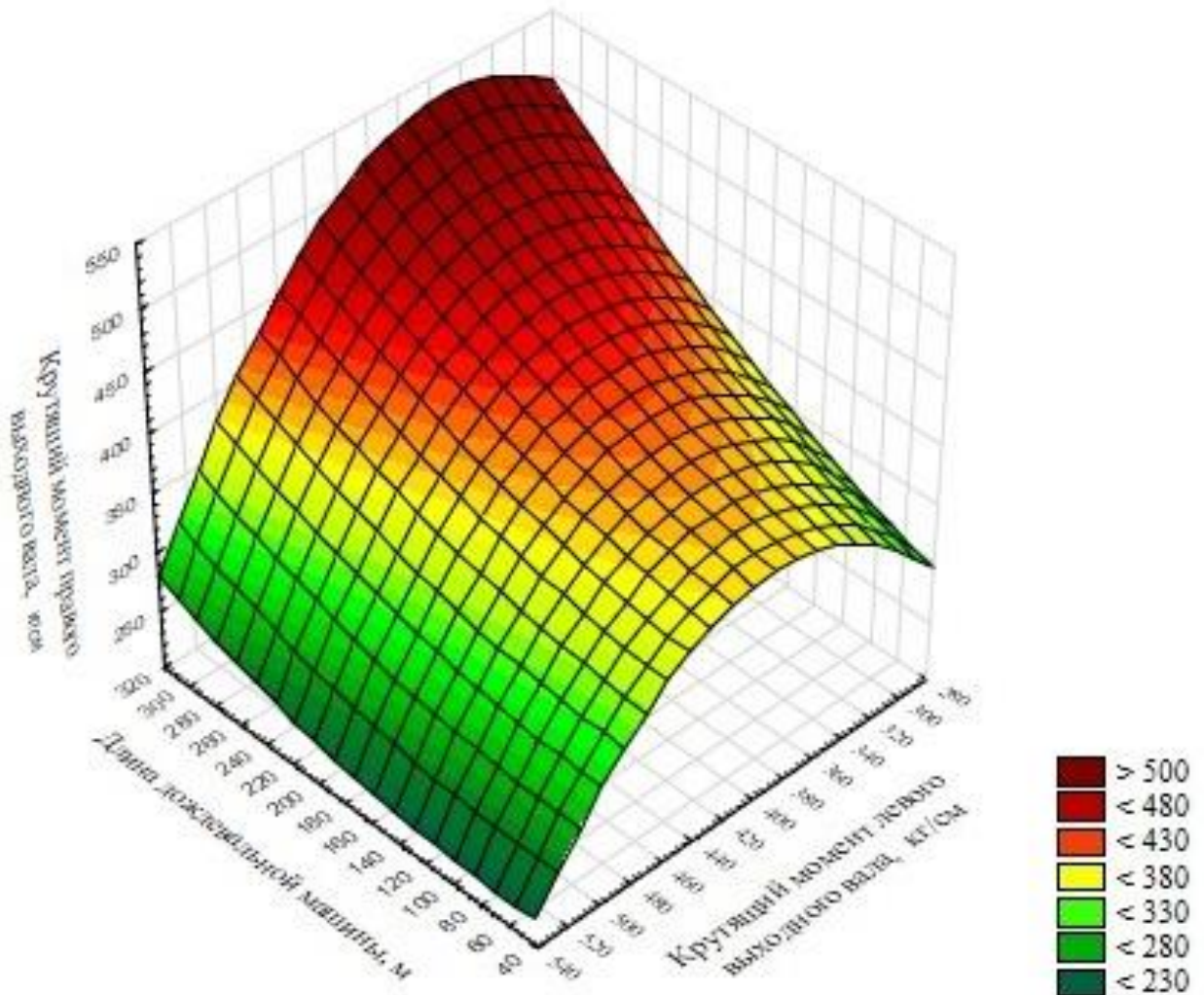


Рисунок 5 – График зависимости крутящих момент левого и правого выходных валов колесных редукторов по длине дождевальной машины при движении на склоне

Второй этап испытаний дождевальной машины «Кубань-ЛК1» проводился на ровном участке поля, тележки двигались по колее глубиной 30 см с незначительными подъемами и углублениями. В ходе исследований определялись крутящие моменты тележек №2, №8, №9 в режиме перегона с водой.

Тензометрирование производилось на работающей девятитележной дождевальная машине с учетом пусковых моментов и предварительно нагруженного состояния валов при пусках и остановках. В результате проведения испытаний получены осциллограммы, результаты обработки которых приведены в таблице 2. На рисунке 6 представлен график зависимости крутящих момент левого и правого выходных валов колесных редукторов по длине дождевальной машины при движении на ровном участке.

Таблица 2

Максимальные моменты для каждого выходного вала испытуемых тележек и суммарных максимальных моментов

№ тележки		$M_{\text{макс.}}$ правый	$M_{\text{макс.}}$ левый	$M_{\text{макс.}}$ левый	$M_{\text{макс.}}$ правый	$\sum M_{\text{макс.}}$ опорной тележки
2	вперед	1600	600	1400	800	1400+1000=2400
	назад	2000	900	1050	1050	2000+900=2900
8	вперед	850	50	650	150	600+500=1100
	назад	1000	300	650	400	1000+300=1300
8	повтор вперед	1100	300	800	400	1100+300=1400
	повтор назад	1000	200	800	400	1000+200=1200
9	вперед	950	720	900	800	950+720=1670
	назад	650	350	450	550	600+400=1000
9	повтор вперед	1000	800	950	800	1000+800=1800

В таблице приведены величины моментов, возникающих в правом и левом выходных валах колесных редукторов опорной тележки. Согласно данным таблицы, максимальный крутящий момент зафиксирован в правом вале тележки №2 и равен 2000 кг/см. В левом вале этой тележки $M_{\text{макс.}}=1400$ кг/см. Суммарный момент на опорной тележке при этих испытаниях не превышал 2900 кг/см. Из таблицы видно, что $M_{\text{макс.}}$ на валах тележки №8 и №9 не превышает 1000...1100 кг/см, а максимальный крутящий момент на выходном вале редуктора зафиксирован на тележке №8 – 1400 кг/см, на тележке №9 – 1800 кг/см.

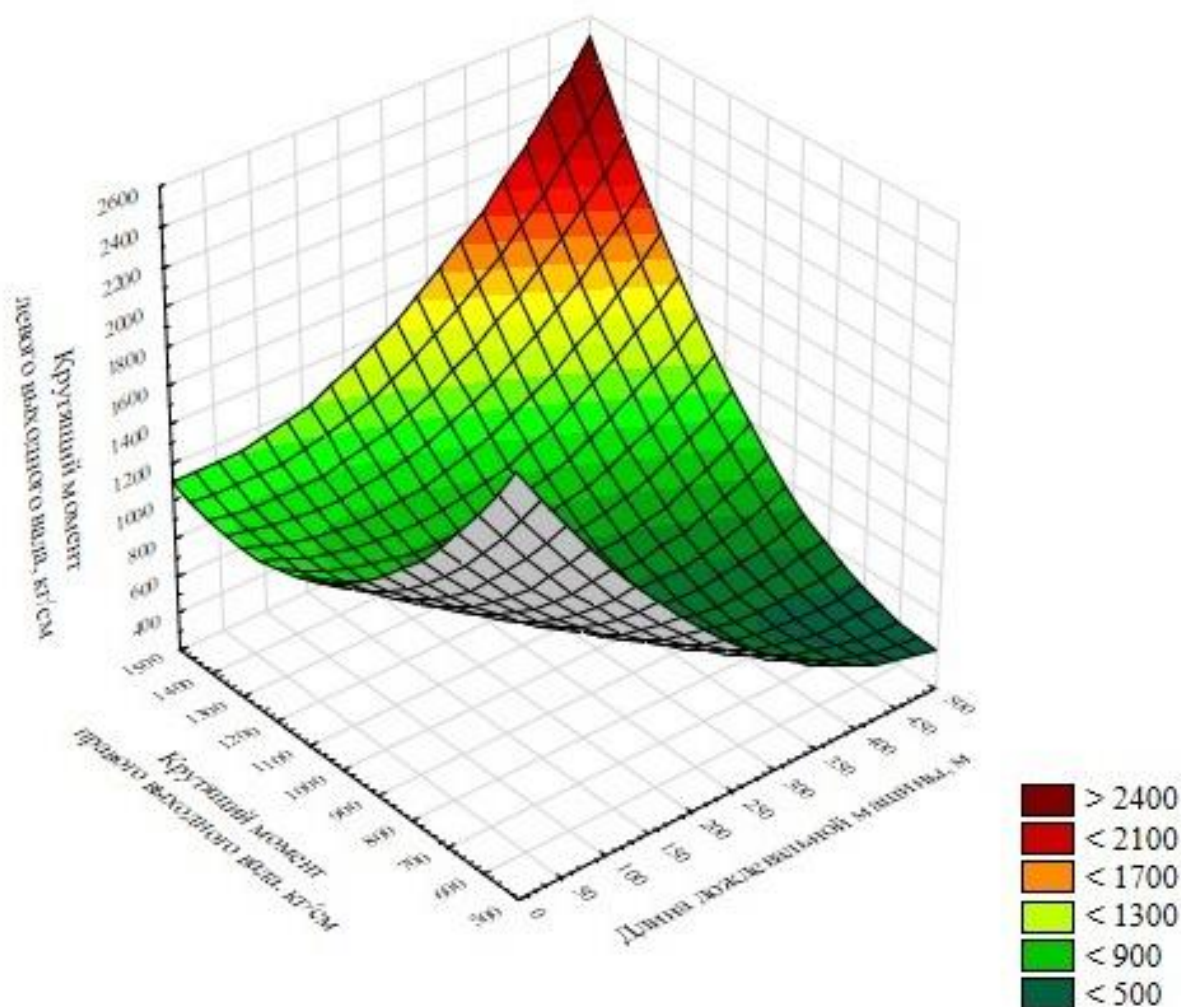


Рисунок 6 – График зависимости крутящих момент левого и правого выходных валов колесных редукторов по длине дождевальной машины при движении на ровном участке

Для установления законов формирования переменных нагрузок, действующих на выходные валы колесных редукторов дождевальной машины «Кубань-ЛК1» при ее движении с различными скоростями (в различных режимах) по неровностям поля, необходимо найти математическое описание связей между характеристиками переменных воздействий на колеса машины и характеристикой сил, возникающих при этом в выходных валах колесных редукторов. Основной характеристикой поверхности поля, является профиль колеи, по которой движется каждая тележка дождевальной машины. Процесс нагружения валов является случайным и при движении тележки по полю, запись функции «нагрузка-

время», на отрезке пути ограниченной протяженности может не повторяться. Однако каждая запись достаточной протяженности может быть оценена при помощи функции распределения.

Из анализа полученных по результатам статистической обработки данных следует, что выходной вал левого колеса испытывал несколько большие нагрузки по сравнению с валом правого колеса как на переднем, так и на заднем ходу. При этом на переднем ходу уровень нагрузок в среднем и по максимальным значениям оказался в 1,2...1,5 раза больше, чем на заднем. Величины крутящих моментов на каждом из валов не превышают 1000 кг/см, средние значения находятся в диапазоне 420...690 кг/см, а среднеквадратичные – 110...180 кг/см. При этом возможные значения крутящего момента группируются около средней величины $M_{ср.}$ в достаточно определенном и ограниченном диапазоне $M_{ср.} = \pm 200...300$ кг/см с примерно одинаковой вероятностью появления $P_j = 10...20\%$ в принятом интервале 100 кг/см. Отклонения в сторону больших значений моментов от верхней границы указанного интервала занимают по времени 1...5%.

Приведенный анализ касался уровней нагрузок для каждого из выходных валов колесных редукторов в отдельности. Анализ суммарного крутящего момента на опорной тележке в данной работе не проводился. Однако учитывая слабую корреляцию синхронных значений моментов на валах и с учетом приведенных результатов по каждому валу, можно полагать, что момент в основном измеряется в пределах 1000 ± 500 кг/см с равновероятными значениями в этом диапазоне, а превышение уровня 1500 кг/см имеет место в течении не более чем 5% общего времени работы, причем максимальные величины полного значения момента во всяком случае не превосходят 2000 кг/см.

Обсуждение. Проведенные в АО «Озеры» полевые испытания дождевальнoй машины «Кубань-ЛК1», оснащенной серийной схемой компоновки ходовой системы ДМ, позволили получить количественные

характеристики крутящих моментов, возникающих в выходных валах при различных режимах движения. Полученные экспериментальные данные подтверждают теоретические предпосылки о существенном повышении эффективности ходовой системы при отказе от заблокированной трансмиссии с червячными редукторами в пользу независимого привода каждого колеса.

Анализ теоретических данных показал, что внедрение волновых редукторов позволит обеспечить устойчивое движение машины как на ровных участках, так и на склонах с уклоном до 0,07, а также при преодолении неровностей (канав, колеи глубиной 30 см). Максимальные зафиксированные крутящие моменты на серийной схеме (1700...2000 кг/см) возникают в момент преодоления препятствий (тележка №5 при проходе через ров, тележка №2 при движении назад). Эти значения не превышают допустимых напряжений для выходных валов, что свидетельствует о запасе прочности, однако не гарантирует возможность к эксплуатации в сложных агротехнических условиях.

Особого внимания заслуживает тот факт, что при движении на спуск наблюдались кратковременные рывки и низкочастотная вибрация трубопровода, однако, эти явления не приводили к значительному росту крутящего момента (изменение составило лишь 100...150 кг/см). Это косвенно указывает на снижение паразитных нагрузок и циркуляции мощности, характерных для червячных редукторов с блокировкой.

Статистическая обработка данных (на примере тележки №9) показала, что распределение крутящих моментов подчиняется нормальному закону с коэффициентом вариации 0,2...0,4. Это свидетельствует о стабильности процесса нагружения и позволяет прогнозировать ресурс работы редукторов в широком диапазоне условий. Средние значения крутящего момента (420...690 кг/см) значительно ниже максимальных пиковых, что характерно для квазистатического режима нагружения. Лишь в единичных случаях (1...5% времени) наблюдаются знакопеременные напряжения, возникающие

при резонансных явлениях или проходе крупных неровностей, однако их амплитуда остается в допустимых пределах.

Сравнение полученных данных использования серийной схемы компоновки с теоретически ожидаемыми показателями использования схемы с независимым мотор-редукторами (повышение КПД в 2 раза, снижение энергозатрат) позволяет сделать вывод о практической реализуемости заявленных преимуществ. Тем не менее, в ходе испытаний выявлены зоны, требующие дополнительного изучения. В частности, не полностью раскрыт характер влияния вибраций магистрального трубопровода на долговременную стойкость передач при длительной эксплуатации. Также требует уточнения корреляция между суммарным моментом на опорной тележке и динамикой движения машины при одновременном преодолении несколькими тележками разнородных неровностей.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку методики расчета долговечности редукторов при переменных нагрузках, характерных для поливного периода, а также на оптимизацию алгоритмов управления независимыми электроприводами для минимизации динамических нагрузок в переходных режимах (пуск, реверс, движение по неровностям). Полученные результаты подтверждают целесообразность замены традиционных червячных колесных редукторов на независимые мотор-редуктора с энергоэффективной зубчатой передачей в составе ходовых систем широкозахватных дождевальных машин, что позволяет расширить функциональные возможности агрегата (мелкодисперсное орошение, полив малыми нормами) и снизить энергетические затраты на передвижение.

Выводы. Экспериментальное исследование крутящего момента выходных валах червячных редукторов дождевальной машины «Кубань-ЛК1», проведенное на склонах до 0,07 и при проходе через ров, показало допустимость возникающих при этом нагрузок с точки зрения прочности.

Анализ полученных данных о крутящем моменте на валах при испытаниях показал, что максимальный крутящий момент зафиксирован при

проходе тележки №5 через ров и равен 1700 кг/см. В этом же случае зафиксирован наибольший суммарный момент на опорной тележке $\Sigma_{Макс.}(M_{пр.} + M_{лев.}) = 2500$ кг/см.

Следует отметить, что при движении машины вниз по склону наблюдались кратковременные рывки опорных тележек и низкочастотная вибрация магистрального трубопровода машины. Этому явлению сопутствовало незначительное изменение крутящего момента в выходных валах (от 100 до 150 кг/см).

Результаты испытаний дождевальнoй машины показали, что изменение напряжений от крутящего момента в валах в основном имеют квазистатический характер, и лишь в отдельных случаях одновременно с этими напряжениями возникают знакопеременные напряжения от кручения с частотой вращения выходного вала, возникающий при этом крутящий момент изменяется в пределах ± 200 кг/см, что соответствует напряжениям $\tau = 90$ кг/см². Максимальное значение крутящего момента на одном вале не превышало 2000 кг/см. Указанный максимальный момент вызывает в выходном вале напряжение от кручения $\tau_{кр.}^{Макс.} = 90$ кг/см².

Эти напряжения не превышают допусковых $\tau_{кр.}^{доп.} = 1450$ кг/см².

Установлено, что при проведенных испытаниях момент на выходном вале редуктора на всех режимах не превосходил 2900 кг/см.

Проведена выборочная статистическая обработка данных результатов испытаний двух выходных валов червячных редукторов тележки №9, где средний крутящий момент на выходном вале редуктора составил 500...1000 кг/см. Установлен нормальный закон распределения величин крутящих моментов на выходном вале редуктора с коэффициентом вариации 0,2...0,4. Полученные результаты подтверждают целесообразность замены традиционных червячных колесных редукторов на независимые мотор-редуктора с энергоэффективной зубчатой передачей в составе ходовых систем

широкозахватных дождевальных машин, что позволяет расширить функциональные возможности агрегата.

Литература

1. ГОСТ 8224-1-2004. Машины дождевальные подвижные. Часть 1. Эксплуатационные характеристики и методы лабораторных и полевых испытаний. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200044530>.
2. Евсеев Е.Ю., Рязанцев А.И., Рембалович Г.К., Антипов А.О., Мурог И.А. Технические решения по повышению производительности многофункциональной машины кругового действия на склоновых участках // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т 15, № 2, С. 119-124 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.72.87.016> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54188403>.
3. Евсеев, Е. Ю. Повышение производительности многофункциональной машины кругового действия на склонах / Е. Ю. Евсеев, А. И. Рязанцев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 121-127. – DOI 10.36508/RSATU.2023.92.77.016. – EDN VPSSQO.
4. Евсеев, Е. Ю. Повышение эффективности применения многофункциональной машины на склоновых площадях / Е. Ю. Евсеев // Нива Поволжья. – 2023. – № 2(66). – DOI 10.36461/NP.2023.66.2.005. – EDN JDPPNM.
5. Журавлева, Л. А. Исследования параметров потока воды в трубопроводе широкозахватных дождевальных машин / Л. А. Журавлева, Б. Хеирбеик // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 1. – С. 136-143. – DOI 10.28983/asj.y2023i1pp136-143. – EDN UIPXRK.
6. Журавлева, Л. А. Моделирование движения воды во вращающихся дождевателях широкозахватных дождевальных машин / Л. А. Журавлева, И. А. Попков, М. С. Магомедов // Природообустройство. – 2022. – № 3. – С. 48-53. – DOI 10.26897/1997-6011-2022-3-48-53. – EDN JPZYCQ.

7. Иванов М.Н. Волновые зубчатые передачи. М.: Высшая школа, 1981. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001063959?ysclid=losuwzf4b7441652634>.
8. Машина дождевальная электрифицированная круговая «Кубань-ЛК1» / Технические условия ТУ 4734-350-00008064-2005 // ФГНУ ВНИИ «Радуга» - Коломна, 2005.
9. Моделирование нейроуправления скоростью дождевальных машин. Соловьев Д.А., Камышова Г.Н., Терехова Н.Н., Бакиров С.М. // Аграрный научный журнал.-2020.-N 7.-С. 81-84.-Рез. англ.-Библиогр.: с.84. Шифр ПЗ695 // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2021. – № 3. – С. 596. – EDN FCXFFY.
10. Оценка параметров ходовой системы "Кубань-ЛК1" при заравнивании колеи / А. И. Рязанцев, А. Н. Зазуля, Е. Ю. Евсеев [и др.] // Наука в центральной России. – 2023. – № 1(61). – С. 116-123. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-1-116-123. – EDN QERVKM.
11. Оценка энергетических показателей усовершенствованного привода многоопорных дождевальных машин, типа «Кубань-ЛК1» / А. И. Рязанцев, А. Н. Зазуля, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов // Наука в центральной России. – 2023. – № 6(66). – С. 62-70. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-6-62-70. – EDN WXSNDX.
12. Патент на полезную модель № 204128 U1 Российская Федерация, МПК А01G 25/09, В05В 1/30. Многоопорная дождевальная машина кругового действия : № 2020143686 : заявл. 28.12.2020 : опубл. 11.05.2021 / А. И. Рязанцев, Г. К. Рембалович, А. О. Антипов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN NOARXY.
13. Патент на полезную модель № 230829 U1 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Многоопорная дождевальная машина кругового действия : № 2024127534 : заявл. 18.09.2024 : опубл. 20.12.2024 / А. И. Рязанцев, С. С. Турапин, Е. Ю. Евсеев, С. О. Бережной ; заявитель Федеральное

государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга". – EDN FXEMLK.

14. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справ. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 264 с. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_008275977/?ysclid=losvbmr3tj149381548.

15. Рязанцев, А. И. Особенности выбора редукторов, для использования в приводах опорных тележек широкозахватной дождевальнoй машины "Кубань - ЛК1" / А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, Е. Ю. Евсеев // Высокопродуктивное и экологически чистое агрохозяйство на мелиорированных землях : Материалы международной научно-практической конференции, Тверь, 30 сентября 2019 года. – Тверь: Тверской государственный университет, 2019. – С. 279-284. – EDN ERZGHF.

16. Рязанцев, А.И. Механизация полива широкозахватными дождевальными машинами кругового действия в сложных условиях [Текст] / А.И. Рязанцев. – Рязань: Рязаньагроинформ, 1991. – 131 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001598513?ysclid=losvjpkz1z878448393>.

17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023683213 Российская Федерация. Определение производительности дождевальных машин и установок : заявл. 16.08.2023 : опубл. 03.11.2023 / А. О. Антипов, А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области "Государственный социально-гуманитарный университет". – EDN WMWNAУ.

18. СТО АИСТ 11.1 – 2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей / ФГБНУ «Росинформагротех». – М., 2012. – 54 с.

19. Технические условия ТУ 4734-350-00008064-2005 / Машина дождевальная электрифицированная круговая «Кубань-ЛК1» // ФГНУ ВНИИ «Радуга» - Коломна, 2005.

20. Технологические особенности полива и показатели оценки эффективности ходовой системы дождевальной машины "Кубань-ЛК1" / А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, А. И. Смирнов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 4(44). – С. 110-113. – DOI 10.36508/RSATU.2019.10.48.019. – EDN ATAGWG.

References

1. GOST 8224-1-2004. Sprinklers are mobile. Part 1. Operational characteristics and methods of laboratory and field testing. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200044530>

2. Evseev E.Yu., Ryazantsev A.I., Rembalovich G.K., Antipov A.O., Murog I.A. Technical solutions to increase the productivity of a multifunctional circular machine on sloping areas // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. T 15, No. 2, pp. 119-124 [https://doi.org / 10.36508/ RSATU.2023.72.87.016](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.72.87.016) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54188403> .

3. Evseev, E. Y. Improving the productivity of a multifunctional circular machine on slopes / E. Y. Evseev, A. I. Ryazantsev // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. – 2023. – Vol. 15, No. 4. – pp. 121-127. – DOI 10.36508/RSATU.2023.92.77.016. – EDN VPSSQO.

4. Evseev, E. Y. Improving the efficiency of using a multifunctional machine on sloping areas / E. Y. Evseev // Field of the Volga region. – 2023. – № 2(66). – DOI 10.36461/NP.2023.66.2.005. – EDN JDPPNM.

5. Zhuravleva, L. A. Studies of water flow parameters in the pipeline of wide-reach sprinkler machines / L. A. Zhuravleva, B. Heirbeik // Agrarian Scientific Journal. – 2023. – No. 1. – pp. 136-143. – DOI 10.28983/asj.y2023i1pp136-143. – EDN UIPXRK.

6. Zhuravleva, L. A. Modeling of water movement in rotating sprinklers of wide-scope sprinklers / L. A. Zhuravleva, I. A. Popkov, M. S. Magomedov // Environmental management. – 2022. – No. 3. – pp. 48-53. - DOI 10.26897/1997-6011-2022-3-48-53. – EDN JPZYCQ.
7. Ivanov M.N. Wave gears. Moscow: Higher School, 1981. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001063959?ysclid=losuwzf4b7441652634>.
8. Electrified circular sprinkler machine "Kuban-LK1" / Technical specifications TU 4734-350-00008064-2005 // FGNU VNII "Raduga" - Kolomna, 2005.
9. Simulation of neurocontrol of sprinkler speed. Soloviev D.A., Kamyshova G.N., Terekhova N.N., Bakirov S.M. // Agrarian Scientific journal.-2020.-N 7.-pp. 81-84.-Res. English-Bibliogr.: p.84. Cipher P3695 // Engineering and technical support of the agro-industrial complex. Abstract journal. – 2021. – No. 3. – p. 596. – EDN FCXFFY.
10. Riazantsev A. I., Zazulya A. N., Evseev E. Yu. Evaluation of the parameters of the Kuban-LK1 running system when leveling the track [et al.] // Science in Central Russia. – 2023. – № 1(61). – Pp. 116-123. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-1-116-123. – EDN QERBKM.
11. Assessment of the energy performance of the improved drive of multi-support sprinkler machines, such as "Kuban-LK1" / A. I. Ryazantsev, A. N. Zazulya, E. Yu. Evseev, A. O. Antipov // Science in central Russia. – 2023. – № 6(66). – Pp. 62-70. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-6-62-70. – EDN WXSNDX.
12. Utility Model Patent No. 204128 U1 Russian Federation, IPC A01G 25/09, B05B 1/30. Circular multi-support sprinkler machine : No. 2020143686 : application no. 12/28/2020 : published 05/11/2021 / A. I. Ryazantsev, G. K. Rembalovich, A. O. Antipov [et al.] ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev". – EDN NOARXY.
13. Utility Model Patent No. 230829 U1 Russian Federation, IPC A01G 25/09. Multi-support circular sprinkler machine : No. 2024127534 : application 18.09.2024 : published 20.12.2024 / A. I. Ryazantsev, S. S. Turapin, E. Yu.

Evseev, S. O. Berezhnoy ; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply "Raduga". – EDN FXEMLK.

14. Resource-saving energy-efficient environmentally safe technologies and irrigation equipment: reference. - M.: FSBI "Rosinformagrotech", 2015. – 264 p. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_008275977/?ysclid=losvbm3tj149381548.

15. Ryazantsev, A. I. Features of the choice of gearboxes for use in the drives of the support trolleys of the Kuban - LK1 wide-reach sprinkler machine / A. I. Ryazantsev, A. O. Antipov, E. Yu. Evseev // Highly productive and environmentally friendly agriculture on reclaimed lands : Proceedings of the international scientific and practical conference, Tver, September 30, 2019. Tver: Tver State University, 2019. pp. 279-284. EDN ERZGHF.

16. Ryazantsev, A.I. Mechanization of irrigation by wide-range circular sprinkler machines in difficult conditions [Text] / A.I. Ryazantsev. – Ryazan: Ryazanagroinform, 1991. – 131 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001598513?ysclid=losvjpkz1z878448393>.

17. Certificate of state registration of the computer program No. 2023683213 Russian Federation. Determination of the productivity of sprinkler machines and installations : application 08/16/2023 : published 11/03/2023 / A. O. Antipov, A. I. Ryazantsev, E. Yu. Evseev [et al.] ; applicant State Educational Institution of Higher Education of the Moscow region "State Socio-Humanitarian University". – EDN WMWNAY.

18. HUNDRED STORK 11.1 – 2010. Testing of agricultural machinery. Sprinkler machines and installations. Methods for assessing functional indicators / FSBI "Rosinformagrotech", Moscow, 2012– 54 p.

19. Technical specifications TU 4734-350-00008064-2005 / Electrified circular sprinkler machine "Kuban-LK1" // Federal State Scientific Research Institute "Raduga" - Kolomna, 2005.

20. Technological features of irrigation and indicators for evaluating the effectiveness of the running system of the Kuban-LK1 sprinkler machine / A. I. Ryazantsev, A. O. Antipov, A. I. Smirnov [et al.] // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. – 2019. – № 4(44). – Pp. 110-113. – DOI 10.36508/RSATU.2019.10.48.019. – EDN ATAGWG.

© *Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Антипов А.О., Малько И.В., 2026. International agricultural journal, 2026, № 3, 184-208.*

Научная статья

Original article

УДК 349.42:004.9

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_3_31

edn: ELOLBT

**ФГИС «ЗЕРНО» КАК ПРАВОВОЙ ИНСТИТУТ: МЕЖДУ
ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТЬЮ И КВАЗИЛИЦЕНЗИРОВАНИЕМ
ОБОРОТА**

**FGIS «GRAIN» AS A LEGAL INSTITUTION: BETWEEN
TRACEABILITY AND QUASI-LICENSING OF TURNOVER**



Коротченко Пётр Вадимович, депутат Думы Ставропольского края, председатель Союза работодателей АПК Ставропольского края, сопредседатель Ставропольского регионального отделения «Деловой России», председатель Совета директоров ООО СХП «Добровольное», почтовый адрес: 356838, Ставропольский край, Буденновский район, с. Архиповское, ул. Советская, зд. 155, e-mail: kp2020@mail.ru

Майборода Виктор Александрович, профессор кафедры гражданского и трудового права юридического факультета Северо-Западного института управления РАНХиГС, доктор юридических наук, доцент, почтовый адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, Средний пр. В.О., д. 57/43, AuthorID (РИНЦ): 373798; ORCID: 0000-0002-3439-1244; ScopusID: 57205199861, ResearcherID (Web of Science): AIA-5372-2022, e-mail: victormaiboroda@yandex.ru

Petr V. Korotchenko, Deputy of the Duma of the Stavropol Territory, Chairman of the Union of Agricultural Employers of the Stavropol Territory, co-chairman of the Stavropol regional branch of Delovaya Rossiya, Chairman of the Board of

Directors of LLC SHP Dobrovolnoye, postal address: 356838, Stavropol Territory, Budennovsky district, village. Arkhipovskoye, Sovetskaya str., 155, e-mail: kpv2020@mail.ru

Viktor A. Mayboroda, Professor of the Department of Civil and Labor Law, Faculty of Law, Northwestern Institute of Management, RANEPА, Doctor of Law, Associate Professor, postal address: 199178, St. Petersburg, Sredny Prospekt V.O., 57/43, AuthorID (RSCI): 373798; ORCID: 0000-0002-3439-1244; ScopusID: 57205199861, ResearcherID (Web of Science): AIA-5372-2022, e-mail: victormaiboroda@yandex.ru

Аннотация. Введение. Федеральная государственная информационная система прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна (ФГИС «Зерно»), закреплённая статьями 17.1–18.2 Закона Российской Федерации от 14 мая 1993 г. № 4973-І «О зерне», позиционируется законодателем как инструмент информационно-аналитического учёта объёмов зернового оборота. Однако фактическое правовое действие данного института выходит за рамки учётной функции и порождает систему рисков для производителей сельскохозяйственной продукции. Настоящая статья посвящена критическому анализу юридической конструкции этого института.

Материалы и методы. Исследование построено на догматическом анализе действующей редакции Закона о зерне (с изменениями, внесёнными Федеральным законом от 31 июля 2025 г. № 304-ФЗ, по состоянию на 1 марта 2026 г.), а также на анализе практики правоприменения, включая официальный ответ Департамента цифровизации и технологического развития Минсельхоза России от 28.05.2026 г. Применены формально-юридический, системно-структурный и телеологический методы толкования, а также элементы экономического анализа права.

Результаты. Установлено структурное противоречие между декларируемой информационно-учётной функцией ФГИС «Зерно» и фактической ролью системы как инструмента допуска к хозяйственному обороту. Выявлено, что совмещение в одном нормативном акте

информационно-мониторингового и оборотно-разрешительного контуров приводит к тому, что любой технический или кадровый сбой в оформлении цифрового документа формально ставит качественную продукцию в положение товара, подлежащего изъятию. Показано, что данная конструкция непропорционально обременяет мелких сельскохозяйственных товаропроизводителей, усиливая их зависимость от крупных посредников, и порождает «дисконт цифрового риска» в ценообразовании на зерно.

Обсуждение. Предложена концепция четырёх законодательных поправок, направленных на разграничение правовых последствий нарушения информационной обязанности и нарушения требований качества и безопасности. Обосновано, что предложенные изменения не ослабляют систему прослеживаемости, а повышают её устойчивость, устраняя внутреннее противоречие между декларацией поддержки товаропроизводителей и механизмом принудительного изъятия имущества за несвоевременное оформление электронного документа.

Abstract. Introduction. The Federal State Information System for Traceability of Grain and Grain Processing Products (FSIS "Zerno"), enshrined in Articles 17.1–18.2 of the Law of the Russian Federation of May 14, 1993 No. 4973-I "On Grain," is positioned by the legislator as an information and analytical tool for recording grain turnover volumes. However, the actual legal effect of this institution extends beyond its accounting function and generates a system of risks for agricultural producers. This article is devoted to a critical analysis of the legal design of this institution.

Materials and methods. The study is based on a doctrinal analysis of the current version of the Grain Law (as amended by Federal Law No. 304-FZ of July 31, 2025, as of March 1, 2026), as well as on an analysis of law enforcement practice, including the official response of the Department of Digitalization and Technological Development of the Ministry of Agriculture of Russia dated May 28, 2026. Formal-legal, systemic-structural, and teleological methods of interpretation were applied, along with elements of the economic analysis of law.

Results. A structural contradiction was identified between the declared information and accounting function of FSIS "Zerno" and its actual role as a market access instrument. It was found that combining information-monitoring and turnover-authorization circuits within a single normative act leads to a situation where any technical or personnel failure in digital document processing formally places quality products in the position of goods subject to seizure. It is shown that this design disproportionately burdens small agricultural producers, reinforcing their dependence on large intermediaries, and generates a "digital risk discount" in grain pricing.

Discussion. A concept of four legislative amendments is proposed, aimed at separating the legal consequences of violating information obligations from those of violating quality and safety requirements. It is argued that the proposed changes do not weaken the traceability system but enhance its resilience by eliminating the internal contradiction between the declared support for producers and the mechanism of compulsory seizure of property for late filing of an electronic document.

Ключевые слова: ФГИС «Зерно», закон о зерне, аграрное право, цифровизация, юридическая техника, прослеживаемость, квазилицензирование, оборот зерна, пропорциональность регулирования

Keywords: FSIS «Zerno», grain law, agricultural law, digitalization, legal technique, traceability, quasi-licensing, grain turnover, proportionality of regulation

Введение

Всякий правовой институт может быть оценён по соответствию его реальных последствий тем целям, которые закреплены в формулирующей его норме (Хабриева, 2013: 556). Когда между целью и последствиями образуется зазор, правоведам надлежит установить, является ли он результатом неточной законодательной техники, осознанного политического выбора или неизбежного побочного эффекта самой регуляторной модели.

В случае ФГИС «Зерно» мы имеем дело, как будет показано ниже, с сочетанием всех трёх обстоятельств, причём их переплетение порождает систему правовых рисков, непропорционально возлагаемых на производителя зерна – то есть на то самое лицо, которое, согласно статье 1 Закона о зерне, государство обязалось поддерживать посредством целенаправленной льготной инвестиционной, ценовой, кредитной и налоговой политики.

Настоящая статья посвящена критическому анализу правового института Федеральной государственной информационной системы прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна, закреплённого статьями 17.1–18.2 Закона Российской Федерации от 14 мая 1993 г. № 4973-1 «О зерне» (далее – Закон о зерне). Исследуется законодательная техника формирования данного института, его влияние на экономический оборот зерна как сырьевого продукта, предназначенного для последующей переработки, выявляются структурные противоречия между декларируемой информационно-учётной функцией системы и фактической ролью инструмента допуска к обороту. Предлагается концепция законодательных поправок, направленных на обеспечение соразмерности регулирования и защиту добросовестного оборота.

Далее в тексте используются следующие аббревиатуры: ФГИС – Федеральная государственная информационная система; КоАП РФ – Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях; ТСДЗ – товаросопроводительный документ на партию зерна.

Материалы и методы

Исследование выполнено на основе анализа нормативных правовых актов, научной литературы и правоприменительной практики. Основным объектом анализа выступает Закон Российской Федерации от 14 мая 1993 г. № 4973-1 «О зерне» в редакции с изменениями, внесёнными Федеральным законом от 31 июля 2025 г. № 304-ФЗ (по состоянию на 1 марта 2026 г.).

В ходе исследования применены следующие методы. Формально-юридический метод использован для анализа содержания и структуры статей 17.1, 18.1 и 18.2 Закона о зерне, а также для выявления грамматических и логических значений нормативных формулировок. Системно-структурный метод позволил установить взаимосвязь между различными нормами Закона о зерне (в частности, между информационно-учётными положениями и нормами об изъятии продукции), а также обнаружить внутренние противоречия между целями, провозглашёнными в статье 1, и последствиями, вытекающими из статей 18.1–18.2. Телеологический метод толкования применён для оценки соответствия фактических правовых последствий функционирования ФГИС «Зерно» тем целям, которые декларированы законодателем при её создании.

В качестве эмпирического материала использован официальный ответ Департамента цифровизации и технологического развития Минсельхоза России от 28.05.2026 г. № 7-К-3393/ог-3549 на обращение Председателя Регионального Союза работодателей «Агропромышленное объединение Ставропольского края», который позволил проанализировать логику правоприменительной интерпретации рассматриваемых норм.

Для оценки экономических последствий правовой конструкции ФГИС «Зерно» привлечены элементы экономического анализа права с опорой на теорию регулирования (Stigler, 1971: 3; Peltzman, 1976: 211) и теорию институциональных изменений (Тамбовцев, 2021: 142; Шаститко, 2022: 245).

Результаты

1. Противоречие между декларируемой функцией и фактическим эффектом ФГИС «Зерно».

Часть 1 статьи 17.1 Закона о зерне определяет, что система создаётся «в целях обеспечения учёта объёма партии зерна и объёма партии продуктов переработки зерна при их обращении, а также в целях осуществления анализа, обработки представленных сведений и информации и контроля за их достоверностью». Формулировка указывает на три функции: учёт объёмов,

аналитическую обработку данных и контроль достоверности. Все три функции по своей юридической природе являются информационно-аналитическими; ни одна из них грамматически и логически не подразумевает функции разрешительной, то есть не предполагает, что сама система или факт наличия в ней записи становится условием допуска товара к хозяйственному обороту.

Между тем именно такой эффект производит сочетание статей 18.1 и 18.2 Закона о зерне. Статья 18.1 устанавливает, что товаропроизводитель при формировании каждой партии зерна «самостоятельно на безвозмездной основе оформляет товаросопроводительный документ» в ФГИС, а часть третья той же статьи предусматривает, что приёмка, отгрузка, перевозка и реализация партии «осуществляются при наличии товаросопроводительного документа». Статья 18.2, в свою очередь, устанавливает, что партия зерна, на которую «отсутствуют товаросопроводительные документы, в том числе товаросопроводительный документ на партию зерна», подлежит изъятию, экспертизе, возврату или утилизации. Так информационная система, декларативно созданная для учёта, становится инфраструктурой допуска, а отсутствие записи – основанием для изъятия товара, вне всякой связи с его фактическим качеством и безопасностью.

2. Два регуляторных контура в одном нормативном акте.

Этот эффект не является случайностью плохо согласованных норм: он есть закономерный результат законодательной техники, при которой в одном нормативном акте совмещаются два различных по природе регуляторных контура. Первый контур – информационно-мониторинговый: он требует внесения сведений, обеспечивает их хранение и обработку; нарушение здесь по логике должно влечь административный штраф за несвоевременное или неполное представление данных. Вторым контуром – оборотно-разрешительным: он обуславливает правомерность перемещения товара наличием определённого документа; нарушение здесь влечёт физическое изъятие товара из оборота. Когда оба контура замыкаются на одном и том же

документе (товаросопроводительном документе, оформляемом в ФГИС), любой сбой в информационной плоскости автоматически транслируется в плоскость товарную. Технический отказ системы, ошибка оператора, задержка с подписанием электронной подписью – всё это формально ставит партию зерна в положение «товара без документа», а значит – товара, подлежащего изъятию по статье 18.2 Закона о зерне.

3. Специфика зерна как объекта прослеживаемости

Зерно обладает свойствами, принципиально отличающими его от штучных промышленных товаров (Свирейко, 2021: 54), для которых система маркировки и прослеживаемости конструировалась изначально (лекарства, табачная продукция, молочная продукция в упаковке) (Белов, 2019: 91). Зерно – это насыпной товар, в котором операции смешивания, разделения, подработки, сушки, перемещения из силоса в силос являются не исключением, а нормой технологического процесса. Партия зерна в юридическом смысле (совокупность, на которую оформлен единый товаросопроводительный документ) и партия в технологическом смысле (масса, физически находящаяся в определённом хранилище) – величины, систематически не совпадающие (Анисимов, Рыженков, 2023: 184). При приёмке на элеватор зерно различных поставщиков смешивается по признаку класса и культуры; при отгрузке формируется новая партия, которая может включать зерно десятков первоначальных партий (Гражданское право, 2024: 312). Каждая такая операция требует оформления нового товаросопроводительного документа в ФГИС, что порождает нарастающий каскад учётных операций, причём ошибка на любом этапе каскада способна формально «заблокировать» оборот реальной физической массы.

Для зерна, судьба которого предполагается в последующей переработке (мукомольной, крупяной, комбикормовой и иной), эта проблема усугубляется многократно: переработчик принимает сырьё, трансформирует его и выпускает продукт переработки, на который также требуется товаросопроводительный документ. Цепочка «производитель – элеватор –

трейдер – переработчик – оптовый покупатель» генерирует минимум четыре-пять документарных событий в ФГИС на каждую первоначальную тонну зерна. Если хотя бы одно из этих событий задерживается или содержит ошибку, вся последующая цепочка оказывается под угрозой правовой квалификации как оборот «при отсутствии товаросопроводительного документа». Таким образом, цифровая дисциплина начинает конкурировать с производственной и логистической дисциплиной за ресурсы предприятия, причём издержки этой конкуренции неизбежно включаются в себестоимость конечного продукта.

4. Конституционно-правовая оценка соразмерности.

Конституционный Суд Российской Федерации неоднократно указывал, что ограничения прав граждан и юридических лиц должны быть соразмерны конституционно значимым целям и не должны приводить к утрате самого существа права (постановления от 13.06.1996 № 14-П, от 30.10.2003 № 15-П и др.) (Бондарь, 2021: 268). Право на свободное использование имущества для предпринимательской деятельности (ч. 1 ст. 34 Конституции Российской Федерации) и право собственности (ст. 35) допускают ограничение лишь при условии, что такое ограничение необходимо для защиты прав других лиц, обеспечения обороны и безопасности государства, здоровья населения (Гаджиев, 2021: 89).

Защита здоровья населения обеспечивается требованиями к качеству и безопасности зерна, контроль за соблюдением которых составляет предмет главы VII Закона о зерне (статья 22). Однако изъятие партии зерна исключительно по основанию отсутствия товаросопроводительного документа (без установления нарушения требований качества и безопасности) уже не может быть оправдано целью защиты здоровья – оно оправдывается лишь целью обеспечения эффективности учёта. Между тем изъятие имущества – мера принуждения, сопоставимая по тяжести с конфискацией; если она применяется ради обеспечения эффективности

информационной системы, а не ради предотвращения вреда здоровью, её соразмерность вызывает серьёзные конституционно-правовые сомнения.

5. Правоприменительная интерпретация: ответ Минсельхоза России.

Характерным примером того, как публичная администрация воспринимает и транслирует описанную регуляторную конструкцию, служит ответ Департамента цифровизации и технологического развития Минсельхоза России на обращение Председателя Регионального Союза работодателей «Агропромышленное объединение Ставропольского края», датированный 28.05.2026 г. № 7-К-3393/ог-3549. Заявитель предложил законодательно закрепить запрет на ограничение реализации сельскохозяйственной продукции, отвечающей всем нормам качества и безопасности, даже если процесс её производства не был отражён в ФГИС. Департамент, процитировав ч. 1 ст. 17.1 (цели системы – учёт и контроль достоверности), ч. 11 той же статьи (источники информации) и ч. 1 ст. 18.1 (обязанность оформлять товаросопроводительный документ), заключил, что «предложенный запрет не соответствует целям вышеупомянутого законодательного регулирования».

Между цитированием норм и выводом отсутствует какое-либо объяснение того, каким именно образом запрет на ограничение реализации качественной продукции противоречит цели учёта объёмов. Если цель системы – учёт, то запрет на ограничение реализации качественного товара ничуть не препятствует этому учёту: продукция может быть реализована и при этом учтена. Утверждение Департамента, по существу, подменяет тезис: из того, что информация должна вноситься в систему, делается вывод, что невнесение информации должно блокировать оборот. Между тем это два разных нормативных суждения, и второе не следует из первого с логической необходимостью. Обязанность информировать и право оборота – институты различной природы; их связывание в режиме «нет информации – нет оборота» есть не единственно возможная, а лишь одна из моделей регулирования, причём модель наиболее жёсткая.

Более того, Департамент намеренно или по недосмотру не упоминает ч. 4 ст. 17.1 Закона о зерне, которая прямо исключает из обязательного внесения в ФГИС информацию о продуктах переработки зерна, предназначенных для розничной торговли и конечного потребления. Если бы логика «нет записи в ФГИС – нет допуска к обороту» была абсолютной и безусловной, законодатель не мог бы допустить такого исключения: ведь оно создавало бы «пробел прослеживаемости». Однако исключение существует, и оно свидетельствует о том, что сам законодатель разграничивает сферы, где прослеживаемость необходима, и сферы, где издержки прослеживаемости превышают её выгоды. Тем более основательно разграничение между формальным отсутствием записи и фактическим нарушением качества: первое есть вопрос информационной дисциплины, второе – вопрос безопасности.

6. Экономические последствия действующей модели.

Экономическая теория регулирования (Stigler, 1971: 3; Peltzman, 1976: 211) давно установила, что любое обременение оборота перераспределяет ренту в пользу тех участников рынка, которые могут нести издержки комплаенса при наименьшем относительном обременении, – то есть в пользу крупных игроков (Шаститко, 2022: 245). Мелкий сельскохозяйственный товаропроизводитель, не имеющий штатного ИТ-специалиста и квалифицированной электронной подписи корпоративного уровня, несёт относительно бóльшие издержки на оформление каждого товаросопроводительного документа, чем агрохолдинг с интегрированной ERP-системой. Результат – усиление зависимости мелких производителей от трейдеров и элеваторов, которые берут на себя функции «цифрового посредника» и, соответственно, присваивают часть маржи за услугу обеспечения комплаенса. Этот эффект прямо противоречит декларации статьи 1 Закона о зерне о поддержке сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Для переработчика зерна ситуация иная, но не менее проблемная. Переработчик заинтересован в бесперебойном поступлении сырья; если каждая входящая партия сопряжена с риском задержки из-за «цифрового дефекта» у поставщика, рациональный переработчик закладывает этот риск либо в дисконт к закупочной цене, либо в требование работать только с «проверенными» поставщиками, способными обеспечить безупречный документооборот. Возникает феномен, который можно назвать «дисконтом цифрового риска»: зерно, объективно качественное, но принадлежащее поставщику с нестабильной цифровой дисциплиной, торгуется дешевле, чем идентичное зерно от поставщика с безупречным ФГИС-комплаенсом. Цена в данном случае отражает не потребительские свойства товара, а транзакционные издержки доступа к нему – что является признаком институциональной неэффективности (Тамбовцев, 2021: 142).

Обсуждение

Признание за ФГИС «Зерно» полезной информационно-аналитической роли не означает признания безальтернативности её нынешней конструкции как механизма допуска к обороту. Между моделью «прослеживаемость как условие легальности оборота» и моделью «прослеживаемость как обязанность, нарушение которой влечёт штраф, но не остановку оборота качественной продукции» существует принципиальное различие, и выбор второй модели ничуть не уменьшает объём данных, поступающих в систему, – он лишь меняет последствия задержки их поступления.

Исходя из изложенного, предлагаются следующие законодательные изменения.

Первое. Дополнить статью 18.2 Закона о зерне частью восьмой следующего содержания: «Положения части первой настоящей статьи в части оснований, связанных с отсутствием товаросопроводительного документа на партию зерна или партию продуктов переработки зерна, не применяются в отношении партий зерна и партий продуктов переработки зерна, соответствие которых обязательным требованиям качества и

безопасности подтверждено в установленном порядке. В отношении таких партий неоформление или несвоевременное оформление товаросопроводительного документа влечёт ответственность, предусмотренную законодательством Российской Федерации об административных правонарушениях, без ограничения их реализации». Данная поправка разрывает автоматическую связь между отсутствием цифрового документа и изъятием товара, сохраняя при этом административную ответственность за нарушение информационной обязанности. Тем самым обеспечивается дифференциация последствий: партия, опасная для здоровья, по-прежнему подлежит изъятию; партия качественная, но «диджитал-дефектная», остаётся в обороте, а нарушитель несёт штрафные санкции.

Второе. Дополнить статью 18.1 Закона о зерне частью четвёртой следующего содержания: «В случае технической невозможности оформления товаросопроводительного документа в Федеральной государственной информационной системе прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна вследствие сбоя в её работе, подтверждённого оператором системы, приёмка, отгрузка, перевозка и реализация партии зерна и партии продуктов переработки зерна осуществляются на основании товаросопроводительного документа, оформленного на бумажном носителе в порядке, установленном Правительством Российской Федерации, с последующим внесением сведений в систему в течение трёх рабочих дней с момента восстановления её работоспособности». Данная норма вводит режим отказоустойчивости: хозяйственная деятельность не прекращается из-за технического сбоя государственной инфраструктуры, при этом полнота данных в системе обеспечивается постфактум в разумный срок.

Третье. Изложить часть первую статьи 18.2 Закона о зерне в следующей редакции: «Партия зерна, которая не соответствует требованиям международных договоров Российской Федерации, иных актов, составляющих право Евразийского экономического союза, и

законодательства Российской Федерации в части качества и безопасности зерна и (или) в отношении которой установлен факт фальсификации, подлежит изъятию, экспертизе, возврату или утилизации по решению уполномоченного Правительством Российской Федерации федерального органа исполнительной власти в порядке, установленном Правительством Российской Федерации». Суть изменения – исключение из данной части слов «и (или) на которую отсутствуют товаросопроводительные документы, в том числе товаросопроводительный документ на партию зерна» в качестве самостоятельного основания для изъятия. Отсутствие документа как нарушение информационной обязанности перемещается в сферу административной ответственности (статья 18.3 Закона о зерне во взаимосвязи с КоАП РФ), а не в сферу принудительного изъятия имущества.

Четвёртое. Дополнить статью 17.1 Закона о зерне частью семнадцатой следующего содержания: «Несвоевременное внесение или неполнота сведений, внесённых в Федеральную государственную информационную систему прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна, не являются основанием для ограничения прав товаропроизводителей на реализацию партий зерна и партий продуктов переработки зерна, соответствующих обязательным требованиям качества и безопасности». Эта норма выполняет функцию правовой «безопасной гавани»: она прямо закрепляет на уровне закона принцип, согласно которому информационная обязанность не трансформируется в лишение права на экономическую деятельность.

Совокупность четырёх предложенных поправок не демонтирует систему прослеживаемости и не ослабляет государственный контроль. Она производит иной, структурно более тонкий эффект: разделяет два потока правовых последствий, которые в действующей редакции неоправданно слиты. Поток, связанный с качеством и безопасностью, сохраняет жёсткие меры пресечения (изъятие, экспертиза, утилизация). Поток, связанный с информационной дисциплиной, получает собственные, соразмерные

последствия (штраф, обязанность внести данные, предупреждение). Такое разделение соответствует общему принципу пропорциональности публичного вмешательства, признанному как конституционной доктриной Российской Федерации, так и международной практикой регулирования цифровых инфраструктур.

Кроме того, предлагаемые изменения устраняют логическое противоречие, заложенное в самой архитектуре Закона о зерне: статья 1, провозглашая поддержку товаропроизводителей, задаёт вектор облегчения их хозяйственной деятельности, тогда как статьи 18.1–18.2 в действующей редакции этот вектор разворачивают, превращая цифровую инфраструктуру государства в источник экономического риска для тех самых лиц, ради которых она номинально создавалась. Закон, который в одной норме обещает поддержку, а в другой – изымает имущество за несвоевременно оформленный электронный документ, страдает внутренней непоследовательностью, которую способна устранить лишь законодательная интервенция, а не подзаконное «разъяснение».

ФГИС «Зерно» как идея безусловно ценна: прозрачный рынок зерна – в интересах и государства, и добросовестного бизнеса. Однако ценность идеи не освобождает от необходимости критически оценивать её юридическое воплощение. Действующая конструкция статей 17.1–18.2 Закона о зерне создаёт режим, в котором информационная система из инструмента учёта превращается в шлагбаум оборота, а документ в ней – из средства фиксации данных – в квазилицензию на хозяйственную деятельность. Такое превращение не только непропорционально с конституционно-правовой точки зрения, но и экономически контрпродуктивно: оно повышает транзакционные издержки, усиливает рыночную власть экономически сильных субъектов, генерирует «дисконт цифрового риска» и ставит реальный товарооборот в зависимость от надёжности государственной ИТ-инфраструктуры – надёжности, которую никто не гарантирует и за сбой которой никто не несёт имущественной ответственности перед участниками

рынка. Предложенные поправки – не альтернатива прослеживаемости, а условие её устойчивости: система, которая не ломает оборот при своих собственных сбоях, заслуживает бóльшего доверия участников и, как следствие, получает более полные и своевременные данные. В этом состоит парадокс цифрового регулирования: ослабление карательности повышает информативность.

Литература

1. Анисимов, А. П. Особенности правового регулирования оборота сельскохозяйственной продукции: проблемы цифровизации / А. П. Анисимов, А. Я. Рыженков // Вестник Саратовской государственной юридической академии. – 2023. – № 4 (153). – С. 180–189. – DOI: 10.24412/2227-7315-2023-4-180-189. – EDN: UXAAXQ.
2. Белов, В. А. Права на обезличенные вещи и товары в обороте / В. А. Белов // Вестник экономического правосудия РФ. – 2019. – № 8. – С. 84–102. – EDN: LKEALV.
3. Бондарь, Н. С. Судебный конституционализм: доктрина и practice : монография / Н. С. Бондарь. – 2-е изд., перераб. – Москва : Норма : ИНФРА-М, 2021. – 528 с.
4. Гаджиев, Г. А. Конституционные основы предпринимательского права : монография / Г. А. Гаджиев. – Москва : Норма, 2021. – 256 с.
5. Гражданское право : учебник : в 4 т. / отв. ред. Е. А. Суханов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Статут, 2024. – Т. IV: Обязательственное право. – 1216 с.
6. Свирейко, Н. Э. Прослеживаемость продукции в зернопродуктовом подкомплексе АПК: теория, методология, практика : монография / Н. Э. Свирейко. – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2021. – 215 с.
7. Тамбовцев, В. Л. Теория институциональных изменений : монография / В. Л. Тамбовцев. – Москва : Инфра-М, 2021. – 154 с.

8. Хабриева, Т. Я. Конституционные основы, тенденции и проблемы развития российского законодательства: 20-летний опыт и современное состояние / Т. Я. Хабриева // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. – 2013. – № 4. – С. 556–563. – EDN: RBTKXZ.
9. Шаститко, А. Е. Экономические эффекты правовых институтов : монография / А. Е. Шаститко. – Москва : Дело, 2022. – 320 с.
10. Источники на иностранных языках
11. Peltzman, S. Toward a More General Theory of Regulation / S. Peltzman // Journal of Law and Economics. – 1976. – Vol. 19, No. 2. – P. 211–240. – DOI: 10.1086/466880.
12. Stigler, G. J. The Theory of Economic Regulation / G. J. Stigler // The Bell Journal of Economics and Management Science. – 1971. – Vol. 2, No. 1. – P. 3–21. – DOI: 10.2307/3003160.

References

1. Anisimov, A. P. Osobennosti pravovogo regulirovaniya oborota sel'skoxozyajstvennoj produkcii: problemy` cifrovizacii / A. P. Anisimov, A. Ya. Ry`zhenkov // Vestnik Saratovskoj gosudarstvennoj yuridicheskoy akademii. – 2023. – № 4 (153). – S. 180–189. – DOI: 10.24412/2227-7315-2023-4-180-189. – EDN: UXAAXQ.
2. Belov, V. A. Prava na obezlichenny`e veshhi i tovary` v oborote / V. A. Belov // Vestnik e`konomicheskogo pravosudiya RF. – 2019. – № 8. – S. 84–102. – EDN: LKEALV.
3. Bondar`, N. S. Sudebny`j konstitucionalizm: doktrina i practice : monografiya / N. S. Bondar`. – 2-e izd., pererab. – Moskva : Norma : INFRA-M, 2021. – 528 s.
4. Gadzhiev, G. A. Konstitucionny`e osnovy` predprinimatel`skogo prava : monografiya / G. A. Gadzhiev. – Moskva : Norma, 2021. – 256 s.
5. Grazhdanskoe pravo : uchebnyk : v 4 t. / otv. red. E. A. Suxanov. – 3-e izd., pererab. i dop. – Moskva : Statut, 2024. – T. IV: Obyazatel`stvennoe pravo. – 1216 s.

6. Svirejko, N. E`. Proslezhivaemost` produkcii v zernoproduktovom podkomplekse APK: teoriya, metodologiya, praktika : monografiya / N. E`. Svirejko. – Minsk : Institut sistemny`x issledovanij v APK NAN Belarusi, 2021. – 215 s.
7. Tambovcev, V. L. Teoriya institucional`ny`x izmenenij : monografiya / V. L. Tambovcev. – Moskva : Infra-M, 2021. – 154 s.
8. Xabrieva, T. Ya. Konstitucionny`e osnovy`, tendencii i problemy` razvitiya rossijskogo zakonodatel`stva: 20-letnij opy`t i sovremennoe sostoyanie / T. Ya. Xabrieva // Zhurnal zarubezhnogo zakonodatel`stva i sravnitel`nogo pravovedeniya. – 2013. – № 4. – S. 556–563. – EDN: RBTKXZ.
9. Shastitko, A. E. E`konomicheskie e`ffekty` pravovy`x institutov : monografiya / A. E. Shastitko. – Moskva : Delo, 2022. – 320 s.
10. Istochniki na inostranny`x yazy`kax
11. Peltzman, S. Toward a More General Theory of Regulation / S. Peltzman // Journal of Law and Economics. – 1976. – Vol. 19, No. 2. – P. 211–240. – DOI: 10.1086/466880.
12. Stigler, G. J. The Theory of Economic Regulation / G. J. Stigler // The Bell Journal of Economics and Management Science. – 1971. – Vol. 2, No. 1. – P. 3–21. – DOI: 10.2307/3003160.

© Коротченко П.В., Майборода В.А., 2026. *International agricultural journal*, 2026, № 3, 220-237.