

ISSN 1991-6639

№ 2(106)



2022

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**ИЗВЕСТИЯ
КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО
НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН**

НАЛЬЧИК

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук» (КБНЦ РАН)

Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН

№ 2 (106) 2022

Журнал основан в 1998 г. Выходит 6 раз в год
ISSN 1991-6639 (печатная версия)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ №77-14936 от 20 марта 2003 г. выдано
Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Редакционная коллегия

Главный редактор: **П.М. Иванов**, д-р техн. наук, проф. Заместитель главного редактора: **М.З. Улаков**, д-р филол. наук, проф. Ответственный секретарь: **Л.М. Энеева**, канд. физ.-мат. наук

А.Х. Абазов, д-р ист. наук; **Р.Х. Адуков**, д-р экон. наук, проф.; **А.И. Алтухов**, акад. РАН, д-р экон. наук, проф.;
Х.А. Амирханов, акад. РАН, д-р ист. наук, проф.; **Л.К. Бабенко**, д-р техн. наук, проф.; **С.Е. Барыкин**, д-р экон. наук, проф.;
Б.Ч. Бижоев, д-р филол. наук; **В.М. Гукеев**, д-р с.-х. наук, проф.; **К.Ф. Дзамихов**, д-р ист. наук, проф.;
В.А. Дзюба, д-р биол. наук, проф.; **С.В. Дохолян**, д-р экон. наук, проф.; **А.А. Завалин**, акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф.;
В.Г. Закшевский, акад. РАН, д-р экон. наук, проф.; **А.Б. Иванов**, д-р биол. наук, проф.; **А.Я. Кибиров**, д-р экон. наук, проф.;
Г.Б. Клейнер, чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, проф.; **Н.И. Комков**, д-р экон. наук, проф.;
В.М. Котляков, акад. РАН, д-р геогр. наук, проф.; **В.В. Кузьминов**, д-р физ.-мат. наук; **А.Г. Кусраев**, д-р физ.-мат. наук, проф.;
В.З. Мазлоев, д-р экон. наук, проф.; **О.Б. Макаревич**, д-р техн. наук, проф.; **Х.А. Малкандуев**, д-р с.-х. наук;
Ф.А. Мамбетова, д-р экон. наук, доц.; **Л.В. Маслиенко**, д-р биол. наук; **Г.Г. Матишов**, акад. РАН, д-р геогр. наук, проф.;
С.А. Махосева, д-р экон. наук; **З.В. Нагоев**, канд. техн. наук; **В.И. Нечаев**, д-р экон. наук, проф.;
Ю.С. Попков, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф.; **А.В. Песку**, д-р физ.-мат. наук, доц.;
В.Х. Пшихопов, д-р техн. наук, проф.; **С.Ш. Рехвиашвили**, д-р физ.-мат. наук; **И.Ю. Савин**, акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф.;
А.Н. Семин, акад. РАН, д-р экон. наук, проф.; **Е.А. Симаков**, д-р с.-х. наук, проф.;
А.Л. Стемповский, акад. РАН, д-р техн. наук, проф.; **А.И. Супрунов**, д-р с.-х. наук, доц.;
Ф.А. Темботова, чл.-корр. РАН, д-р биол. наук, проф.; **М.А. Филошин**, канд. биол. наук; **А.Х. Чочаев**, д-р экон. наук, проф.;
А.Ф. Шевхужев, д-р с.-х. наук, проф.; **Ю.Х. Шогенов**, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук;
Р.М. Юсупов, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф.

Зав. редакционно-издательским отделом КБНЦ РАН: **А.М. Бейтуганова**
Адрес редакции: 360010, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2
Тел., факс: 8(8662)72-04-87, e-mail: ired07@mail.ru

© КБНЦ РАН, 2022
Редакционная коллегия журнала «Известия Кабардино-Балкарского
научного центра РАН», 2022

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation
Federal State Budgetary Scientific Establishment "Federal scientific center
"Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (KBSC RAS)
News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS
№ 2 (106) 2022

The journal was founded in 1998, 6 issues per year
ISSN 1991-6639 (print version)

The certificate of registration of mass media of PI No. 77-14936 dated March 20, 2003 was granted
by Federal Service for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Media

Editorial board

Editor in chief: **P.M. Ivanov**, Dr. Tech. Sci., Prof. Deputy editor in chief: **M.Z. Ulakov**, Dr. Philol. Sci., Prof. Responsible secretary: **L.M. Eneeva**, Cand. Phys.-Math. Sci.

A.Kh. Abazov, Dr. Hist. Sci.; **R.Kh. Adukov**, Dr. Econ. Sci., Professor; **A.I. Altukhov**, Academician of RAS, Dr. Econ. Sci., Professor;
Kh.A. Amirhanov, Academician of RAS, Dr. Hist. Sci., Professor; **L.K. Babenko**, Dr. Tech. Sci., Professor; **S.E. Barykin**, Dr. Econ. Sci., Professor;
B.Ch. Bizhoyev, Dr. Philol. Sci.; **V.M. Gukezhev**, Dr. Agr. Sci., Professor; **K.F. Dzamikhov**, Dr. Hist. Sci., Professor;
V.A. Dzyuba, Dr. Biol. Sci., Professor; **S.V. Doholyan**, Dr. Econ. Sci., Professor; **A.A. Zavalin**, Academician of RAS, Dr. Agr. Sci., Professor;
V.G. Zakshevsky, Academician of RAS, Dr. Econ. Sci., Professor; **A.B. Ivanov**, Dr. Biol. Sci., Professor; **A.Ya. Kibirov**, Dr. Econ. Sci., Professor;
G.B. Kleiner, Corresponding member of RAS, Dr. Econ. Sci., Professor; **N.I. Komkov**, Dr. Econ. Sci., Professor;
V.M. Kotlyakov, Academician of RAS, Dr. Geogr. Sci., Professor; **V.V. Kuzminov**, Dr. Phys.-Math. Sci.; **A.G. Kusraev**, Dr. Phys.-Math. Sci., Professor;
B.Z. Mazloev, Dr. Econ. Sci., Professor; **O.B. Makarevich**, Dr. Tech. Sci., Professor; **Kh.A. Malkanduev**, Dr. Agr. Sci.;
F.A. Mambetova, Dr. Econ. Sci., Associate Professor; **L.V. Maslienko**, Dr. Biol. Sci.; **G.G. Matishov**, Academician of RAS, Dr. Geogr. Sci., Professor;
S.A. Makhosheva, Dr. Econ. Sci.; **Z.V. Nagoev**, Cand. Tech. Sci.; **V.I. Nechaev**, Dr. Econ. Sci., Professor;
Yu.S. Popkov, Corresponding member of RAS, Dr. Tech. Sci., Professor; **A.V. Pskhu**, Dr. Phys.-Math. Sci., Associate Professor;
V.Kh. Pshikhopov, Dr. Tech. Sci., Professor; **S.Sh. Rekhviashvili**, Dr. Phys.-Math. Sci.; **I.Yu. Savin**, Academician of RAS, Dr. Agr. Sci., Professor;
A.N. Semin, Academician of RAS, Dr. Econ. Sci., Professor; **E.A. Simakov**, Dr. Agr. Sci., Professor;
A.L. Stempkovsky, Academician of RAS, Dr. Tech. Sci., Professor; **A.I. Suprunov**, Dr. Agr. Sci., Associate Professor;
F.A. Tembotova, Corresponding member of RAS, Dr. Biol. Sci.; **M.A. Filyushin**, Candidate Biol. Sci.; **A.Kh. Chochaev**, Dr. Econ. Sci., Professor;
A.F. Shevkhuzhev, Dr. Agr. Sci., Professor; **Y.Kh. Shogenov**, Corresponding member of RAS, Dr. Tech. Sci.;
R.M. Yusupov, Corresponding member of RAS, Dr. Tech. Sci., Professor

Head the editorial Department of KBSC of RAS: **A.M. Beytuganova**
Address of the editorial office: 360010, KBR, Nalchik, Balkarov street, 2
Tel., fax: 8(8662) 72-04-87, e-mail: ired07@mail.ru

© KBSC RAS, 2022
Editorial Board "News of KBSC RAS", 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН № 2 (106) 2022

Юбиляры

П.М. ИВАНОВ5

Физико-математические науки

К решению задачи нелинейного изгиба консоли
К.Н. АНАХАЕВ 11

Некоторые замечания к произведениям типа Бляшке в пространствах
типа Неванлинна в единичном круге
Р.Ф. ШАМОЯН, О.Р. МИХИЧ 17

Технические науки

Системный анализ, управление и обработка информации

Система визуализации данных для интеллектуальной экспертной системы
активной защиты растений
*А.М. КСАЛОВ, К.Ч. БЖИХАТЛОВ, С.А. КАНКУЛОВ,
Б.А. АТАЛИКОВ, А.З. ЭНЕС* 22

Разработка транспортной подсистемы автономного робота для системы
активной защиты растений
*А.М. КСАЛОВ, К.Ч. БЖИХАТЛОВ,
И.А. ПШЕНОКОВА, А.У. ЗАММОЕВ* 31

Динамическая система функционирования сообществ социальной сети
*Е.П. ОХАПКИНА, В.П. ОХАПКИН, Р.В. МЕЩЕРЯКОВ,
А.О. ИСХАКОВА, А.Ю. ИСХАКОВ* 41

Основные методы и подходы к моделированию искусственного сознания
И.А. ПШЕНОКОВА 72

Сельскохозяйственные науки

Зависимость урожайности кукурузы от сорных растений
В.Н. БАГРИНЦЕВА, С.В. КУЗНЕЦОВА, Е.И. ГУБА 82

Особенности эволюции социально-экономических систем в период перехода общества
в состояние гетерофазного интеллекта
О.З. ЗАГАЗЕЖЕВА, С.Х. ШАЛОВА 92

Потребление основных элементов питания сортами озимой пшеницы
Х.А. МАЛКАНДУЕВ, Р.И. ШАМУРЗАЕВ, А.Х. МАЛКАНДУЕВА 107

Влияние различных способов обработки почвы на засоренность и урожайность
культур севооборота
*М.Р. МУСАЕВ, Ш.Ш. ОМАРИЕВ, А.У. КУРАМАГОМЕДОВ,
А.А. МАГОМЕДОВА, З.М. МУСАЕВА* 118

Математические и инструментальные методы экономики

Проектирование информационного пространства предпринимательской сетевой структуры внутри туристской дестинации: информационно-экономический аспект <i>О.А. ЗЕЛЕНСКАЯ, А.М. САРАЛИДЗЕ</i>	127
--	-----

Региональная и отраслевая экономика

Исследование миграционных потоков из экономико-ландшафтных зон горных территорий КБР <i>А.О. ГУРТУЕВ, З.З. ИВАНОВ</i>	139
---	-----

Правила для авторов журнала	147
--	-----

CONTENTS

News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences № 2 (106) 2022

Anniversaries

P.M. IVANOV.....5

Physical-mathematical sciences

To solve the problem of nonlinear bending of the console
K.N. ANAKHAEV.....11

Some remarks on Blaschke type products in area Nevanlinna type spaces
in the unit disk
R. SHAMOYAN, O. MIHIĆ.....17

Technical sciences

System analysis, management and information processing

Data visualization system for intelligent expert system of active plant protection
A.M. KSALOV, K.Ch. BZHIKHATLOV, S.A. KANKULOV,
B.A. ATALIKOV, A.Z. ENES.....22

Development of a transport subsystem for autonomous robots for plant
protection system
A.M. KSALOV, K.Ch. BZHIKHATLOV,
I.A. PSHENOKOVA, A.U. ZAMMOEV.....31

Dynamic system of functioning of social network communities
E.P. OKHAPKINA, V.P. OKHAPKIN, R.V. MESHCHERYAKOV,
A.O. ISKHAKOVA, A.Y. ISKHAKOV.....41

Basic methods and approaches to artificial consciousness modeling
I.A. PSHENOKOVA.....72

Agricultural sciences

Corn yield dependence on weeds
V.N. BAGRINTSEVA, S.V. KUZNETSOVA, E.I. GUBA.....82

Features of the evolution of socio-economic systems in the period of society's transition
to the state of heterophase intelligence
O.Z. ZAGAZEZHEVA, S.Kh. SHALOVA.....92

Consumption of basic nutrients by winter wheat varieties
Kh.A. MALKANDUEV, R.I. SHAMURZAEV, A.Kh. MALKANDUEVA.....107

The influence of various methods of tillage on the weediness and yield
of crop rotation crops
M.R. MUSAEV, Sh.Sh. OMARIEV, A.U. KURAMAGOMEDOV,
A.A. MAGOMEDOVA, Z.M. MUSAEVA.....118

Mathematical and instrumental methods of economics

Designing the information space of an entrepreneurial network structure inside a tourist destination:
information and economic aspect
O.A. ZELENSKAYA, A.M. SARALIDZE..... 127

Regional and business branch economics

Research of migration flows from different economic-landscape zones of mountain areas of KBR
A.O. GURTUEV, Z.Z. IVANOV..... 139

Publishing regulations for the authors 147

ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ, ТАЛАНТЛИВЫЙ ОРГАНИЗАТОР НАУКИ, ОБЩЕСТВЕННЫЙ И ПОЛИТИЧЕСКИЙ ДЕЯТЕЛЬ (К 80-летию Петра Мацовича Иванова)



Имя Петра Мацовича Иванова, выдающегося ученого, талантливого организатора науки и государственного деятеля, широко известно не только в России, но и за ее пределами.

П.М. Иванов – специалист в области кибернетики, информатики, автоматизированных систем управления и экономико-математического моделирования. Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, лауреат премии Совета Министров СССР по науке и технике относится к славной плеяде интеллигенции России, возглавляет академическую науку и авангард ученых Кабардино-

Балкарии. В настоящее время является научным руководителем Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук.

По инициативе П.М. Иванова создано шесть научно-исследовательских институтов (организаций):

1. Информационно-вычислительный центр Госкомсельхозтехники РСФСР (1973 г.).
2. Северо-Кавказское проектно-технологическое объединение «Севкавагропром АСУ» Госагропрома РСФСР в составе вычислительных центров агропромов Дагестана, Северной Осетии и Кабардино-Балкарии (1988 г.).
3. Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук (КБНЦ РАН) (1993 г.).
4. Институт прикладной математики и автоматизации КБНЦ РАН путем преобразования хозрасчетного института Госкомвуза РФ в академический государственный институт (1993 г.).
5. Институт экологии горных территорий КБНЦ РАН (1994 г.).
6. Институт информатики и проблем регионального управления КБНЦ РАН (1996 г.).

С 1993 по 2018 г. Петр Мацович возглавлял КБНЦ РАН, одновременно 20 лет был директором Института информатики и проблем регионального управления КБНЦ РАН.

П.М. Иванов более десяти лет являлся председателем диссертационного совета по специальности «Экономика и управление народным хозяйством».

В 2011 году под научным руководством и при непосредственном участии П.М. Иванова разработана и представлена Правительству КБР «Стратегия развития Кабардино-Балкарской Республики до 2030 года».

В 2012 году им определена новая научная концепция устойчивого развития, которая заложила основу комплексных междисциплинарных исследований.

П.М. Иванов является председателем Общественного совета при Правительстве КБР по научно-технологическому развитию.

Награжден в 2016 г. высшей наградой республики – Орденом «За заслуги перед Кабардино-Балкарской Республикой».

Признание научных достижений П.М. Иванова за рубежом отмечено избранием его академиком Международной академии наук (Мюнхен) и Оксфордского академического союза.

Научная деятельность П.М. Иванова началась в Институте кибернетики Академии наук Украинской ССР, где он являлся аспирантом, а затем научным сотрудником с 1965 по 1972 год. Его исследовательские интересы в Киеве были связаны с задачами прикладной теории алгоритмов. Успешно защитив диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, он вернулся в 1972 году в Кабардино-Балкарский государственный университет.

В 1973 г. он возглавил Вычислительный центр Госкомсельхозтехники РСФСР, созданный им в Кабардино-Балкарии. На базе теоретических разработок П.М. Иванова, а также его разработок (совместно со своими учениками) новых технических и программных средств телеобработки данных впервые в СССР была создана региональная онлайн-автоматизированная система управления, которая нашла распространение в РСФСР и СССР.

В книге П.М. Иванова «АСУ производственно-техническим обеспечением сельского хозяйства» [1], изданной в 1981 г., изложены методологические, математические, информационные и технические основы создания интегрированных АСУ региональных уровней. За создание указанных систем управления на базе отечественного оборудования в 1984 г. П.М. Иванов был удостоен звания лауреата премии Совета Министров СССР по науке и технике.

Исследования ученого по созданию интегрированных АСУ привели к необходимости проведения научных работ по автоматизации проектирования сложных систем. В рамках разработки теоретических методов проектирования интегрированных региональных АСУ П.М. Ивановым предложена методология структурно-алгоритмического анализа и синтеза сложных систем управления, в результате применения которой системы управления большой сложности становятся предметом системного анализа. Эти работы легли в основу его докторской диссертации «Структурно-алгоритмическое проектирование интегрированных АСУ многоотраслевыми комплексами» [2], защищенной в 1986 году в специализированном диссертационном совете при Институте кибернетики АН УССР.

С 1986 по 1990 г. П.М. Иванов совмещает научную и педагогическую деятельность, возглавляет кафедру вычислительной техники и автоматизации производственных процессов в Кабардино-Балкарском агрометеорологическом институте. Им разработаны учебные программы компьютерной технологии обучения студентов по основным специальностям. В 1989 г. ему присвоено ученое звание *профессора*.

Под руководством П.М. Иванова реализован проект «Создание полигона для разработки и применения перспективных информационных технологий в рамках региональных сетевых структур (информационное обеспечение системы управления регионом в новых условиях хозяйствования)» в соответствии с Постановлением ГКНТ СССР от 27.07.89 г. № 502/90 «О проведении конкурса проектов в рамках ГНТП «Перспективные информационные технологии».

В последующем разрабатываемые ученым научные проблемы связаны с поиском эффективных методов математического моделирования сложных систем управления. Для описания разнородных элементов сложных систем (СС) используются обычно разнородные математические формализмы, что затрудняет поиск механизмов описания взаимодействия этих элементов. П.М. Ивановым разработан способ единообразного описания элементов СС в виде единого модуля, в качестве которого выбрана динамическая система, охватывающая как детерминированные, так и стохастические объекты. В качестве такого модуля им создана автоматически-алгебраическая модель, для которой имеется возможность

автоматического преобразования как дискретного преобразователя, так и вероятностного автомата к виду, определяемому этой моделью.

П.М. Ивановым предложена алгебраическая универсальная схема, описывающая широкий класс реальных систем и процессов, что дало возможность (благодаря ее алгебраической природе) формализовать область эквивалентных преобразований (как элементов СС, так и схем сопряжения этих элементов), являвшуюся тогда еще не разработанной областью.

П.М. Ивановым получены фундаментальные результаты в теории алгоритмических алгебр (АА). Решена задача аксиоматизации как алгебры условий, так и алгебры операторов в системе АА. Доказано, что совокупность всех тождеств АА порождается конечным числом схем условных тождеств. Доказаны теоремы о полноте и непротиворечивости построенных им аксиоматических систем АА с некоммутативной алгеброй условий. Доказана алгоритмическая разрешимость проблемы эквивалентности выражений АА с коммутативной алгеброй условий. Разработан алгоритм синтеза дискретных преобразователей.

В целях описания стохастических процессов на языке АА П.М. Ивановым предложены стохастический оператор в алгебре операторов АА и метод регуляризации оператора, реализуемого вероятностным автоматом. На основе полученных данных он показал возможность описания с помощью языка АА сложных систем в экономике.

П.М. Иванов впервые ввел понятие вероятностных и нечетких АА с нечеткой логикой для описания процессов принятия решения в условиях неопределенностей и нечетко определенных процедур. Для нечетких и вероятностных АА он доказал теорему о том, что для любого нечеткого и вероятностного автомата можно найти регулярное выражение оператора, реализуемого этими автоматами. Моделирование сложных систем с использованием языка АА образует новое научное направление и научную школу П.М. Иванова: «Алгебраическое моделирование сложных систем». Использование указанных абстрактно-алгебраических методов в оптимизации алгоритмов, характерное для современного этапа развития прикладной теории алгоритмов, имеет принципиальное значение при создании оптимальных управляющих систем и их алгоритмических структур. Указанное новое научное направление отражено в монографии П.М. Иванова «Алгебраическое моделирование сложных систем» [3].

В прикладной теории алгоритмов его именем названы «автоматно-алгебраический класс сложных систем» и «вероятностные алгоритмические алгебры».

Нельзя не отметить многогранность научных интересов Петра Мацовича. Его научные изыскания не ограничиваются сферой прикладной теории алгоритмов, математическим моделированием сложных систем и разработкой автоматизированных систем управления регионами. Они охватывают широкий спектр научных дисциплин. Так, в 90-х годах появляются его книги «Регионализация управления и устойчивое развитие» [4] и «Северный Кавказ: партия войны и интересы России (проблемы устойчивого развития региона)» [5]. В составе коллектива авторов издана «Концепция государственной информационной политики» [6].

Широкую известность в стране и за рубежом получили фундаментальные работы ученого по направлениям:

экономика и математические модели: «Устойчивое региональное развитие: концепция и модель управления»;

цивилизации: «Российская цивилизация: этнокультурные и духовные аспекты: Энциклопедический словарь / авт. кол.: Андреев А.Л., Иванов П.М. [и др.]; ред.: Мчедлов М.П. [и др.]» [8];

государственное строительство: «Каким быть завтра федерализму в России?» [9];

конфликтология: «Можно ли избежать конфликтов в России?»;

политология, международные отношения и новый миропорядок: «Столкновение цивилизаций или устойчивое развитие?» [11, с. 143–159]. Данная работа издана также в США в рубрике «Вклад в международную экономику»: Vol. 1. No. 4; 2015. ISSN № 2377-1682. Published by York University Inc [12];

национальная политика: монография «Адыги (черкесы) и казаки в истории и политике России: опыт нравственного прочтения» [13]. Книга посвящена поиску доказательных аргументов в пользу единства России и Северного Кавказа. Одним из указанных аргументов является формирование межэтнических сообществ на Северном Кавказе.

Изучая межнациональные проблемы региона, наш юбиляр пришел к выводу, что в результате длительного совместного проживания и эволюционирования родственных взаимоотношений между кабардинцами и балкарцами сложился уникальный кабардино-балкарский народ, названный им «*единый двуязычный народ*». Кабардинцы и балкарцы, как он утверждает, ничем не отличаются в жизни, полностью совпадают их этнокультурные и антропологические признаки, а также менталитет этих народов. Отличия бывают разве лишь, как брат от брата, сестра от сестры в одной семье. А языковое различие, как говорит Петр Мацович, преодолевается в обществе, где культура общения друг с другом достигает такого уровня, что, войдя в любой дом, гость говорит только на языке хозяев этого дома. По мнению П.М. Иванова, до такого уровня культуры кабардинцев и балкарцев не так уж и далеко, если серьезно займемся соответствующим воспитанием и образованием наших детей, в большинстве своем ставших уже родственниками.

По количеству созданных П.М. Ивановым научно-исследовательских институтов и научных центров ему нет равных на Юге России. С созданием П.М. Ивановым Вычислительного центра Госкомсельхозтехники РСФСР его дальнейшие научные интересы были нацелены на разработку АСУ разных уровней. В 70-х разработка и внедрение в нашей стране региональных интерактивных автоматизированных систем управления были невозможны из-за отсутствия технических и программных средств телеобработки данных. В эти годы под руководством и при непосредственном участии П.М. Иванова были разработаны групповые адаптеры, обеспечивающие многоканальный выход на ЭВМ ЕС. С целью реализации системы телеобработки информации в качестве оконечного оборудования данных также были разработаны удаленные многотерминальные абонентские пункты. Создание впервые в СССР на базе теоретических, а также технических и программных разработок П.М. Иванова АСУ уровней региона, РСФСР и СССР было связано с большим экономическим эффектом в масштабах страны, за что он, как сказано выше, был удостоен звания лауреата премии Совета Министров СССР. Дальнейшие исследования ученого по созданию интегрированных АСУ привели его к необходимости проведения работ по автоматизации проектирования сложных систем. В 1988 г. он создает Северо-Кавказское НПО «Севкавагропром АСУ» с охватом Дагестана, Северной Осетии и Кабардино-Балкарии и ставит перед собой новые цели: создание сети ЭВМ Северо-Кавказского региона на базе отечественного оборудования, которое предстояло разработать. Он построил бы эту сеть, т. к. создал с опережением организацию-разработчика. Однако вскоре распался СССР, что повлекло за собой развал отраслевой науки, и эти работы были приостановлены.

Петра Мацовича Иванова как гражданина России всегда глубоко волновали общегосударственные проблемы: социально-экономическое положение, национально-культурное развитие народов КБР, материальное и духовное благосостояние людей. Побывав в различных передовых странах мира, он убедился, что конкурентоспособную экономику создают лишь те государства, которые вкладывают достаточные ресурсы в развитие науки, образования, культуры. Такие инвестиции позволяют полноценно развиваться обществу.

По мнению ученого, главная обязанность РАН – создавать новые, передовые фундаментальные знания, которые составляют основу для дальнейшего развития. П.М. Иванов доказывает, что Россия может стать конкурентоспособной на мировом рынке технологий, только создав инновационную экономику в регионах, основу которой составляет наука. Отсюда становится очевидным, какое исключительно важное значение имеет КБНЦ РАН для региона. Создание П.М. Ивановым КБНЦ РАН ознаменовало пришествие фундаментальной науки в регион. А, как говорит Петр Мацович, богатство России будет прирастать не только Сибирью, но и регионами. На протяжении 25 лет он являлся бессменным председателем этого Центра. Центр объединяет восемь научных учреждений: четыре института, два центра и две обсерватории мирового уровня, где занимаются фундаментальной наукой (вместе с обсерваториями) до 900 ученых. Безусловно, это огромная сила не только для Юга России, но и для всей страны. Созданный в 1996 году П.И. Ивановым Институт информатики и проблем регионального управления КБНЦ РАН славится робототехническими и нанотехнологическими проектами. Также успешно функционируют созданные им Институт прикладной математики и автоматизации и Институт экологии горных территорий КБНЦ РАН. По его инициативе в КБНЦ РАН были также созданы еще два подразделения: Центр географических и Центр социально-политических исследований.

При содействии П.М. Иванова научный журнал «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» вошел в перечень изданий, рекомендованных ВАК для публикаций результатов диссертаций на соискание ученых степеней. Являясь главным редактором журнала, наш юбиляр и сегодня активно продвигает это востребованное научное издание региона на международный уровень.

С 1990 по 1993 г. Петр Мацович был председателем комиссии Верховного Совета КБР по образованию и науке. Именно этот период характеризуется не только демократическими преобразованиями, но и разгулом сепаратизма в стране. Промышленность в республиках Северного Кавказа к концу XX века была окончательно разрушена, а сельское хозяйство приведено в состояние падения продовольственной безопасности ниже допустимого. В столь непростое время Петр Мацович Иванов взял на себя ответственность в разрешении многих конфликтных ситуаций и экономических проблем. Характеризуя данный период, ученый пишет: «Несмотря на отчаянную попытку деструктивных сил разделить республику на Кабарду и Балкарию, мир был сохранен благодаря высокому интеллектуальному уровню всего общества республики, а также мудрости и традиционной братской дружбе народов, проживающих в Кабардино-Балкарии. Будучи первым заместителем председателя Конгресса кабардинского народа, я председательствовал на большинстве созывов Съезда кабардинского народа, а также возглавлял экспертную комиссию по определению границ между Кабардой и Балкарией, которая доказала с использованием архивных материалов невозможность определения такой границы, удовлетворяющей обе стороны. Получив соответствующие доказательные аргументы, аналогичная комиссия Национального совета балкарского народа согласилась с этим. После этого если бы не удалось нам тогда примирить на этой основе кабардинский и балкарский съезды по вопросу невозможности разделения республики без войны на Кабарду и Балкарию, то не миновать бы нам гражданской войны в республике. А это было бы катастрофой для России, т.к. сюда немедленно был бы втянут весь Юг России».

Много позитивного Ивановым было сделано и в последующие годы для вывода республики из политического и экономического кризиса. Он не остается в стороне и от происходящих в России общественно-политических событий. В 1997 г. им издана книга «Северный Кавказ: партия войны и интересы России», в которой автор отчетливо показал, что «...если и дальше Россия будет жить в отсутствии национальной политики... при наличии невиданной коррупции в стране снизу до верхнего эшелона власти и концептуальной пустоты реформ как экономики, так и общества, она может в скором времени повторить путь СССР». И совсем

недавно, в декабре 2021 года, в журнале «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» вышла его статья «Мысли о новой России» [14, с. 5–22], которая посвящена будущему нашей страны. Он рассматривает построение новой реально федеративной России, необходимость завершения остановленной экономической реформы, переход на новую национальную политику и необходимость выработки новой концепции отношения «Россия и Северный Кавказ», от чего, как утверждает автор, зависит будущее России.

Пользуясь случаем, коллеги и друзья поздравляют академика Оксфорда Петра Мацовича с 80-летием и желают ему здоровья, долгих лет счастливой жизни и новых творческих взлетов!

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов П.М.* АСУ производственно-техническим обеспечением сельского хозяйства. Нальчик: Эльбрус, 1981. 253 с.
2. *Иванов П.М.* Структурно-алгоритмическое проектирование интегрированных АСУ многоотраслевыми комплексами: на примере региональных агропромышленных комплексов: дис. ... д-ра техн. наук. Нальчик, 1986. 354 с.
3. *Иванов П.М.* Алгебраическое моделирование сложных систем. Москва: Наука-Физматлит, 1996. 272 с.
4. *Иванов П.М.* Регионализация управления и устойчивое развитие. Нальчик: Эльбрус, 1996. 130 с.
5. *Иванов П.М.* Северный Кавказ: партия войны и интересы России (проблемы устойчивого развития региона). Нальчик: КБНЦ РАН, 1997. 226 с.
6. Концепция государственной информационной политики / в составе коллектива авторов Иванов П.М. М.: ИСА РАН, 1999. 48 с.
7. *Иванов П.М.* Устойчивое региональное развитие: концепция и модель управления // Экономика и математические методы. 2006. Т. 42. № 2. С. 51–60.
8. Российская цивилизация: этнокультурные и духовные аспекты: Энциклопедический словарь / авт. кол.: Андреев А.Л., Иванов П.М. [и др.]; ред.: Мчедлов М.П. [и др.]. Москва: Республика, 2001. 544 с.
9. *Иванов П.М.* Каким быть завтра федерализму в России? // Федерализм. 1999. № 3. С. 33–48.
10. *Иванов П.М.* Можно ли избежать конфликтов в России? // Вестник РАН. 2002. Т. 72. № 1. С. 26–36.
11. *Иванов П.М.* Столкновение цивилизаций или устойчивое развитие? // ПОЛИС. Политические исследования. 2015. № 2. С. 143–159.
12. *Иванов П.М.* Столкновение цивилизаций или устойчивое развитие? // Вклад в международную экономику»: 2015. Vol. 1. No. 4. ISSN № 2377-1682. Published by York University Inc.
13. *Иванов П.М.* Адыги (черкесы) и казаки в истории и политике России: опыт нравственного прочтения. Нальчик: КБНЦ РАН, 2020. 232 с.
14. *Иванов П.М.* Мысли о новой России // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 6 (104). С. 5–22.

Улаков Махти Зейтунович – доктор филологических наук, профессор, главный научный сотрудник сектора карачаево-балкарского языка Института гуманитарных исследований – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук» (ИГИ КБНЦ РАН)

К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ НЕЛИНЕЙНОГО ИЗГИБА КОНСОЛИ

К.Н. АНАХАЕВ

Институт прикладной математики и автоматизации –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, Нальчик, ул. Шортанова, 89 А

Аннотация. Приводится усовершенствованная методика решения классической нелинейной задачи изгиба консоли от действия вертикальной силы. Предложены новые расчетные зависимости, позволяющие напрямую (без подбора) установить аналитическую взаимосвязь модуля эллиптических функций и интегралов с силовым коэффициентом подобия, определяемым для исходно заданных характеристик консоли и действующей нагрузки, сравнение результатов подсчета по которым с точными значениями модуля дало достаточно близкое совпадение ($< 1\%$). Изложенное дает возможность прямого решения рассматриваемой задачи с определением основных параметров изгибаемой консоли, таких как координаты ее очертания, изгибаемые углы и др. Полученные результаты могут быть использованы, в частности, при конструировании защитных сооружений от опасных склоновых геофизических процессов и др.

Ключевые слова: консоль, изгиб консоли, нелинейная задача, эллиптические функции Якоби, эллиптические интегралы 1-го и 2-го рода, силовой коэффициент подобия

Статья поступила в редакцию 19.01.2022

Принята к публикации 02.03.2022

Для цитирования. Анахаев К.Н. К решению задачи нелинейного изгиба консоли // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 11–16. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-11-16

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, решению задачи нелинейного изгиба консоли посвящен ряд работ [1–3 и др.], в которых, как правило, рассматривается изгиб консоли тонкого упругого горизонтального стержня длиной L с жестко защемленным одним концом и воздействием на другой (свободный) конец поперечной вертикальной силы P . При этом уравнение равновесия такого стержня имеет вид

$$EJ \frac{d^2\theta}{dl^2} + P \cos \theta = 0, \quad (1)$$

в котором E – модуль упругости (модуль Юнга); J – момент инерции; EJ – изгибная жесткость стержня; l и $\theta(l)$ – текущие значения длины (неизменной) дуги стержня и угла между касательной к текущей точке стержня и горизонтальной осью декартовой системы координат xOy с центром в точке защемления стержня.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Выражение (1) преобразовывается в нелинейное уравнение маятника [1–4]

$$\frac{d^2\theta}{dl^2} + \frac{P}{EJ} \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{d^2\gamma}{dt^2} + \beta^2 \sin \gamma = 0, \quad (2)$$

где $\beta = \sqrt{PL^2 / (EJ)}$ – силовой коэффициент подобия; $\gamma(t) = \pi/2 + \theta$ – угол между касательной к текущей точке и осью Oy ; $t = l / L$ – приведенная длина стержня.

Решение уравнения (2) представляется в виде зависимостей [1–3]

$$\left. \begin{aligned} \gamma(t) &= 2 \arcsin \left[\lambda \cdot \operatorname{sn}(\beta t + F(\varphi, \lambda), \lambda) \right]; \\ \frac{d\gamma(t)}{dt} &= 2 \cdot \lambda \beta \cdot \operatorname{cn}[\beta t + F(\varphi, \lambda), \lambda], \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

в которых значения модуля λ , равного $\lambda = \sin \alpha$ (α – модулярный угол), и неполного эллиптического интеграла 1-го рода $F(\varphi, \lambda)$ (φ – амплитуда интеграла) зависят от величины силы P .

При этом с учетом граничных условий, равных $t = 0 \rightarrow \theta(0) = 0$, $\gamma(0) = \frac{\pi}{2}$ и $t = 1 \rightarrow \frac{d\theta(L)}{dl} = 0$, $\frac{d\gamma(1)}{dt} = 0$, из зависимостей (3) после преобразований следует значение эллиптического синуса Якоби, равное

$$\operatorname{sn}[F(\varphi), \lambda] = \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) / \lambda,$$

откуда на основе [2–6] выразим зависимости для значений амплитуды

$$\varphi = \arcsin \left\{ \operatorname{sn}[F(\varphi), \lambda] \right\} = \arcsin \left(\frac{1}{\lambda} \sin \frac{\pi}{4} \right) = \arcsin \left(\frac{\sqrt{2}}{2\lambda} \right) \quad (4)$$

неполного эллиптического интеграла 1-го рода

$$F(\varphi, \lambda) = F \left[\arcsin \left(\frac{\sqrt{2}}{2\lambda} \right), \lambda \right]$$

и силового коэффициента подобия

$$\beta = K(\lambda) - F(\varphi, \lambda), \quad (5)$$

где $K(\lambda)$ – полный эллиптический интеграл 1-го рода при модуле λ , изменяющемся в интервале $\frac{\sqrt{2}}{2} \leq \lambda < 1$ (соответственно, при значениях модулярного угла $\frac{\pi}{4} \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$).

По результатам интегрирования соотношений $\frac{dx}{dl} = \cos \theta$, $\frac{dy}{dl} = \sin \theta$ и преобразований представлены ниже следующие расчетные зависимости (6) для описания очертания изгиба упругого стержня [1–3] при $L = 1$ (в усл. ед.):

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{2\lambda}{K(\lambda) - F(\varphi, \lambda)} \left[\sqrt{1 - 0.5\lambda^{-2}} - \operatorname{cn}(u, \lambda) \right]; \\ y &= t - \frac{2}{K(\lambda) - F(\varphi, \lambda)} \left\{ E[am(u), \lambda] - E(\varphi, \lambda) \right\}, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

в которых $E(\varphi, \lambda)$ и $E[am(u), \lambda]$ – неполные эллиптические интегралы 2-го рода с модулем λ соответственно при амплитуде $\varphi = \arcsin\left(\frac{\sqrt{2}}{2\lambda}\right)$ и эллиптической амплитуде Якоби $am(u) = \arcsin[\operatorname{sn}(u, \lambda)]$ [5, 6]. При этом значение угла u в эллиптических функциях Якоби – синусе $\operatorname{sn}(u, \lambda)$ и косинусе $\operatorname{cn}(u, \lambda)$ – определяется по зависимости [2, 3]:

$$u = [K(\lambda) - F(\varphi, \lambda)]t + F(\varphi, \lambda). \quad (7)$$

В вышеприведенных формулах (3)–(7) величина λ находится в зависимости от силовой нагрузки β методом подбора при известной нагрузке P – задаваясь значениями λ в формуле для определения критической нагрузки [2, 3]:

$$\frac{P}{P_c} = \left(\frac{2\beta}{\pi}\right)^2 = 4 \left[\frac{K(\lambda) - F(\varphi, \lambda)}{\pi} \right]^2,$$

где $P_c = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{EJ}{L^2}$ – эйлерова критическая сила.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Следует отметить, что аналитическое решение различных прикладных задач механики с эллиптическими функциями Якоби и эллиптическими интегралами 1-го и 2-го рода (не выражающимися через элементарные функции) представляет значительные математические трудности, связанные в том числе с использованием специальных графиков и таблиц и необходимостью нелинейного, перекрестного и обратного интерполирования их данных. Результаты же численных решений, определяя дискретные цифровые значения специальных функций (интегралов) в отдельных точках, ограничены в возможностях выявления причинно-следственных связей (в виде аналитических формул) исходных факторов и оценке их влияния на итоговые результаты [5, 6].

В связи с этим для аналитического решения прикладных задач можно использовать расчетные зависимости для определения эллиптических интегралов 1-го и 2-го рода K , $F(\varphi)$, $E(\varphi)$, $E[am(u)]$ и эллиптических функций Якоби $\operatorname{sn}(u)$ и $\operatorname{cn}(u)$ (с погрешностью $\ll 1-2\%$), представленные в элементарных функциях [7–10], в том числе и для заданных значений модуля $\frac{\sqrt{2}}{2} \leq \lambda < 1$.

При этом для прямого решения задачи рекомендуется использовать нижеследующие формулы (8), позволяющие напрямую (без подбора) устанавливать аналитическую взаимосвязь (с погрешностью $< 1\%$) модуля эллиптических функций Якоби и эллиптических интегралов 1-го и 2-го рода λ с силовым коэффициентом подобия β при значениях модулярного угла $\frac{\pi}{4} < \alpha < \frac{\pi}{2}$, либо в градусах $45^\circ < \alpha_0 < 90^\circ$, где $\alpha_0 = \frac{\alpha}{\pi} 180^\circ$:

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= 0.015\pi\beta(1+2\beta)+0.704 && (\text{при } 45^\circ < \alpha_0 \leq 60^\circ); \\ \lambda &= \sin\left\{1+0.01(\beta-1)^3+0.425(\beta-1)\left[1-0.266(\beta-1)\right]\right\} && (\text{при } 60^\circ \leq \alpha_0 < 90^\circ), \end{aligned} \right\} (8)$$

в которых значение коэффициента β принимается в зависимости от исходно заданных характеристик консоли (E, J, L) и действующей нагрузки P .

В таблице 1 дается сравнение значений модуля $\lambda = f(\beta)$, подсчитанных по формулам (8) для значений коэффициентов β , определенных (по программе «Mathlab») для модулярного угла α (при $45^\circ < \alpha_0 < 90^\circ$), с точными значениями модуля, равного $\lambda = \sin \alpha$.

Таблица 1

СРАВНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ МОДУЛЯ $\lambda = f(\beta)$ ПО ФОРМУЛЕ (8) С ТОЧНЫМИ ДАННЫМИ

Коэффициент β	Модулярный угол		Значение модуля λ		%
	α_0 (градусы)	α (радианы)	точные данные	по формулам (8)	
при $0.0264 \leq \beta \leq 1.0783$ ($45^\circ < \alpha_0 \leq 60^\circ$)					
0,0264	45,01	0,7854	0,7071	0,7053	-0,25
0,2643	46	0,8028	0,7193	0,7231	+0,52
0,5941	50	0,8727	0,7660	0,7653	-0,10
0,6394	50,7685	0,8861	0,7746	0,7727	-0,25
0,8547	55	0,96	0,8192	0,8131	-0,74
1,0783	60	1,0472	0,8660	0,8644	-0,18
при $1.0783 \leq \beta \leq 6.2613$ ($60^\circ < \alpha_0 < 90^\circ$)					
1,3009	65	1,1345	0,9063	0,8992	-0,78
1,4053	67,2130	1,1731	0,9219	0,9145	-0,80
1,5467	70	1,2217	0,9397	0,9321	-0,81
1,8454	75	1,3089	0,9659	0,9593	-0,68
2,2541	80	1,3963	0,9848	0,9809	-0,40
2,9460	85	1,4835	0,9962	0,9952	-0,10
3,8606	88	1,5359	0,9994	0,9989	-0,04
4,5534	89	1,5533	0,9998	0,9992	-0,06
6,2613	89,8188	1,5678	0,9999	0,9999	-

Как следует из таблицы 1, результаты подсчетов значений модуля $\lambda = f(\beta)$, подсчитанных по формулам (8) для значений коэффициентов β , определенных (по программе «Mathlab») для модулярного угла $\frac{\pi}{4} < \alpha < \frac{\pi}{2}$ ($45^\circ < \alpha_0 < 90^\circ$), достаточно близко ($< 1\%$) совпадают с точными значениями модуля, равного $\lambda = \sin \alpha$.

Выводы

В работе рассматривается усовершенствованная методика решения классической нелинейной задачи изгиба консоли от действия вертикальной силы. Предложены новые расчетные зависимости, позволяющие напрямую (без подбора) установить аналитическую взаимосвязь модуля эллиптических функций и интегралов с силовым коэффициентом подобия, определяемым для исходно заданных характеристик консоли и действующей нагрузки, сравнение результатов подсчета по которым с точными значениями модуля дало достаточно близкое совпадение ($< 1\%$). Изложенное дает возможность для прямого реше-

ния рассматриваемой задачи с определением основных параметров изгибаемой консоли, таких как координаты очертания консоли, изгибаемые углы и др. Полученные результаты могут быть использованы, в частности, при конструировании защитных сооружений от опасных склоновых геофизических процессов и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней. Москва: Наука, 1986. 294 с.
2. Захаров Ю.В., Охоткин К.Г. Нелинейный изгиб тонких упругих стержней // Прикладная механика и техническая физика. 2002. Т. 43. № 5. С. 124–131.
3. Захаров Ю.В., Захаренко А.А. Динамическая потеря устойчивости в нелинейной задаче о консоли // Вычислительные технологии. 1999. Т. 4. № 1. С. 48–54.
4. Анахаев К.Н. К расчету математического маятника // Доклады Академии наук. 2014. Т. 459. № 3. С. 288–293.
5. Милн-Томсон Л. Эллиптические интегралы // Справочник по специальным функциям. Под редакцией Абрамовица М. и Стиган И. Москва: Наука, 1979. С. 401–441.
6. Милн-Томсон Л. Эллиптические функции Якоби и тэта-функции // Справочник по специальным функциям. Под редакцией Абрамовица М. и Стиган И. Москва: Наука, 1979. С. 380–400.
7. Анахаев К.Н. О совершенствовании гидромеханических методов расчета потенциальных (фильтрационных) потоков // Инженерные системы-2009. Труды междунар. научн.-практ. конф. Т. 2. Москва: РУДН, 2009. С. 588–595.
8. Анахаев К.Н. Об определении эллиптических функций Якоби // Вестник РУДН. Серия: Математика. Информатика. Физика. 2009. № 2. С. 90–95.
9. Анахаев К.Н. О полных эллиптических интегралах 3-го рода в задачах механики // Доклады Академии наук. 2017. Т. 473. № 2. С. 151–153.
10. Анахаев К.Н. Эллиптические интегралы в нелинейных задачах механики // Доклады Российской академии наук. Физика. Технические науки. 2020. Т. 491. № 2. С. 24–29.

Информация об авторе

Анахаев Кошкинбай Назирович, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр. отдела «Математическое моделирование геофизических процессов», Институт прикладной математики и автоматизации – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;
360000, Россия, Нальчик, ул. Шортанова, 89 А;
anaha13@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4357-4349>

REFERENCES

1. Popov E.P. *Teoriya i raschet gibkikh uprugikh sterzhney* [Theory and calculation of flexible elastic rods]. Moscow: Nauka, 1986. 294 p. (In Russian)
2. Zakharov Yu.V., Okhotkin K.G. Nonlinear bending of thin elastic rods. *Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika* [Applied mechanics and technical physics]. 2002. Vol. 43. No. 5. Pp. 124–131. (In Russian)
3. Zakharov Yu.V., Zakharenko A.A. Dynamic loss of stability in a nonlinear console problem. *Vychislitel'nyye tekhnologii* [Computational technologies]. 1999. Vol. 4. No. 1. Pp. 48–54. (In Russian)
4. Anakhaev K.N. To the calculation of the mathematical pendulum. *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences]. 2014. Vol. 459. No. 3. Pp. 288–293. (In Russian)

5. Milne-Thomson L. Elliptic integrals. Reference book on special functions. Edited by M. Abramowitz and I. Stigan. Moscow: Nauka, 1979. Pp. 401–441. (In Russian)
6. Milne-Thomson L. Jacobi Elliptic Functions and Theta Functions. Handbook of Special Functions. Edited by Abramovitz M. and Stigan I. Moscow: Nauka, 1979. Pp. 380–400. (In Russian)
7. Anakhaev K.N. On the improvement of hydromechanical methods for calculating potential (filtration) flows: *Inzhenernyye sistemy-2009. Trudy mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.* [Engineering Systems-2009. Proceedings of the International scientific-practical conference]. Vol. 2. Moscow: RUDN. 2009. Pp. 588–595. (In Russian)
8. Anakhaev K.N. On definition of Jacobian elliptic functions. *Vestnik RUDN. Seriya: Matematika. Informatika. Fizika* [Herald of RUDN University. Series: Mathematics. Informatics. Physics]. 2009. No. 2. Pp. 90–95. (In Russian)
9. Anakhaev K.N. Complete elliptic integrals of the third kind in problems of mechanics. *Doklady Physics*. 2017. Vol. 62. No. 3. Pp. 133–135. DOI: 10.1134/S1028335817030053. (In Russian)
10. Anakhaev K.N. Elliptic integrals in nonlinear problems of mechanics. *Doklady Physics*. 2020. Vol. 65. No. 4. Pp. 142–146. DOI: 10.1134/S1028335820040011. (In Russian)

MSC: 33, 45

Original article

TO SOLVE THE PROBLEM OF NONLINEAR BENDING OF THE CONSOLE

K.N. ANAKHAEV

Institute of Applied Mathematics and Automation –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360000, Russia, Nalchik, 89 A Shortanov street

Annotation. An improved technique for solving the classical nonlinear problem of bending the console from the action of a vertical force is presented. New design dependencies are proposed, which allow directly (without selection) to establish the analytical relationship of the module of elliptic functions and integrals with a force similarity coefficient determined for the initially defined characteristics of the console and the active load, comparing the results of the calculation of which with the exact values of the module gave a fairly close coincidence ($< 1\%$). The above makes a direct solution of the problem under consideration possible with the definition of the main parameters of the bent console, such as the coordinates of the shape of the console, bending angles, etc. The obtained results can be used, in particular, in designing protective structures against dangerous prone geophysical processes, etc.

Keywords: console, cantilever bend, nonlinear problem, elliptical Jacobi functions, elliptical integrals of 1 and 2 kind, force similarity coefficient

The article was submitted 19.01.2022

Accepted for publication 02.03.2022

For citation. Anakhaev K.N. To solve the problem of nonlinear bending of the console. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2022. No. 2 (106). Pp. 11–16. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-11-16

Information about the author

Anakhaev Koshkinbai Nazirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Mathematical Modeling of Geophysical Processes, Institute of Applied Mathematics and Automation – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 89 A Shortanov street;

anaha13@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4357-4349>

UDC 517.55+517.33

DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-17-21

MSC: 32A10; 32A37

EDN: DCMIAU

Original article

SOME REMARKS ON BLASCHKE TYPE PRODUCTS IN AREA NEVANLINNA TYPE SPACES IN THE UNIT DISK

R. SHAMOYAN¹, O. MIHIĆ^{2*}

¹Bryansk State Academician I.G. Petrovski University
241036, Russia, Bryansk, 14 Bezhitskaya street

²University of Belgrade
11000, Serbia, Belgrade, Student Square 1

Abstract. The intention of this paper is to introduce and study certain new analytic spaces in disk and to show that certain Blaschke type products belong to such so called new large Nevanlinna type classes in the unit disk. These results extend and complement some previously known assertions of this type obtained earlier by other authors. Our result may be used to get parametric representations of these large spaces of area Nevanlinna type via infinite B_α products.

Keywords: Blaschke type infinite products, area Nevanlinna type spaces, Nevanlinna characteristic, parametric representations, analytic function

The article was submitted 10.03.2022

Accepted for publication 15.04.2022

For citation. Shamoyan R., Mihić O. Some remarks on Blaschke type products in area Nevanlinna type spaces in the unit disk. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2022. No. 2 (106). Pp. 17–21. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-17-21

1. INTRODUCTION, BASIC DEFINITIONS AND HISTORY OF PROBLEMS

Assuming that $\mathbf{D} = \{z \in \mathbb{C} : |z| < 1\}$ is the unit disk of the finite complex plane \mathbb{C} , \mathbf{T} is the boundary of \mathbf{D} , $\mathbf{T} = \{z \in \mathbb{C} : |z| = 1\}$ and $H(\mathbf{D})$ is the space of all functions holomorphic in \mathbf{D} , we introduce the following classes of functions

$$N_\alpha^\infty(\mathbf{D}) = \{f \in H(\mathbf{D}) : T(\tau, f) \leq C_f(1 - \tau)^{-\alpha}, 0 \leq \tau < 1, \alpha \geq 0\},$$

where $T(\tau, f)$ is classical Nevanlinna characteristic defined by $T(\tau, f) = \frac{1}{2\pi} \int_{\mathbf{T}} \log^+ |f(\tau\xi)| d\xi$, where $a^+ = \max\{0, a\}$, $a \in \mathbb{R}$, (see [1]). It is obvious that if $\alpha = 0$ then $N_\alpha^\infty(\mathbf{D}) = N(\mathbf{D})$, where $N(\mathbf{D})$ is the well known classical Nevanlinna class (see [1], [2], [3]).

Let $f \in H(\mathbf{D})$, then we define

$$M_p(f, r) = \frac{1}{2\pi} \left(\int_{\mathbf{T}} |f(r\xi)|^p dm(\xi) \right)^{\frac{1}{p}}, r \in (0, 1), p \in (0, \infty),$$

where by $m(\xi)$ we denote the normalized Lebesgue measure on \mathbf{T} . Also, by $m_2(\xi)$ we denote standard normalized Lebesgues area measure.

Everywhere below, by $n_f(t) = n(t)$ we denote the quantity of zeros of an analytic function f in the unit disk $|z| \leq t < 1$ and by $Z(X)$ the zero set of an analytic class $X, X \subset H(\mathbf{D})$. By let $\{z_k\}_{k=1}^{\infty}$ be a sequence of numbers from \mathbf{D} , below we mean that $\{z_k\}_{k=1}^{\infty}$ is an arbitrary sequence from unit disk enumerated by its growth ($|z_k| \leq |z_{k+1}| \leq \dots$) according to its multiplicity.

Let further

$$N_{\alpha, \beta}^p(\mathbf{D}) = \left\{ f \in H(\mathbf{D}): \int_0^1 \left(\int_{|z| \leq R} (\ln^+ |f(z)|) (1 - |z|)^\alpha dm_2(z) \right)^p (1 - R)^\beta dR < \infty \right\};$$

$$N_{\alpha, \beta_1}^{\infty, p}(\mathbf{D}) = \left\{ f \in H(\mathbf{D}): \sup_{0 \leq R < 1} \left(\int_0^R \left(\int_T \ln^+ |f(z)| d\xi \right)^p (1 - |z|)^\alpha d|z| \right) (1 - R)^{\beta_1} < \infty \right\},$$

where it is assumed that $\alpha > -1$, $\beta > -1$, $\beta_1 \geq 0$ and $0 < p < \infty$, and let

$$N_{p, \gamma, \beta}(\mathbf{D}) = \left\{ f \in H(\mathbf{D}): \int_0^1 (1 - |z|)^\beta \left(\sup_{0 < \tau < |z|} T(\tau, f) (1 - \tau)^\gamma \right)^p d|z| < \infty \right\},$$

where $\gamma \geq 0$, $\beta > -1$, $p \in (0, \infty)$.

We refer for basic properties of these new large area Nevanlinna spaces to [4] – [8]. We note that in these papers various results on zero sets and parametric representations can also be seen. Note similar, but less general results can be seen in various papers of various authors, we refer, for example, to [2], [3], [9], [10], [12].

Note that various properties of $N_{\alpha, 0}^{\infty, p}(\mathbf{D}) = S_\alpha^p$ are studied in [9]. In particular, the works [2], [9] give complete descriptions of zero sets and parametric representations of $N_{\alpha, 0}^{\infty, p}(\mathbf{D})$ (in [2] for $p = 1$). Thus it is natural to consider the problem of extension of these important results to all $N_{\alpha, \beta_1}^{\infty, p}(\mathbf{D})$ analytic classes.

It is not difficult to verify that all the above mentioned area Nevanlinna analytic classes are topological vector spaces with complete invariant metric. We note that the mentioned problem of parametric representation has various applications and are important in function theory (see [2], [3], [11]).

Solution of many problems for example the existence of radial limits is based also on parametric representations. Parametric representations are used also in spectral theory of linear operators (see [3], [11]).

Main theorem of this note lead to parametric representations of our new area Nevanlinna type spaces.

We introduce now another infinite product which is the main object of this note. It is known that (see [3]) the following assertion is true. The infinite Blaschke type product $B_\alpha(z, \{z_k\}), \alpha > -1$

$$B_\alpha(z, \{z_k\}) = \prod_{k=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z}{z_k} \right) \exp(-W_\alpha(z, z_k)), \text{ and}$$

$$W_\alpha(z, \xi) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\Gamma(\alpha + k + 2)}{\Gamma(\alpha + 2)\Gamma(k + 1)} \times$$

$$\times \left(\left(\frac{\bar{\xi} z}{|\xi|} \right)^k \int_{|\xi|}^1 \frac{(1 - x)^\alpha dx}{x^{k+1}} - \left(\frac{z}{\xi} \right)^k \int_0^{|\xi|} (1 - x)^\alpha x^{k-1} dx \right), z, \xi \in \mathbf{D},$$

is converges uniformly within \mathbf{D} if and only if $\sum_{k=1}^{\infty}(1 - |z_k|)^{\alpha+1} < \infty$. Moreover it represents an analytic function in \mathbf{D} .

2. MAIN RESULTS

We formulate now main results of this paper.

Theorem. Let $\alpha > -1$, $p \in (0, \infty)$ and $\{z_k\}_{k=1}^{\infty}$ be a sequence of complex numbers in the unit disk \mathbf{D} such that $0 < |z_k| \leq 1, k = 1, \dots$

1) Let $\int_0^1 (1 - r)^{\alpha+p} n^p(r) dr < \infty$.

Then we have $B_t(z, \{z_k\}) \in N_{\alpha, \beta}^{\infty, p}$, $\alpha > -1, \beta \geq 0$

if $0 < p \leq 1, \frac{\alpha+1}{p} < t < 2 + \frac{\alpha+1}{p}$,

if $1 < p < \infty, 1 + \frac{\alpha}{p} < t < 2 + \frac{\alpha+1}{p}$

and the infinite product converges absolutely and uniformly within D .

2) Let $\int_0^1 (1 - r)^{\alpha+1} n(r) dr < \infty$.

Then we have $B_t(z, \{z_k\}) \in N_{\alpha, \beta}^p$, $\alpha > -1, \beta > -1, t \in (\alpha + 1, \alpha + 3)$ and the infinite product converges absolutely and uniformly within D .

3) Let $\int_0^1 (1 - r)^\nu n(r) dr < \infty$.

Then we have $B_t(z, \{z_k\}) \in N_{p, \gamma, \nu}$, $\nu > -1, \gamma > 0, t \in (\gamma, \gamma + 2)$ and the infinite product converges absolutely and uniformly within D .

Proofs of our assertions are based on the following propositions.

Proposition 1. Let $f \in H(\mathbf{D})$, $\beta > -1, \gamma \geq 0, 0 < q < \infty$. Then

$$\begin{aligned} & \left(\int_0^1 (1 - \tau)^{\beta+(\gamma+1)q} \left(\int_{\mathbf{T}} \log^+ |f(\tau\xi)| dm(\xi) \right)^q d\tau \right)^{\frac{1}{q}} \leq \\ & \leq c_1 \left(\int_0^1 (1 - \tau)^\beta \left(\int_{|z|<\tau} \log^+ |f(z)|(1 - |z|)^\gamma dm_2(z) \right)^q d\tau \right)^{\frac{1}{q}}. \end{aligned}$$

Proposition 2. Let $f \in H(D), p \geq 1, q \in (0, \infty), \alpha > -1, \beta > -1, \tau = \beta + \frac{q}{p}(\alpha + 1)$. Then

$$\int_0^1 \left(\int_{|z|<R} (\log^+ |f(z)|)^p (1 - |z|)^\alpha dm_2(z) \right)^{q/p} (1 - R)^\beta dR < \infty$$

if and only if

$$\int_0^1 \left(\int_{\mathbf{T}} (\log^+ |f(r\xi)|)^p dm(\xi) \right)^{q/p} (1 - |z|)^\tau dr < \infty.$$

We define an extension of $T(f, r)$ to $T_q(f, r)$ in a usual way (see [10-11]).

Proposition 3. Let $f \in H(D), q \geq 1$ and $p \leq s$. Then

$$\left(\int_0^1 T_q^s(r, f)(1 - |z|)^\alpha d|z| \right)^{p/s} \leq \\ \leq c_5 \int_0^1 (1 - r)^\tau \left(\sup_{0 < \rho < r} T_q(\rho, f)(1 - |\rho|)^\gamma \right)^p dr,$$

for the following values of indexes:

$$\alpha > -1, p, q, s \in (0, \infty), \gamma \geq 0, \tau = (\alpha + 1)(p/s) - \gamma p - 1.$$

Our assertions in particular extend certain results obtained earlier in [12] and they lead directly to parametric representations of large area Nevanlinna spaces which we introduced in this note. We will discuss this in our next papers.

Related interesting problems in the half plane may also be considered (see for example [13] and various references there). Another complete version of this note with other results can be seen in [14] and with complete proofs.

REFERENCES

1. Hayman W. Meromorphic functions. Oxford University Press, 1964.
2. Džrbashian M.M., Shamoian F.A. Topics in the theory of A_p^α spaces. Leipzig. Teubner, 1988.
3. Džrbashian M.M. Integral transforms and representation of functions in complex plane. Moscow: Nauka, 1966. 624 p. (In Russian)
4. Shamoyan R., Arsenović M. On zero sets and parametric representations of some new analytic and meromorphic function spaces in the unit disk. Filomat. 2011. 25(3). Pp. 1–14.
5. Shamoyan R., Li H. Descriptions of zero sets and parametric representations of certain analytic area Nevanlinna type classes in disk. Proceedings of Razmadze Mathematical Institute. 2009. Vol. 151. Pp. 103–108.
6. Shamoyan R., Li H. Descriptions of zero sets and parametric representations of certain analytic area Nevanlinna type classes in the unit disk. Kragujevac Journal of Mathematics. 2010. Vol. 34. Pp. 73–89.
7. Shamoyan R., Mihić O. On zero sets and embeddings of some new analytic function spaces in the unit disc. Kragujevac Journal of Mathematics. 2014. 38(2). Pp. 229–244.
8. Shamoyan R., Mihić O. On zeros of some analytic spaces of area Nevanlinna type in a halfplane. Trudy of Petrozavodsk State University. Ser. Mat. 2010. Vol. 17. Pp. 67–72.
9. Shamoyan F.A. Parametric representation and description of the root sets of weighted classes of functions holomorphic in the disk. Siberian Math. Journal. 1999. Vol. 40. No. 6. Pp. 1452–1470. (In Russian)
10. Shamoyan F.A., Shubabko E.N. Parametric representations of some classes of holomorphic functions in the disk. Complex analysis, operators and related topics. Operator Theory: Advances and Applications. 2000. Vol. 113. Pp. 331–338.
11. Džrbashian M.M., Zakharyan V. Classes and boundary properties of functions that are meromorphic in the disk. Moscow: Nauka, 1993. (In Russian)
12. Shubabko E.N. Phd Dissertation. Bryansk, 2001. (In Russian)
13. Mikayelyan G. Some properties of Blaschke type products in the half – plane. Proceedings of the YSU, Physical and Mathematical Sciences, 54:2 (2020), 101–107.
14. Shamoyan R., Mihic O. On Some properties of Blaschke type products in large area Nevanlinna type spaces: preprint, 2021 (submitted).

Information about the author

Shamoyan Romi F., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovski;

241036, Russia, Bryansk, 14 Bezhitskaya street;
rsham@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8415-9822>

Mihic Olivera R., Professor, University of Belgrade;

11000, Serbia, Belgrade, Student Square 1;
oliveradj@fon.rs, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6809-5881>

УДК 517.55+517.33

Научная статья

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ К ПРОИЗВЕДЕНИЯМ ТИПА БЛЯШКЕ В ПРОСТРАНСТВАХ ТИПА НЕВАНЛИННА В ЕДИНИЧНОМ КРУГЕ*

Р.Ф. ШАМОЯН¹, О.Р. МИХИЧ²

¹ Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского
241036, Россия, Брянск, ул. Бежицкая, 14

² Белградский университет
11000, Сербия, Белград, Студенческая площадь, 1

Аннотация. В работе вводятся новые пространства типа Неванлинна в единичном круге и приводятся новые утверждения о принадлежности бесконечных произведений типа Бляшке этим пространствам. Ранее подобные теоремы для этих же бесконечных произведений были доказаны различными авторами в менее общих классах типа Неванлинна в единичном круге. Наши теоремы могут быть в дальнейшем применены для получения новых параметрических представлений указанных новых широких классов типа Неванлинна в единичном круге через упомянутые нами бесконечные произведения типа Бляшке.

Ключевые слова: аналитическая функция, произведение типа Бляшке, пространства типа Неванлинна, характеристика типа Неванлинна, параметрические представления

Статья поступила в редакцию 10.03.2022

Принята к публикации 15.04.2022

Для цитирования. Шамоян Р.Ф., Михич О.Р. Некоторые замечания к произведениям типа Бляшке в пространствах типа Неванлинна в единичном круге // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 17–21. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-17-21

Информация об авторах

Шамоян Роми Файзоевич, канд. физ.-мат. наук, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского;

241036, Россия, Брянск, ул. Бежицкая, 14;
rsham@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8415-9822>

Оливера Михич, профессор, Белградский университет;

11000, Сербия, Белград, Студенческая площадь 1;
oliveradj@fon.rs, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6809-5881>

* При поддержке МНТР Сербии, проект № 174017

УДК: 004.514; 004.623

DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-22-30

EDN: DHNMWA

Научная статья

СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ*

А.М. КСАЛОВ¹, К.Ч. БЖИХАТЛОВ², С.А. КАНКУЛОВ¹,
Б.А. АТАЛИКОВ¹, А.З. ЭНЕС¹

¹ Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

² Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360010, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2

Аннотация. В статье описана разработка системы визуализации данных для интеллектуальной интегрированной экспертной системы активной защиты растений. Кроме того, в статье описана структура используемых баз данных и предложен дизайн сайта. За сбор и обработку данных отвечает сервер, имеющий доступ как к автономным агро-роботам, так и к конечному пользователю. Система визуализации данных реализована как интернет-сайт. Разработанная система позволит реализовать сбор данных с роботов и метеостанций, визуализацию данных о состоянии посевов и внешней среды, а также управление автономными роботами. Использование вывода данных поверх карт, полученных из геоинформационных систем, позволит контролировать пространственное и временное распределение состояния посевов и внешней среды.

Ключевые слова: визуализация данных, базы данных, сельскохозяйственный мониторинг, умное поле

Статья поступила в редакцию 15.03.2022

Принята к публикации 10.04.2022

Для цитирования. Ксалов А.М., Бжихатлов К.Ч., Канкулов С.А., Аталиков Б.А., Энес А.З. Система визуализации данных для интеллектуальной экспертной системы активной защиты растений // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 22–30. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-22-30

ВВЕДЕНИЕ

Существует множество систем визуализации данных, применяемых для мониторинга состояния в сельском хозяйстве [1, 2], в том числе и для работы с группами автономных сельскохозяйственных роботов. Для анализа и визуализации применяют системы анализа больших объемов данных (big data) и искусственные нейронные сети (artificial neural networks). В работе [3] приведены методы визуализации данных системы экологического мониторинга. Авторами реализованы системы построения полупрозрачной и непрозрачной карты распределения данных на топографической карте местности и отображения данных в виде графиков или таблиц. Также приведены подходы к использованию растровых картографических изображений и применению данных геоинформационных систем. При этом авторами не реализованы системы погрузки динамически изменяемой карты данных поверх картографиче-

© Ксалов А.М., Бжихатлов К.Ч., Канкулов С.А., Аталиков Б.А., Энес А.З., 2022

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Фонда содействия инновациям «Разработка прототипа интеллектуальной интегрированной экспертной системы активной защиты растений» (Договор № 58ГС1ИИС12-D7/72187 от 22.12.2021)

ских снимков, что позволило бы в реальном времени отслеживать динамику изменения параметров. Похожая задача решалась авторами веб-системы обработки и визуализации метеоданных [4] на основе платформы ATMOS [5]. Разработанный сайт представляет собой динамическую форму ввода параметров и их последующей визуализации с системой вывода карты климатических характеристик, что позволяет подгружать данные от распределенной сети пользователей, но авторами не предложена реализация отображения динамически изменяемых параметров. Стоит отметить, что реализация системы визуализации данных в виде веб-ресурса упрощает процесс разработки и поддержки системы и исключает необходимость оптимизации под различные платформы. Подобным подходом воспользовались авторы работ [5–8], что позволило разработать системы визуализации различного назначения (вплоть до создания трехмерных моделей метеопроцессов в работе [8]) на схожих принципах и реализовать систему поддержки для них, в отличие от платформо-зависимых решений [9].

Рассмотренные системы визуализации данных не имеют открытых протоколов обмена данными, позволяющих масштабировать эти системы и применять их в схожих задачах. Кроме того, в результате разработка специализированных систем мониторинга данных зачастую требует создания отдельной системы визуализации для нее. В частности, при разработке интеллектуальной системы активной защиты растений (в рамках систем «умного» поля [10]) встал вопрос о разработке соответствующего модуля вывода данных о состоянии посевов. Модуль вывода данных должен иметь возможность автоматического сбора данных и их отображения на карте местности, причем с учетом динамики процесса. Кроме того, стоит учитывать, что система активной защиты растений может состоять из одного или нескольких роботов, позволяющих выполнять мониторинг состояния посевов и их обработку без участия человека (пример подобного робота приведен на рисунке 1). Каждый робот или отдельная автономная станция сбора данных (метеостанция) является независимым источником информации, то есть ставится задача автоматической масштабируемости модуля вывода данных.



Рис. 1. Робототехническая платформа для сбора данных

Цель работы: разработка системы визуализации данных для интеллектуальной экспертной системы активной защиты растений.

Объект исследования: системы визуализации данных.

Предмет исследования: программная модель и структура данных для системы визуализации.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ

Интеллектуальная система активной защиты растений состоит из автономного робота и других модулей сбора данных, расположенных непосредственно в области посевов; сервера, на котором расположены система сбора данных и интеллектуальная система принятия решений; пульта управления, позволяющего пользователю контролировать систему и анализировать данные. Информация с датчиков на автономных роботах и стационарных станциях передается на сервер, где сразу записывается в соответствующую базу данных. Затем по полученным данным сервер проводит промежуточные расчеты (например, сумму активных температур) и отправляет информацию в систему принятия решений (в качестве которой предполагается использование мультиагентной системы моделирования нейрокognитивных процессов [11, 12]), которая в свою очередь отправляет команды эффекторам робота. Обмен данными между датчиками и сервером проходит за счет беспроводных каналов связи (например, LoRaWan [13] или сотовой связи LTE/GSM).

Визуализация данных происходит на конечном устройстве пользователя (персональный компьютер или смартфон) в виде веб-интерфейса. Для этого предполагается реализация системы авторизации, которая позволит идентифицировать пользователя и связанных с ним роботов. Затем из базы данных с показаниями датчиков на экране пользователя строятся графики зависимости состояния посевов. Кроме того, эти данные совместно с данными из открытых геоинформационных систем позволяют выводить карту обрабатываемых посевов с указанием положения важных объектов на поле. Для постановки задач в веб-интерфейсе предполагается реализация системы управления роботом, которая отправляет задания пользователя в систему принятия решений. Описанная архитектура программной модели визуализации данных приведена на рисунке 2.

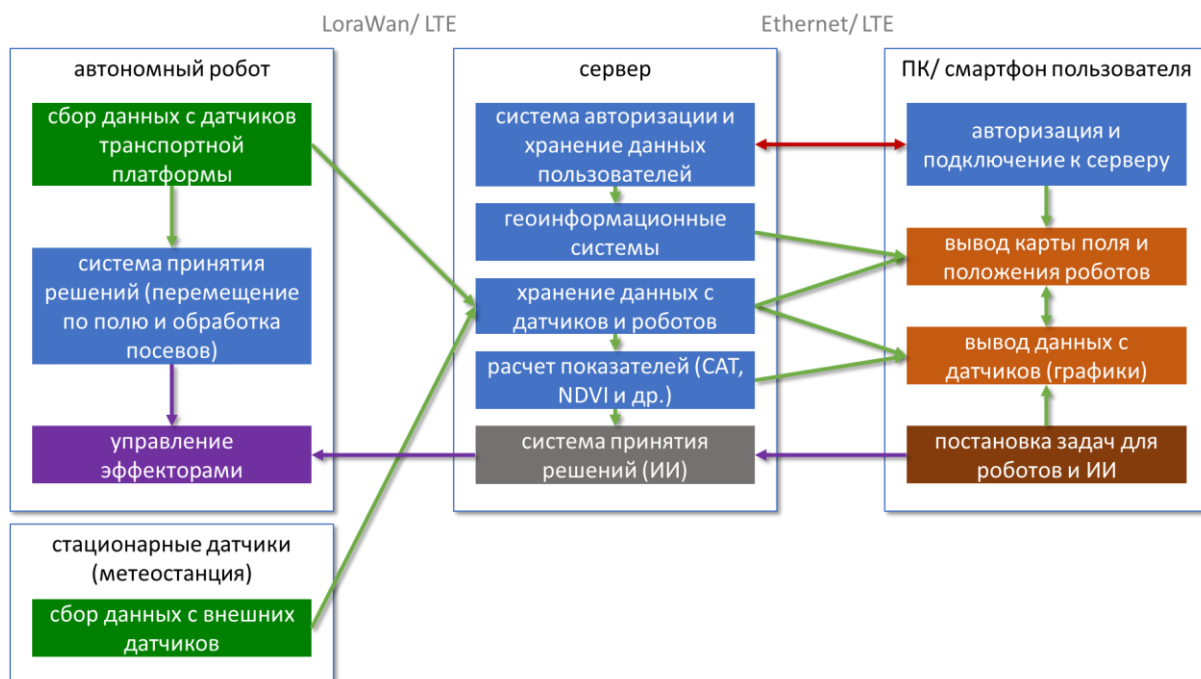


Рис. 2. Архитектура программной модели визуализации данных

Стоит отметить, указанный в архитектуре сервер отвечает за хранение всех полученных с поля данных. Структура базы данных интеллектуальной экспертной системы активной защиты растений показана на рисунке 3. В базе данных используются четыре основные таблицы: users (данные пользователей), robots (данные о автономных роботах), fields (информация об обрабатываемых полях) и measurements (данные измерений), а также две связующие таблицы: user_robot и user_field.

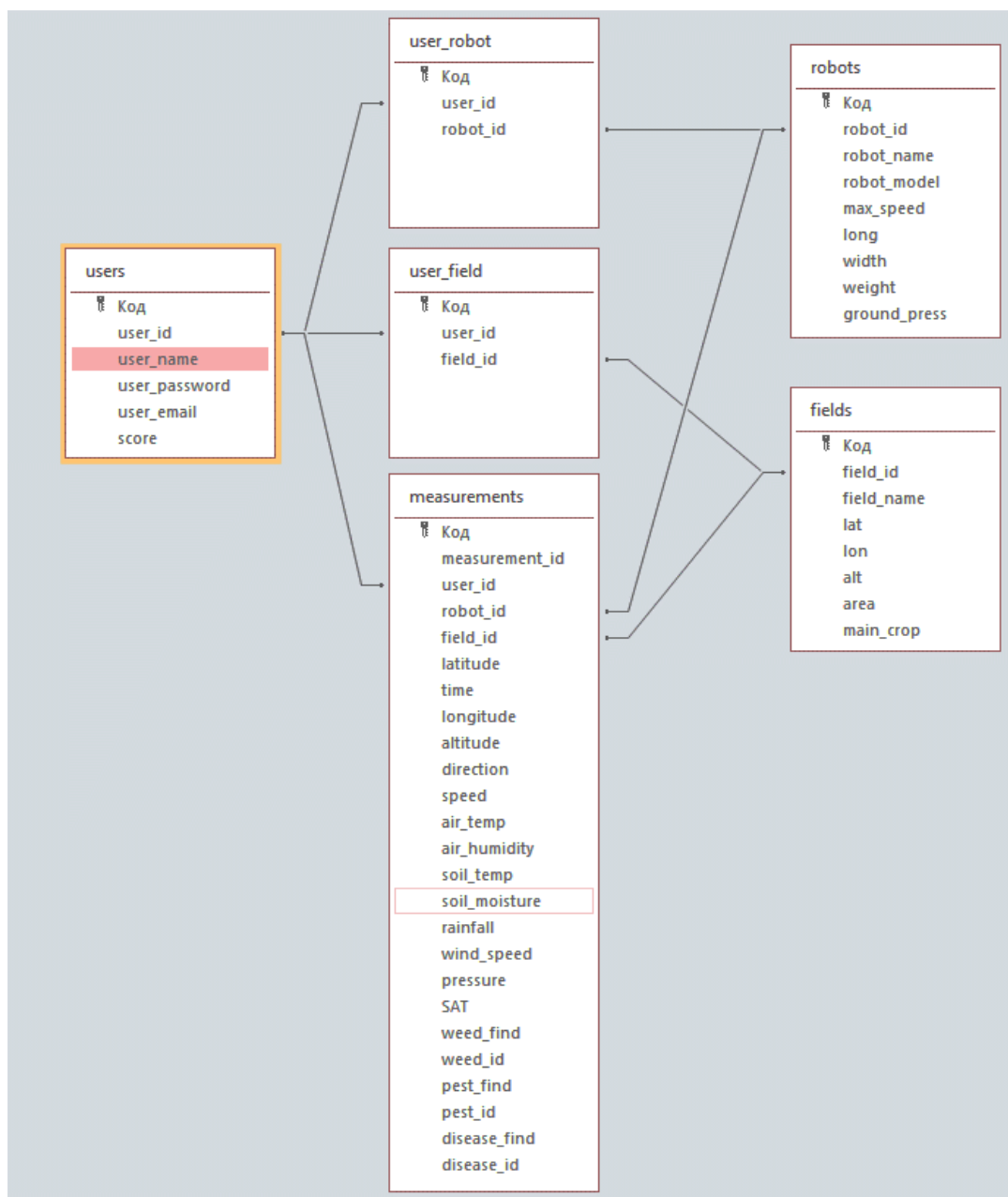


Рис. 3. Структура базы данных для интеллектуальной экспертной системы активной защиты растений

Таблица users содержит данные для авторизации и информацию о счете пользователя, а также ссылки на принадлежащие пользователю поля и используемых им роботов. В таблице robots хранятся наименования роботов и их характеристики (модель, максимальная скорость, габариты, вес, удельное давление на грунт и др.). Стоит отметить, что стационарные датчики

в этой модели также рассматриваются как роботы. Таблица fields описывает общие данные о засеянных полях: их расположение, размеры и основную культуру.

В процессе работы автономные роботы и метеостанции постоянно проводят замеры состояния полей, после чего данные отправляются на сервер и вносятся в таблицу measurements. В таблице ссылки на поле, где проходит измерение, робота, проводившего измерение, и пользователя, для которого эти данные сформированы. К каждому измерению указывается место (положение робота) и время измерения, а также все данные с сенсорной подсистемы робота. Например, в приведенной архитектуре измеряются параметры самого робота (скорость и направление движения), состояние внешней среды (температура, влажность почвы и воздуха, скорость ветра, давление и др.), а также информация об обнаружении угроз. В частности, для посевов кукурузы логическое поле pest_find указывает на то, что был обнаружен вредитель, а pest_id содержит ссылку на класс обнаруженного вредителя (это может быть хлопковая совка, кукурузный мотылек, уховертка и др. [14, 15]). Подобная реализация базы данных позволит отслеживать место и время появления конкретного вредителя и условия, при которых возникла угроза посевам.

РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНА СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ

Для реализации системы визуализации данных интеллектуальной экспертной системы активной защиты растений разработаны схема сайта (рисунок 4) и его дизайн (рисунок 5). Базовым требованием к графическому отображению была максимальная информативность при сохранении простоты интерфейса [16, 17]. В основе каркаса сайта лежит таблица 4*6, в ячейках которой расположены основные графические элементы. В заголовке сайта находятся два ряда элементов, в которых расположены логотип, кнопка вызова меню, блок с информацией о пользователе, список для выбора полей и их параметры.

логотип	кн. меню	Пользователь (ЛК)	оплата/ инф	header
выбранное поле (список полей)	характеристики поля (координаты, посевы)			
карта поля (карта поля с отображением границ поля, положения роботов и датчиков и места обнаружения вредителей и сорняков, а также возможность отображения «тепловых карт» по различным показателям)		кнопки для постановки миссий (вкл/выкл роботов и указание целей)	основная часть	
графики зависимости (динамика выбранного показателя в указанном временном окне)		настройки вывода данных (временная шкала, выводимые данные, сохранение данных)		
контакты, ссылки и др				footer

Рис. 4. Схема сайта визуализации данных для экспертной системы активной защиты растений

Основная часть окна занята двумя блоками: выводом карты поля и выводом графиков показаний датчиков. На карте поля предполагается вывод графического изображения поля (по данным ГИС-систем или спутниковых снимков) с указанием на карте важных объектов. Правая часть блока карты предназначена для элементов управления постановкой миссии и настройки вывода данных (внешний вид, указываемые элементы и т.д.). Эта область позволяет визуально отслеживать перемещения и процесс работы автономных роботов на полях с посевами, а также пространственное распределение обнаруженных угроз. При этом предполагается реализация отслеживания перемещения не только роботов, но и других активных элементов (людей, других роботов и вредителей). Ниже расположена область для вывода зависимости показаний датчиков от времени. Эти графики позволяют отслеживать динамику изменений внешних условий. Настройки вывода (отображаемые параметры, временное окно и др.) находятся слева от самого графика. «Подвал» сайта используется для вывода общей информации (контакты и ссылки).

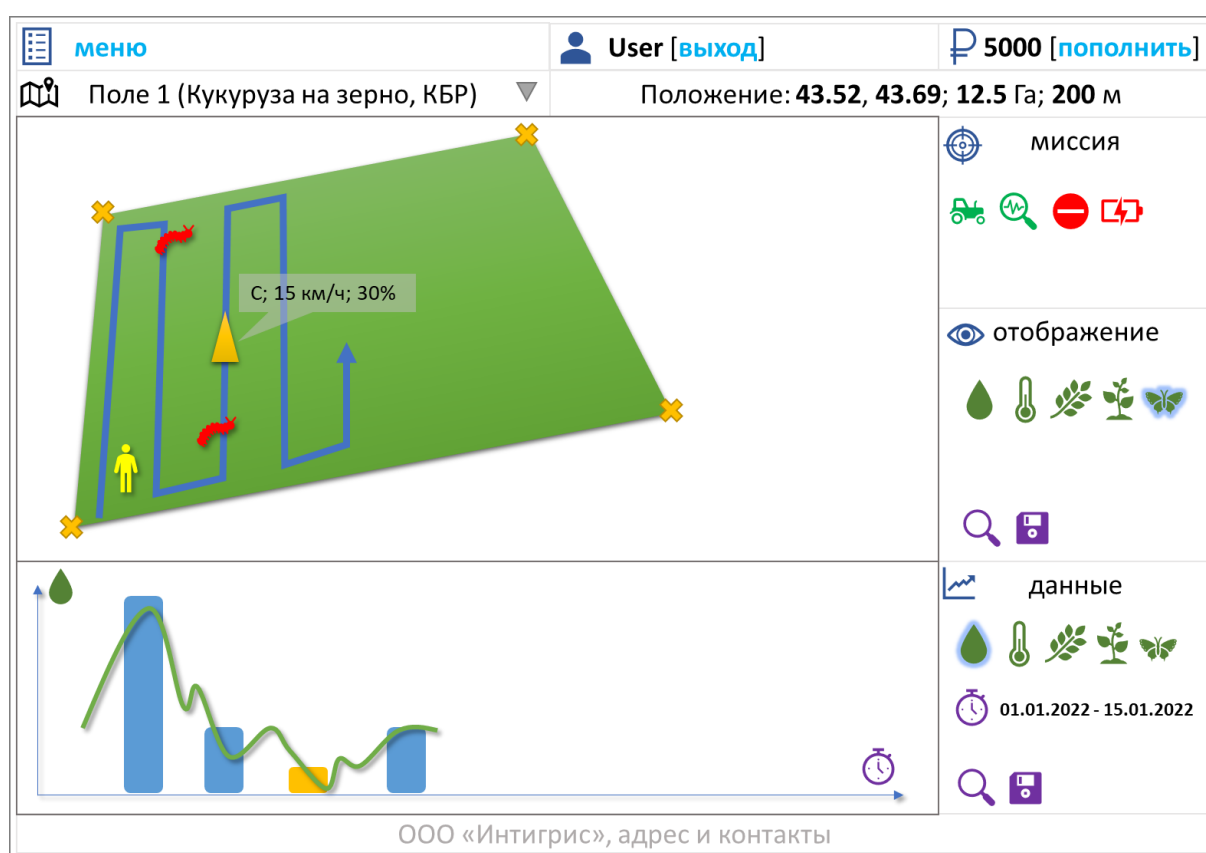


Рис. 5. Дизайн системы визуализации данных

На рисунке 5 показан примерный дизайн сайта для визуализации данных. Стоит отметить, что в дизайне сайта предусмотрена возможность переключения режимов отображения (влажность, температура, заболевания, сорняки, вредители), изменения масштабов карты и графика, сохранения данных на локальный диск.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная система визуализации данных для экспертной системы активной защиты растений обеспечит сбор данных с автономных роботов и стационарных метеостанций и визуализацию данных о состоянии посевов и внешней среды, в том числе и в режиме ре-

ального времени. Использование вывода данных поверх карт, полученных из геоинформационных систем, позволит агропроизводителю не только контролировать общее состояние посевов, но и понимать пространственное и временное распределение различных параметров (например, наличия вредителей). Стоит отметить, что предполагается использовать открытые протоколы обмена данными между датчиками и системой визуализации, что в будущем позволит легко масштабировать систему. Результаты исследования планируется применять в реализации интеллектуальной интегрированной экспертной системы активной защиты растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Pushkarev A., Yakubailik O.* A web application for visualization, analysis, and processing of agricultural monitoring spatial-temporal data. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. Vol. 3006. Pp. 231–237. URL: http://ceur-ws.org/Vol-3006/27_short_paper.pdf
2. *Acedo G.G.* Data visualization and analysis of agricultural land use system employing GI. *ICCDE 2020: Proceedings of 2020 the 6th International Conference on Computing and Data Engineering*. 2020. Pp. 121–125. DOI: <https://doi.org/10.1145/3379247.3379280>.
3. *Telegina M.V.* Visualization of data of the industrial environmental monitoring system. *Prikladnaya informatika* [Journal of Applied Informatics]. 2009. No. 2. Pp. 107–114. (In Russian)
4. *Okladnikov I.G., Titov A.G., Melnikova V.N. et al.* Web-system for processing and visualization of meteorological and climatic data. *Vychislitel'nye tekhnologii* [Computational Technologies]. 2008. No. S3. Pp. 64–69. (In Russian)
5. *Gordov E.P., Lykosov V.N., Fazliev A.Z.* Web portal on environmental sciences «ATMOS». *Adv. Geosci.* 2006. Vol. 8. Pp. 33–38. DOI: <https://doi.org/10.5194/adgeo-8-33-2006>.
6. *Milikhin M.M., Gritsenko Yu.B., Rychagov M.M.* Combined method of visualization of cartographic data of a web-based geoinformation system. *Doklady TUSURa* [Proceedings of the TUSUR University]. 2015. No. 1 (35). (In Russian)
7. *Lovtskaya O.V., Koshelev K.B., Baldakov N.A.* Web-GIS for visualization of the results of modeling hazardous hydrological situations. *Izvestiya AO RGS* [News of The Altai Branch of The Russian Geographical Society]. 2015. No. 4 (39). Pp. 49 – 52. (In Russian)
8. *M. Koutek, I. van der Neut* Web-based 3D Meteo Visualization: 3D Rendering Farms from a New Perspective. *EnvirVis: Workshop on Visualisation in Environmental Sciences*. 2018. Pp. 9–17. DOI: <http://doi.org/10.2312/envirvis.20181132>.
9. *Maltsev S.A., Krasnopevtseva N.A., Stychev S.N.* Creation of a data visualization system using the Processing language. *Innovatsionnaya nauka* [Innovation Science]. 2021. No. 4. Pp. 63–65. (In Russian)
10. *Nagoev Z.V., Shuganov V.M., Bzhikhatlov K.Ch. et al.* Prospects for increasing the productivity and efficiency of agricultural production using an intelligent integrated environment. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2021. No. 6 (104). Pp. 155–165. DOI: <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-6-104-155-165>. (In Russian)
11. *Nagoev Z., Nagoeva O., Gurtueva I. et al.* Multi-agent Algorithms for Building Semantic Representations of Spatial Information in a Framework of Neurocognitive Architecture. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 948. Pp. 379–386. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-25719-4_49

12. *Nagoev Z.V., Bzhikhatlov K.Ch., Pshenokova I.A. et al.* Autonomous synthesis of spatial ontologies in the decision-making system of a mobile robot based on self-organization of a multi-agent neurocognitive architecture. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2020. No. 6 (98). DOI: <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2020-6-98-68-79>. (In Russian)

13. LoRaWAN 1.1 Specification. / LoRa Alliance. 2017. Интернет-ресурс. URL: https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/lorawantm_specification_-v1.1.pdf

14. *Ribas N.S., McNeil J.N., Araujo H.D. et al.* The Effect of Resistance to Bt Corn on the Reproductive Output of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*, 2022. Vol. 13, 196. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13020196>

15. *Pachkin A., Kremneva O., Popov I. et al.* Comparative assessment of the efficiency of light traps of various design in corn agrocenosis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 403. 012141. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012141>

16. *Robinsa D., Holmes J.* Aesthetics and credibility in web site design . *Information Processing & Management*. 2008. Vol. 44. Pp. 386–399. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2007.02.003>

17. *Balajee R.M., Jayanthi Kannan M.K., Murali Mohan V.* Web Design Focusing on Users Viewing Experience with Respect to Static and Dynamic Nature of Web Sites. *Inventive Computation and Information Technologies. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Vol. 336. Pp. 51–60. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-6723-7_5

Сведения об авторах

Ксалов Арсен Мухарбиевич, науч. сотр. отдела «Компьютерная лингвистика», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН; 360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а; arsenksal@gmail.com

Бжихатлов Кантемир Чамалович, канд. физ.-мат. наук, зав. лаб. «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН; 360002, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2; haosit13@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0924-0193>

Канкулов Султан Ахмедович, стажер-исследователь лаб. «Интеллектуальные среды обитания», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН; 360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а; skankulov@mail.ru

Аталиков Борис Анзорович, стажер-исследователь лаб. «Интеллектуальные среды обитания», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а; atalikov10@gmail.com

Энес Ахмед Зюлфикар, стажер-исследователь лаб. «Интеллектуальные среды обитания», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а; ahmedenes@mail.ru

DATA VISUALIZATION SYSTEM FOR INTELLIGENT EXPERT SYSTEM OF ACTIVE PLANT PROTECTION*

A.M. KSALOV¹, K.Ch. BZHIKHATLOV², S.A. KANKULOV¹,
B.A. ATALIKOV¹, A.Z. ENES¹

¹ Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street

² Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

Annotation. The development of a data visualization system for an intelligent integrated expert system for active plant protection is described in this article. In addition, the structure of the databases used and the proposed site design are described in the article. The server, which has access to autonomous agrobots and to the end user, is responsible for data aggregation and processing. The data visualization system is implemented as a website. The developed data visualization system will make it possible to collect data from robots and weather stations, visualize data on the state of crops and weather, and control autonomous robots. The output of data over maps obtained from geographical information systems will make it possible to control the spatial and temporal distribution of the state of crops and weather.

Keywords: data visualization, databases, agricultural monitoring, smart field

The article was submitted 15.03.2022

Accepted for publication 10.04.2022

For citation. Ksalov A.M., Bzhikhatlov K.Ch., Kankulov S.A., Atalikov B.A., Enes A.Z. Data visualization system for intelligent expert system of active plant protection. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2022. No. 2 (106). Pp. 22–30. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-22-30

Information about the authors

Ksalov Arsen Mukharbievich, Researcher, Department «Computational Linguistics», Institute of Computer Science and Problems of Regional Management, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;
arsensal@gmail.com

Bzhikhatlov Kantemir Chamalovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory «Neurocognitive Autonomous Intelligent Systems» of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360002, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;
haosit13@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0924-0193>

Kankulov Sultan Akhmedovich, trainee researcher of the Laboratory «Intellectual Habitats» of the Institute of Computer Science and Problems of Regional Management of the KBSC of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;
skankulov@mail.ru

Atalikov Boris Anzorovich, trainee researcher of the Laboratory «Intellectual Habitats» of the Institute of Computer Science and Problems of Regional Management of KBSC of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;
atalikov10@gmail.com

Enes Ahmed Zulfikar, trainee researcher of the Laboratory «Intellectual Habitats» of the Institute of Computer Science and Problems of Regional Management of KBSC of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;
ahmedenes@mail.ru

* The work was supported by FASIE grant «Development of a prototype of an intelligent integrated expert system for active plant protection» (contract № 58ГС1ИИС12-D7/72187 dated 22.12.2021)

УДК: 004.75; 004.81

DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-31-40

EDN: GSPMBQ

Научная статья

РАЗРАБОТКА ТРАНСПОРТНОЙ ПОДСИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО РОБОТА ДЛЯ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ*

А.М. КСАЛОВ¹, К.Ч. БЖИХАТЛОВ², И.А. ПШЕНОКОВА¹, А.У. ЗАММОЕВ²

¹ Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

² Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360010, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2

Аннотация. Для сокращения поступления пестицидов и снижения химической нагрузки на окружающую среду при сохранении необходимого уровня производства продуктов питания необходимо повысить эффективность процессов мониторинга и защиты растений. Поэтому весьма актуальной является задача проектирования, разработки, тестирования и оценки автоматических и роботизированных систем для эффективной борьбы с сорняками и вредителями, направленных на сокращение использования химических веществ, повышение качества сельскохозяйственных культур и улучшение здоровья и безопасности работников отрасли. Для эффективного выполнения задачи мониторинга состояния посевов необходимо разработать транспортную подсистему робота сельскохозяйственного назначения с системой навигации и ориентации, обеспечивающей автономное перемещение по полю без опасности повреждения посадок.

В статье представлена структурная схема транспортной платформы автономного сельскохозяйственного робота, состоящая из набора сенсоров и эффекторов, обеспечивающих ориентацию и навигацию робота среди посевов. Также приведена трехмерная модель расположения сенсоров и эффекторов. Представлена модель системы управления транспортной платформы на основе инварианта нейрокогнитивной мультиагентной архитектуры. Разработан программный компонент системы управления транспортной платформой, который обеспечивает сбор и агрегацию данных, обмен сообщениями между платформой и сервером, а также вывод данных на экран пользователя. Предложенная архитектура транспортной подсистемы позволит обеспечить автономное перемещение роботов в частично наблюдаемой недетерминированной среде на достаточно большие расстояния без необходимости супервизорного контроля со стороны человека.

Ключевые слова: автономный робот, сельскохозяйственный мониторинг, автономная навигация, транспортная платформа

Статья поступила в редакцию 15.03.2022

Принята к публикации 11.04.2022

Для цитирования. Ксалов А.М., Бжихатлов К.Ч., Пшенокова И.А., Заммоев А.У. Разработка транспортной подсистемы автономного робота для системы активной защиты растений // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 31–40. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-31-40

ВВЕДЕНИЕ

По данным Food and Agriculture organization ООН, ежегодно до 40 процентов объема мирового производства кукурузы теряется вследствие нашествия вредителей [1, 2], что наносит значительный ущерб сельскохозяйственной отрасли. Решение этой проблемы ве-

© Ксалов А.М., Бжихатлов К.Ч., Пшенокова И.А., Заммоев А.У., 2022

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Фонда содействия инновациям «Разработка прототипа интеллектуальной интегрированной экспертной системы активной защиты растений» (Договор № 58ГС1ИИС12-D7/72187 от 22.12.2021)

дет к увеличению использования пестицидов, что в свою очередь приводит к неустойчивой химической нагрузке на окружающую среду. Для сокращения поступления пестицидов и снижения химической нагрузки на окружающую среду при сохранении необходимого уровня производства продуктов питания необходимо повысить эффективность процессов мониторинга и защиты растений. Поэтому весьма актуальной является задача проектирования, разработки, тестирования и оценки автоматических и роботизированных систем для эффективной борьбы с сорняками и вредителями, направленных на сокращение использования химических веществ, повышение качества сельскохозяйственных культур и улучшение здоровья и безопасности работников отрасли.

Использование точных технологий управления и контроля в сельском хозяйстве может обеспечить существенную экономию гербицидов и пестицидов за счет использования новых доступных технологий, таких как глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), географические информационные системы (ГИС), автоматизированная сельскохозяйственная техника, системы изображения с высоким разрешением, сложные датчики, автоматическое управление и робототехника. Современный подход заключается в использовании существующих информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) для проектирования и создания улучшенных датчиков вредителей сельскохозяйственных культур, усовершенствованных приводов и мобильных роботов для обеспечения надлежащей борьбы с вредителями. В частности, в последние десятилетия было предпринято и опробовано несколько попыток построить сельскохозяйственные автономные системы для внедрения методов точного земледелия в реальных условиях. В этих усилиях использовались различные подходы. В работах [3–5] описаны три основных подхода к проектированию автономных сельскохозяйственных систем для внедрения методов точного земледелия в реальных условиях. В [6] приведены научно-технические цели, проблемы и результаты, достигнутые в процессе проектирования, разработки и тестирования автоматизированных интеллектуальных систем и роботов для эффективной борьбы с сорняками и болезнями в сельском хозяйстве как в химической, так и в физической (то есть механической и тепловой) областях.

Для эффективного выполнения задачи мониторинга состояния посевов необходимо разработать транспортную подсистему робота сельскохозяйственного назначения с системой навигации и ориентации, обеспечивающей неповреждение посадок.

Объект исследования: система навигации и ориентации автономного робота сельскохозяйственного назначения.

Предмет исследования: модели транспортной подсистемы автономного робота сельскохозяйственного назначения.

Цель исследования: разработка интеллектуальной системы активной защиты растений автономного робота сельскохозяйственного назначения.

Задача исследования: разработка архитектуры и программной модели транспортной подсистемы автономного робота.

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ПОДСИСТЕМЫ

Разрабатываемая интеллектуальная экспертная система активной защиты растений предназначена для постоянного мониторинга состояния посевов *in situ*. То есть в рамках работы системы защиты растений необходимо обеспечить постоянное перемещение автономного робота по засеянным площадям. Для этого разработана транспортная платформа, представляющая собой набор сенсоров и эффекторов, обеспечивающих ориентацию и навигацию робота среди посевов. Структурная схема транспортной платформы показана на рисунке 1, а схема расположения сенсоров и эффекторов – на рисунке 2.

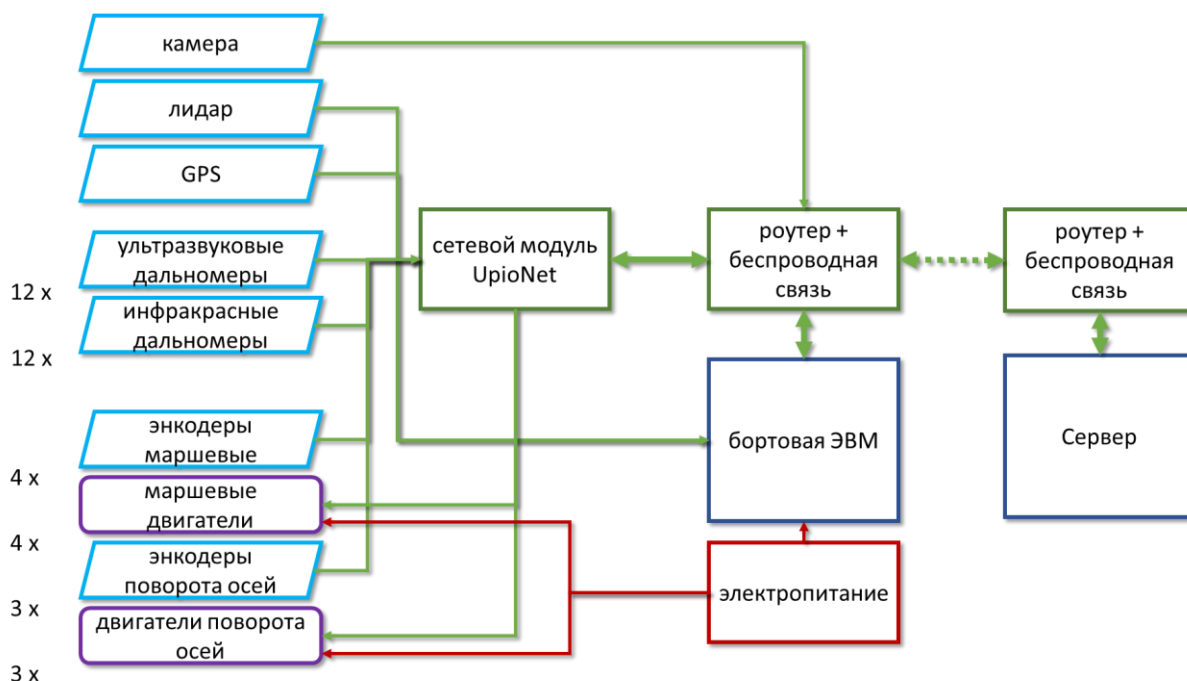


Рис. 1. Структурная схема подсистемы глобальных перемещений для транспортной платформы системы активной защиты растений

Сенсорная подсистема ориентации и навигации состоит из лидара [7], модуля GPS-навигации [8], а также набора ультразвуковых [9] и инфракрасных дальномеров [10]. Модуль GPS-навигации на открытой местности позволяет достаточно точно определить глобальное положение робота (географическую широту, долготу и высоту над уровнем моря), а также скорость и направление движения. Лазерный сканер и дальномеры обеспечивают обнаружение препятствий вокруг транспортной платформы и удержание междурядья за счет контроля расстояния от бортов до посадок. Кроме того, дополнительный контроль перемещения позволяет обеспечивать камера, установленная в передней части транспортной платформы.

В качестве эффекторов на транспортной платформе установлены 4 независимых мотор-колеса и 3 привода для поворота осей. На каждом из двигателей установлены энкодеры, позволяющие контролировать скорость вращения колес и угол поворота осей. Все сенсоры и эффекторы транспортной платформы подключены к модулю сбора и передачи данных (UpioNet модуль) по I2C протоколу. Модуль обеспечивает сбор данных с датчиков, отправку команд эффекторам и отправку данных по протоколу TCP/IP на систему принятия решений. Связь как с бортовой ЭВМ, так и с внешними серверами системы принятия решений происходит через роутер со встроенным модулем беспроводной связи (GSM/LTE или LoRa WAN). IP камера подключена к роутеру напрямую. Стоит отметить, что подобная реализация позволяет распределить вычислительную нагрузку между ЭВМ робота и облачным сервисом, что значительно снижает объем передаваемых данных и нагрузку на сервер.

На рисунке 2 показано расположение дальномеров (dist), лидара (lidar), модуля навигации (gps), камеры (cam), двигателей моторов (m), приводов для поворота осей (sm) и энкодеров (enc). На рисунке 3 приведена трехмерная модель расположения сенсоров и эффекторов. Пары дальномеров установлены по всему периметру транспортной платформы и отслеживают положение посевов по бокам и появление невысоких препятствий перед и за роботом.

РАЗРАБОТКА ТРАНСПОРТНОЙ ПОДСИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО РОБОТА
ДЛЯ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

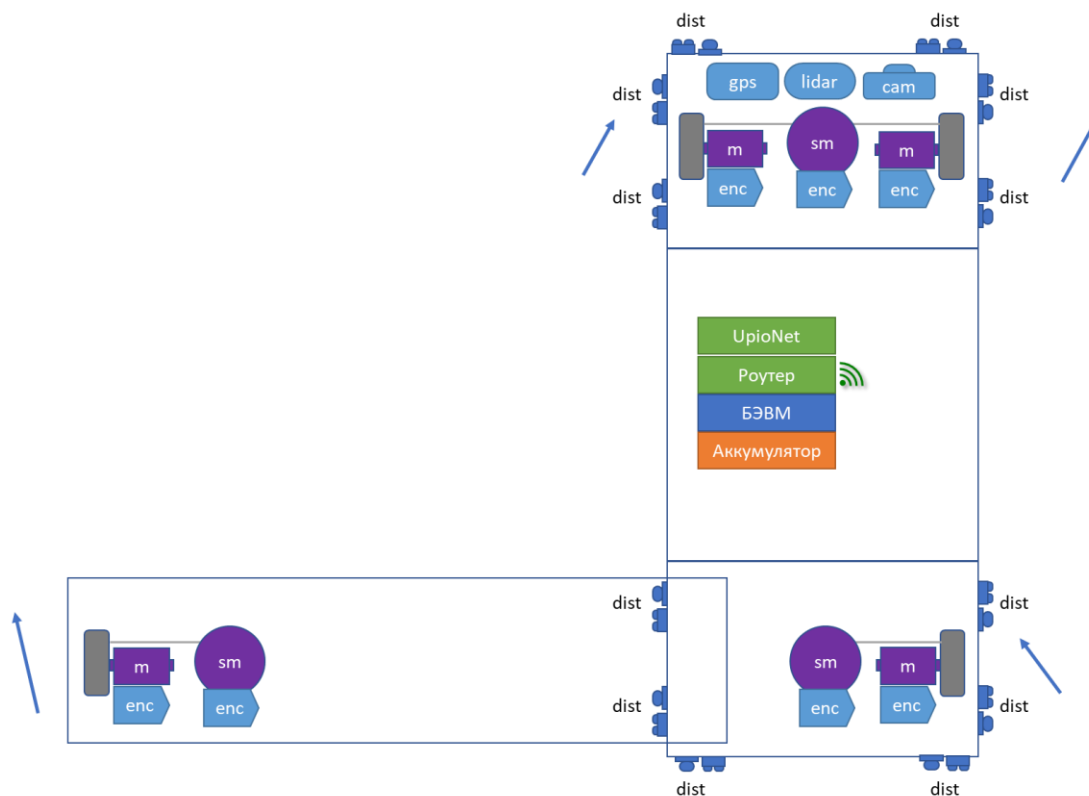


Рис. 2. Схема расположения сенсоров и эффекторов системы ориентации и навигации на транспортной платформе системы активной защиты растений

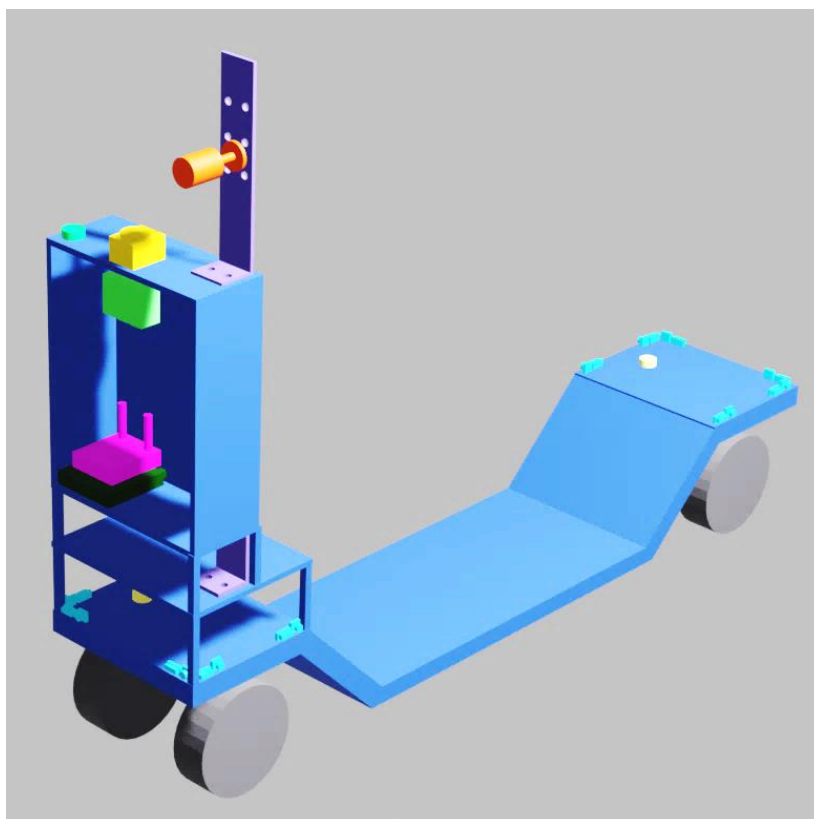


Рис. 3. Трехмерная модель расположения датчиков системы ориентации и навигации на транспортной платформе

Лидар расположен выше, что позволяет строить виртуальную карту местности без необходимости учета «слепых» зон. GPS-приемник и камера также расположены в верхней части платформы для обеспечения лучшего приема сигнала спутников и видимости соответственно. На трехмерной модели показана только транспортная платформа без манипулятора и системы опрыскивания растений.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ

Управление транспортной платформой, как и всей системой активной защиты растений, обеспечивается системой принятия решений на базе нейрокогнитивной мультиагентной архитектуры [11]. В [12] было введено понятие интеллектуального агента, который управляется мультиагентной нейрокогнитивной архитектурой, состоящей из программных агентов-нейронов, синтезирующих свое поведение в интересах максимизации собственных локальных целевых функций. Взаимодействие между агентами-нейронами (агнейронами) осуществляется посредством выполнения мультиагентного алгоритма – обмена сообщениями в рамках единой системы функциональных узлов. Последовательность функциональных узлов образует инвариант организационной структуры принятия решений [13]. Такая последовательность включает в себя функциональные узлы распознавания состояний по входным данным с сенсоров, оценки состояний, синтеза целей, синтеза действий, контроля выполнения действий, эффекторы для непосредственного воздействия на внешнюю среду.

На автономном роботе установлены сенсоры, эффекторы и программа управления, обеспечивающая сбор и отправку данных. Данные с датчиков робота попадают на сервер, где отправляются в систему принятия решений. При этом каждому датчику на роботе соответствует отдельный агент-актор в мультиагентной архитектуре. Достройка функциональных узлов нейрокогнитивной архитектуры осуществляется автоматически по мере ознакомления интеллектуального агента с контентом путем порождения по требованию, при помощи нейронных фабрик (нейрофабрик), специальных агентов-нейронов, выполняющих функциональную репрезентацию локации, координат и объектов, отвечающих за положение и ориентацию робота и объектов на поле (посадки, обнаруженные вредители и сорняки, персонал, другие роботы и техника). Взаимодействие между этими агентами осуществляется посредством мультиагентного алгоритма или контракта [14]. Выполнение мультиагентных алгоритмов приводит к формированию модели текущего положения робота и элементов внешней среды, которая обеспечивается в мультиагентной архитектуре агнейроном-событием.

Параллельно с фиксацией текущего положения идет процесс получения заданий от пользователя либо от других систем принятия решений. На основе полученного задания создаются агенты-целеполагания, основной функцией которых является процедура поиска начального и конечного состояния при движении в графе состояний интеллектуального агента, и формируется модель целевого положения (то есть мультиагентное представление места, где должен находиться робот). Модель подсистемы управления перемещением приведена на рисунке 4.

На основе этих моделей происходит расчет траектории и создание соответствующих агентов-действий. Эти агенты в свою очередь отправляют сообщения агентам-эффекторам, передающие сигналы на соответствующие им эффекторы робота. В результате система принятия решений отправляет набор команд для двигателей робота, необходимых для перемещения в целевую локацию.

Стоит отметить, что данные о текущем и целевом положении робота сохраняются в отдельных базах данных на сервере. Кроме того, помимо интеллектуального управления положением, предложенная система реализует и прямой контроль робота пользователем.

РАЗРАБОТКА ТРАНСПОРТНОЙ ПОДСИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО РОБОТА
ДЛЯ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

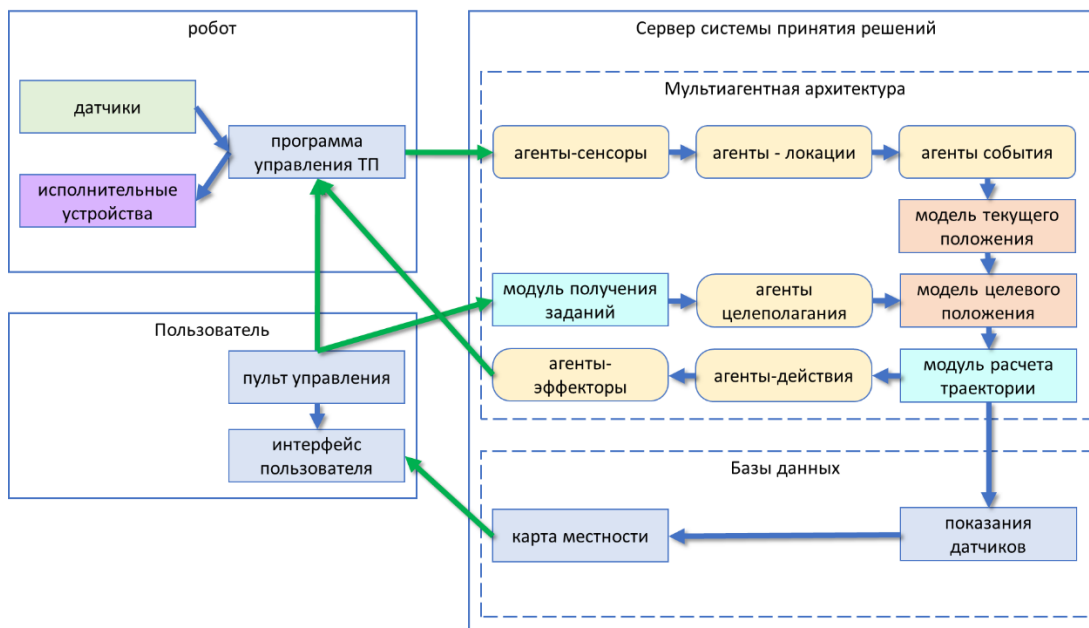


Рис. 4. Модель подсистемы управления перемещением

Для тестирования работы с эффекторами и сенсорами разрабатывалась программа для управления транспортной платформой, которая должна обеспечить сбор и агрегацию данных, обмен сообщениями между платформой и сервером и вывод данных на экран пользователя. Алгоритм работы программы управления транспортной платформой приведен на рисунке 5.

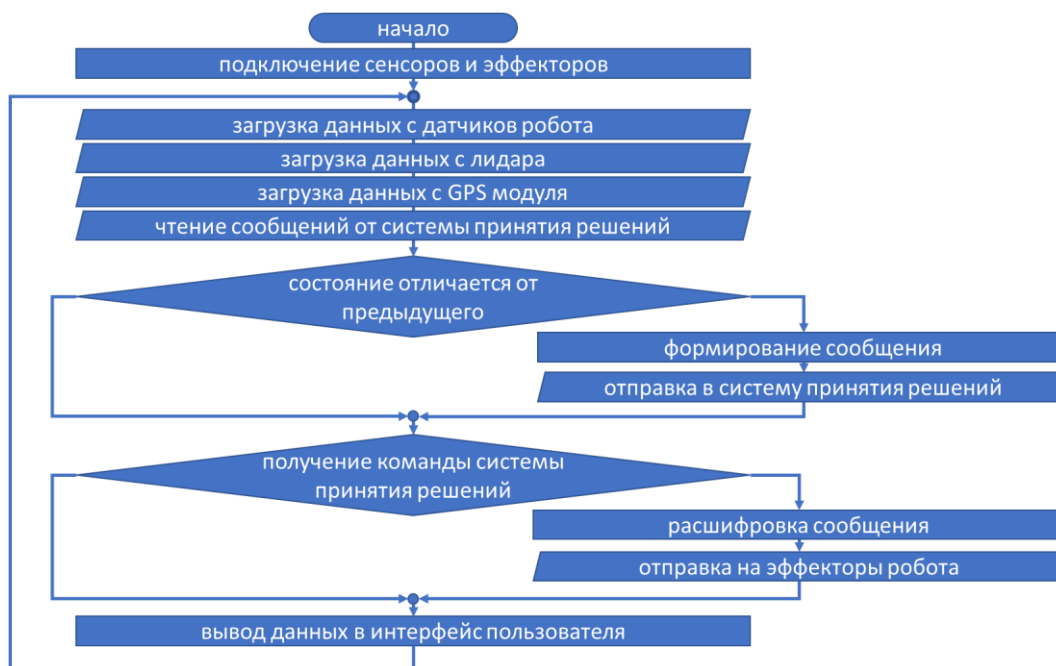


Рис. 5. Алгоритм работы программы для управления транспортной платформой

При запуске программа обеспечивает подключение модуля UpioNet к сенсорам и эффекторам транспортной платформы. Затем запускается постоянный цикл работы, в котором обеспечивается загрузка данных с различных датчиков робота, а также чтение сообщений от системы принятия решений. Затем, если показания датчиков отличаются от

предыдущих, программа формирует и отправляет эту информацию в систему принятия решений (в виде json объекта). Если была получена команда от системы принятия решений, то программа дешифрует это сообщение и отправляет на соответствующие эффекторы (в виде UDP запроса для UrioNet модуля). Затем все данные выводятся на графический интерфейс разработанной программы (приведен на рисунке 6).

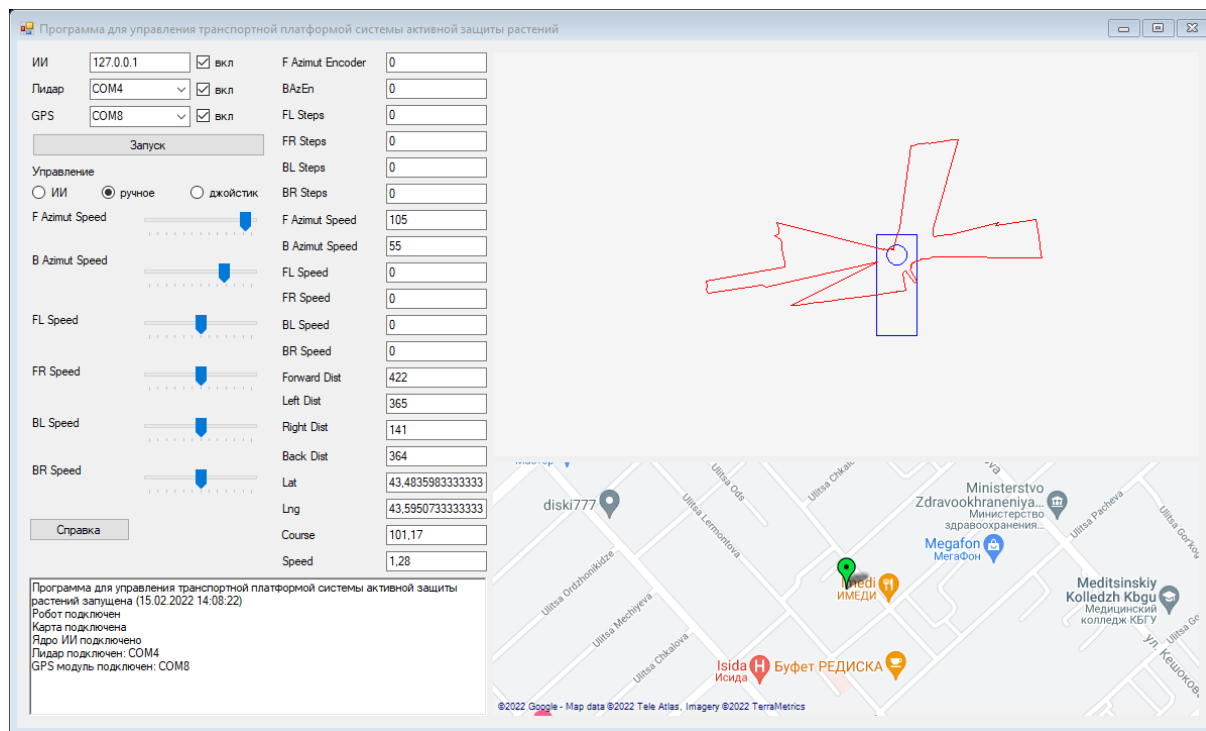


Рис. 6. Внешний вид программы для управления транспортной платформой

Как видно из рисунка, на экран пульта управления выводятся названия и показания всех сенсоров, а также состояния эффекторов. Кроме того, выводится карта местности, построенная по данным лидара, и карта местоположения робота, полученная из данных GPS-приемника и открытых картографических сервисов. Это позволяет не только следить за показаниями датчиков, но и в реальном времени отслеживать процесс работы интеллектуальной системы защиты растений. Кроме того, на экране программы выведены регуляторы для прямого управления эффекторами транспортной платформы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлена структурная схема транспортной платформы автономного сельскохозяйственного робота, состоящая из набора сенсоров и эффекторов, обеспечивающих ориентацию и навигацию робота среди посевов.

Также приведена трехмерная модель расположения сенсоров и эффекторов. Представлена модель системы управления транспортной платформой на основе инварианта нейрокогнитивной мультиагентной архитектуры. Разработан программный компонент системы управления транспортной платформой, который обеспечивает сбор и агрегацию данных, обмен сообщениями между платформой и сервером, а также вывод данных на экран пользователя. Подобная архитектура транспортной подсистемы агротехнических роботов позволит обеспечить автономное перемещение в частично наблюдаемой недетерминированной среде на достаточно большие расстояния без необходимости супервизорного контроля со стороны человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. FAW: Impact Assessment and Global Action Plan for FAW Control/Committee on Agriculture. Twenty-seventh session. Internet resource. URL: <https://www.fao.org/3/nd419en/nd419en.pdf>. (In Russian)
2. López-Sánchez A., Luque-Badillo A. et al. Food loss in the agricultural sector of a developing country: Transitioning to a more sustainable approach. The case of Jalisco, Mexico. *Environmental Challenges*. Vol. 5. 2021. 100327. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100327>.
3. Nørremark M., Griepentrog H. W., Nielsen J. et al. The development and assessment of the accuracy of an autonomous GPS-based system for intra-row mechanical weed control in row crops. *Biosystems Engineering*. 2008. 101(4). Pp. 396–410.
4. Bakker T., Van Asselt K., Bontsema J. et al. Path following algorithm for mobile robots. *Autonomous Robots*. 2010. 29(1). Pp. 85–97.
5. Sørensen C.G., Bochtis D.D. Conceptual model of fleet management in agriculture. *Biosystems Engineering*. 2010. 105(1). Pp. 41–50.
6. Gonzalez-de-Santos P., Ribeiro A., Fernandez-Quintanilla C. et al. Fleets of robots for environmentally-safe pest control in agriculture, *Precision Agriculture*. 2017. Vol. 18. Pp. 574–614.
7. RPLIDAR A1. Introduction and Datasheet / Slamtec. URL: https://bucket-download.slamtec.com/d1e428e7efbdcd65a8ea111061794fb8d4ccd3a0/LD108_SLAMTEC_rplidar_datasheet_A1M8_v3.0_en.pdf
8. GlobalSat BU-353s4 5Hz / GlobalSat. URL: https://www.globalsat.ru/Sites/global/Uploads/BR-355s4_5Hz_user_manual_rus.DD2617926DCE4CAA914E766CF62CD629.pdf
9. JSN-SR04T-2.0. 20-600 cm Ultrasonic Waterproof Range Finder / Интернет-ресурс. URL: <https://www.jahankitshop.com/getattach.aspx?id=4635&Type=Product>
10. Sharp GP2Y0A21YK0F / Sharp. URL: https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk_e.pdf
11. Nagoev Z.V. *Intellektika, ili Myshleniye v zhivyykh i iskusstvennykh sistemakh* [Intelligence, or thinking in living and artificial systems]. Nal'chik: Izdatel'stvo KBNTS RAN. 2013. 213 p. (In Russian)
12. Nagoev Z.V., Bzhikhatlov K.Ch., Pshenokova I.A. et al. Autonomous synthesis of spatial ontologies in the decision-making system of a mobile robot based on the self-organization of a multi-agent neurocognitive architecture. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2020. No. 6 (98). Pp. 68–79. DOI: 10.35330/1991-6639-2020-6-98-68-79. (In Russian)
13. Nagoev Z., Pshenokova I., Nagoeva O. et al. Learning algorithm for an intelligent decision making system based on multi-agent neurocognitive architectures. *Cognitive Systems Research*. 2021. Vol. 66. Pp. 82–188. ISSN 1389-0417. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2020.10.015>.
14. Nagoev Z.V. Multi-agent existential mappings and functions. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2013. No. 4 (54). Pp. 198–208. (In Russian)

Сведения об авторах

Ксалов Арсен Мухарбиевич, науч. сотр. отдела «Компьютерная лингвистика», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН; 360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а; arsensal@gmail.com

Бжихатлов Кантемир Чамалович, канд. физ.-мат. наук, зав. лаб. «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН; 360002, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2; haosit13@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0924-0193>

Пшенокова Инна Ауесовна, канд. физ.-мат. наук, зав. лаб. «Интеллектуальные среды обитания», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

pshenokova_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>

Заммоев Аслан Узеирович, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. лаборатории «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360002, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2;

zammoev@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7966-3557>

MSC: 68T40

Original article

DEVELOPMENT OF A TRANSPORT SUBSYSTEM FOR AUTONOMOUS ROBOTS FOR PLANT PROTECTION SYSTEM*

А.М. КСАЛОВ¹, К.Ч. ВЖИХАТЛОВ², И.А. ПШЕНОКОВА¹, А.У. ЗАММОЕВ²

¹ Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street

² Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

Annotation. It is necessary to improve the efficiency of plant monitoring and protection processes to reduce pesticide inputs and reduce the chemical burden on the environment while maintaining the required level of food production. The task of designing, developing, testing and evaluating automated and robotic systems for effective weed and pest control aimed at reducing the use of chemicals, improving crop quality and improving the health and safety of industry workers is relevant. To effectively perform the task of monitoring the state of crops, it is necessary to develop a transport subsystem for an agricultural robot with a navigation and orientation system that provides autonomous movement across the field without the risk of damaging the plantings.

This article presents a block diagram of the transport platform of an autonomous agricultural robot, consisting of a set of sensors and effectors that provide orientation and navigation of the robot among the crops. A three-dimensional model of the location of sensors and effectors is also presented. A model of the transport platform control system based on the invariant of the neurocognitive multi-agent architecture is described. A program for the transport platform control system has been developed. It provides data collection and aggregation, messaging between the platform and the server, as well as displaying data on the user's screen. The proposed architecture of the transport subsystem will allow autonomous movement of robots in a partially observed non-deterministic environment over sufficiently long distances without the need for human control.

Keywords: robot, agricultural monitoring, autonomous navigation, transport platform

The article was submitted 15.03.2022

Accepted for publication 11.04.2022

For citation. Ksalov A.M., Bzhikhatlov K.Ch., Pshenokova I.A., Zammoev A.U. Development of a transport subsystem for autonomous robots for plant protection system. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2022. No. 2 (106). Pp. 31–40. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-31-40

* The work was supported by FASIE grant «Development of a prototype of an intelligent integrated expert system for active plant protection» (contract № 58ГС1ИИС12-Д7/72187 dated 22.12.2021)

Information about the authors

Ksalov Arsen Mukharbievich, Researcher, Department «Computational Linguistics», Institute of Computer Science and Problems of Regional Management, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

arsenksal@gmail.com

Bzhikhatlov Kantemir Chamalovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory «Neurocognitive Autonomous Intelligent Systems» of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360002, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;

haosit13@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0924-0193>

Pshenokova Inna Auesovna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory «Intellectual habitats», Institute of Computer Science and Problems of Regional Management, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

pshenokova_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>

Zammoev Aslan Uzeirovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of the Laboratory «Neurocognitive Autonomous Intelligent Systems» of the Kabardino-Balkarian Scientific Center;

360002, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;

zammoev@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7966-3557>

ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ

Е.П. ОХАПКИНА^{1,2}, В.П. ОХАПКИН³, Р.В. МЕЩЕРЯКОВ⁴,
А.О. ИСХАКОВА⁴, А.Ю. ИСХАКОВ^{4,5}

¹ Российский государственный гуманитарный университет
125047, Россия, Москва, Миусская площадь, 6

² Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
105005, Россия, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1

³ Центр экспертно-аналитических и информационных технологий СП РФ
119021, Россия, Москва, Зубовский бул., 21, стр. 3

⁴ Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 65

⁵ Московский институт электроники и математики
123458, Россия, Москва, ул. Таллинская, 34

Аннотация. Социальная сеть как инструмент глобальной коммуникации различных слоев общества в разных странах все больше перестает быть таковым и превращается в социально-политический актив в борьбе за специфические интересы группы лиц, способных приобрести и/или управлять этим активом. В работе использованы данные о работе ряда сообществ русско-украинского сегмента социальной сети «ВКонтакте».

Целью исследования является формализация деятельности сообщества (группы) социальной сети. Сообщество рассматривается с позиции инструмента формирования мнений и агрессивного влияния на отдельно взятую персону, некоторую малую или широкую общность, актуализируется вопрос об использовании информационно-коммуникационных технологий в деструктивном ключе. Протекающие в сообществе социальной сети процессы показаны в виде системы дифференциальных уравнений первого порядка. Система исследуется на устойчивость по методу функций Ляпунова. Одна из решаемых задач исследования – выявление и характеристика пограничных режимов, при которых функционирование сообщества переходит от стабильного состояния к хаосу. Рассмотрена имитационная модель построенной динамической системы при различных начальных условиях имитации. Применение средств математической физики для описания процессов киберфизических систем, в том числе в задаче оценки текстовых сообщений с признаками агрессии, в среде распределенных вычислений позволяет оценить траекторию их развития при различных начальных условиях.

Ключевые слова: дифференциальные уравнения, социальные сетевые сервисы, системная динамика, информационно-коммуникационные технологии, анализ устойчивости, имитационное моделирование, динамическое равновесие

Статья поступила в редакцию 17.03.2022

Принята к публикации 31.03.2022

Для цитирования. Охупкина Е.П., Охупкин В.П., Мещеряков Р.В., Исхакова А.О., Исхаков А.Ю. Динамическая система функционирования сообществ социальной сети // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 41–71. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-41-71

ВВЕДЕНИЕ

Исследования в направлении анализа агрессивности высказываний достаточно активно изучаются в академических школах разных стран. Среди часто применяемых методов анализа встречаются различные архитектуры нейронных сетей для выявления контента,

содержащего деструктивную информацию [1–5]. В том числе применяются методы, основанные на использовании вероятностных подходов [4]. Другие подходы к глубокому анализу текстов связаны с классическим использованием математических методов, например, машины опорных векторов [6]. Исследования методом релевантного поиска, например, с применением латентно-семантического анализа, также существуют исследования, направленные на развитие методов факторизации матриц в задачах работы сетей электронной коммерции [7]. В статье Ма и др. рассматривается проблема объединения механизма рекуррентных нейронных сетей с использованием процедуры оценки внимания. Идея состоит в том, чтобы использовать данные о долговременной памяти рекуррентной нейронной сети и ряд особенностей, которые могут характеризовать контекст того, что описано в тексте. Существуют также исследования, связанные с поиском саркастических высказываний в тексте. Например, работа Кумара и др. [2]. В нем авторы показывают использование двунаправленной нейронной сети (LSTM). В исследовании Ксю и др. [8] показан метод использования онтологии для задачи сравнения понятий, используемых в тексте. Такой подход позволяет решить проблему неопределенности терминов. В дополнение к приведенным выше исследованиям по текстовой аналитике в области социальных сетей мы отмечаем обзор работ (которые также включают в себя вышеуказанные исследования) по этой теме, показанный в статье Жао и др. [9] «Специальная редакция раздела IEEE Access: передовые методы интеллектуального анализа данных для социальных вычислений».

Данное исследование, как и все вышеописанные, основывается на выявлении специфических реакций пользователей на размещаемый в социальной сети контент, определении параметров для моделирования предметной области и установлении взаимосвязей между ними. Рассмотрим протекающие в сообществе социальной сети процессы в виде системы дифференциальных уравнений первого порядка. Построим имитационную модель динамической системы при различных начальных условиях имитации.

Цель и задачи исследования

Цель – формализация киберфизической системы социальной сети в форме уравнений математической физики. Построение имитационной модели разработанной динамической системы при различных начальных условиях имитации.

Задачи исследования:

1. Для всех определенных параметров системы сообществ социальной сети установить взаимозависимости, описываемые дифференциальными уравнениями.
2. Исследовать устойчивость динамической системы.
3. Составить характеристическое уравнение.
4. Найти точки равновесия и описать их классификацию.
5. Построить имитационную модель разработанной динамической системы и привести модельные сценарии.

Примем, что в рамках моделирования предметной области для системы сообществ социальной сети (далее в тексте будем использовать аббревиатуру ССС) определены три обязательных параметра:

1. L – общее количество отметок «нравится» (*англ.* like) за анализируемый период времени t .
2. P – общее количество подписчиков (постоянных читателей) для ССС за анализируемый период времени t .
3. S – общее количество сообщений в ССС вне зависимости от адресатов и получателей за анализируемый период времени t .

Каждый из приведенных параметров участвует в процессах системы ССС. Таким образом, для каждого параметра может быть определен закон его изменения, который в рамках математической постановки будет представлен характеристическим уравнением. Пусть

l_i – количество отметок *like* для одной произвольной записи («поста») ССС. Тогда параметр L может быть определен как сумма отметок *like* для всех постов ССС, имеющий вид (1):

$$L = \sum_{i=1}^n l_n, \quad (1)$$

где n – количество записей в ССС за анализируемый период времени t , i – порядковый номер записи.

Размер постоянной аудитории ССС напрямую зависит от уровня интереса и привлекательности публикаций, поставляемых сообществом. В качестве параметра, определяющего читательский интерес аудитории ССС, предлагается использовать введенный ранее показатель l_i . Пусть l_j – количество посетителей, ставших подписчиками целевого ССС после просмотра одной произвольной публикации. В этом случае параметр P может быть определен в виде записи (2):

$$P = \frac{\sum_{i,j=1}^{n,m} l_i p_j}{\gamma}, \quad (2)$$

где m – количество наборов посетителей, ставших подписчиками после просмотра одной произвольной публикации; j – порядковый номер публикации; γ – коэффициент негативного восприятия публикации j аудиторией, который может быть интерпретирован как доля негативных отзывов/комментариев о публикации j , при этом $\gamma \in [1, \dots, 9]$.

Для описанного набора параметров предполагается зависимость вида (3):

$$\gamma \rightarrow 0 \Rightarrow P \rightarrow \infty, \quad (3)$$

Таким образом, очевидно, что наименьший коэффициент негативного восприятия публикации j аудиторией приводит к увеличению числа посетителей, ставших подписчиками сообщества после прочтения публикации j .

В рамках математического моделирования предметной области предполагается, что в ССС возможность обмена сообщениями доступна руководству и пользователям, которые имеют статус подписчиков сообщества. Пусть s – количество сообщений, инициируемых одним подписчиком сообщества, а r – количество сообщений, инициируемых одним членом руководства сообщества. Далее предположим, что каждый из подписчиков и членов руководства сообщества может с некоторой вероятностью h начать обмен сообщениями. В этом случае для параметра S следует считать справедливым равенство вида (4):

$$S = \frac{(P_s + R_r)h}{\mu} - \vartheta, \quad (4)$$

где $R \in N$ – количество членов руководства сообщества; μ – технический коэффициент загруженности сети, $\mu \in (1, \dots, 1.8]$; ϑ – доля погрешности или количество сообщений, не дошедших до адресата ввиду проблем на технической стороне сети.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для всех ранее определенных параметров ССС могут быть установлены взаимозависимости, описываемые дифференциальными уравнениями.

Количество отметок типа «like» в сообществе зависит от качества и характера восприятия аудиторией поставляемых сообществом публикаций. С учетом данного фактора пред-

лагается описать закон изменения общего количества отметок типа «like» через коэффициенты негативного и положительного восприятия постоянной аудиторией генерируемого сообществом контента. Введение нового коэффициента положительного восприятия публикаций аудиторией позволяет описать закон изменения отметок типа «like» в виде уравнения (5):

$$\frac{dL}{dt} = \omega(L + P + S) - \gamma L, \quad (5)$$

где $\omega = [1, \dots, 9]$ – коэффициент положительного восприятия аудиторией публикаций сообщества.

Здесь предполагается, что отметки типа «нравится» могут выставлять только участники, являющиеся подписчиками сообщества. В данном случае количество сообщений S следует считать косвенным показателем активности аудитории, ввиду чего в законе изменения количества отметок типа «нравится» значение данного параметра учитывается наравне с количеством подписчиков P .

В рамках моделирования предполагается, что размер постоянной аудитории будет изменяться в зависимости от общего числа отметок типа «like», а общее количество сообщений в сообществе никаким образом не влияет на размер постоянной аудитории, что может быть описано уравнением вида (6):

$$\frac{dP}{dt} = \omega L - 2\gamma P. \quad (6)$$

В данном случае влияние коэффициента негативного восприятия публикаций будет иметь вдвое большее значение, поскольку он является определяющим в решении читателя публикации стать членом постоянной аудитории ССС.

Подразумевается, что в ССС обмен сообщениями могут инициировать только подписчики и члены руководства сообщества. В этом случае закон изменения общего количества сообщений будет описан уравнением вида (7):

$$\frac{dS}{dt} = RP - \frac{\omega L}{\gamma}. \quad (7)$$

Все описанные законы изменения для каждого из целевых параметров дают возможность описать процессы ССС в виде системы дифференциальных уравнений первого порядка, которая выражает баланс между доступными параметрами ССС. Таковая система уравнений записана в виде (8):

$$\begin{cases} \frac{dL}{dt} = \omega(L + P + S) - \gamma L \\ \frac{dP}{dt} = \omega L - 2\gamma P \\ \frac{dS}{dt} = RP - \frac{\omega L}{\gamma} \end{cases} \quad (8)$$

Исследование устойчивости динамической системы. Характеристическое уравнение. Точки равновесия и их классификация

Для полученной системы ДУ, выражающей баланс между целевыми параметрами ССС (8), может быть проведено исследование на устойчивость. Для решения задачи ис-

следования устойчивости предлагается использовать метод функций Ляпунова (прямой метод), который дает возможность судить об устойчивости системы на основе использования вводимых функций, именуемых функциями Ляпунова, без поиска решения системы [10, 11, 12, 13].

Далее предлагается рассмотреть общую идеологию и математические положения метода функций Ляпунова с ключевыми определениями.

Пусть имеется некоторая функция нескольких переменных вида (9):

$$V = V(v_1, v_2, \dots, v_n). \quad (9)$$

Таковую функцию будем называть знакоопределенной в произвольной области, если она во всех точках этой области вокруг начала координат сохраняет исходный знак и нигде не принимает нулевое значение, помимо начала координат, что соответствует (10):

$$(V(\bar{0}) = 0). \quad (10)$$

Если функция V обращается в нулевое значение в любой точке координатной плоскости независимо от начала координат, но ее знак при этом сохраняется, в этом случае функция V именуется знакопостоянной.

Функция V будет именоваться знакопеременной, если в целевой области вокруг начала координат постоянство знака не сохраняется.

Трактовка ключевой терминологии в вопросах разновидности функции V дает возможность рассмотреть положения Ляпунова об устойчивости нелинейных систем.

Пусть имеется исходная система дифференциальных уравнений n -го порядка, описываемая как (11):

$$\begin{cases} \frac{dv_1}{dt} = \varphi_1(v_1, v_2, \dots, v_n) \\ \frac{dv_2}{dt} = \varphi_2(v_1, v_2, \dots, v_n), \\ \quad \quad \quad \vdots \\ \frac{dv_n}{dt} = \varphi_n(v_1, v_2, \dots, v_n) \end{cases} \quad (11)$$

Если для системы (11) может быть подобрана такая знакоопределенная функция (12)

$$V(v_1, v_2, \dots, v_n), \quad (12)$$

для которой ее производная по времени вида (13)

$$W(v_1, v_2, \dots, v_n), \quad (13)$$

будет точно так же знакоопределенной либо знакопостоянной, но будет иметь противоположный функции (12) знак, то в этом случае следует исходную систему (11) охарактеризовать как устойчивую.

Принимая допущение, что функция V знакоопределена и положительна, условия теоремы Ляпунова могут быть сформулированы в более однозначной интерпретации.

Чтобы судить об устойчивости положения равновесия, достаточно наличие дифференцируемой функции Ляпунова вида (12), которая удовлетворяет в пределах окрестности начала координат следующему набору условий:

1. $V(v_1, v_2, \dots, v_n) \geq 0$, при этом $V = 0$ при условии выполнения равенства (14)

$$\bar{v} = \begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} = \bar{0}, \quad (14)$$

2. Производная функция по времени, описываемая как (15)

$$\frac{dV(\bar{v})}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial V}{\partial v_i} \frac{dv_i}{dt} = \left(\frac{dv_1}{dt}, \frac{dv_2}{dt}, \dots, \frac{dv_n}{dt} \right) \begin{bmatrix} \frac{dv_1}{dt} \\ \frac{dv_2}{dt} \\ \vdots \\ \frac{dv_n}{dt} \end{bmatrix}, \quad (15)$$

в силу ДУ вида $\frac{dV(\bar{v})}{dt} = \bar{\varphi}(\bar{v})$ будет охарактеризована как отрицательная знакопостоянная функция, что описывает (16):

$$\frac{dV(\bar{v})}{dt} = \text{grad} \bar{V} \cdot \frac{d\bar{v}}{dt} = \text{grad} \bar{V} \cdot \bar{\varphi}(\bar{v}) \leq 0, \quad (16)$$

где $t \geq t_0$.

На основании вышеописанных положений имеется возможность определить явные условия устойчивости по методу функций Ляпунова.

Если функция V положительна и знакоопределена, а также если справедливо (17)

$$\frac{dV(\bar{v})}{dt} \leq 0, \quad (17)$$

то выполняется достаточное условие устойчивости.

Если $\frac{dV(\bar{v})}{dt}$ можно охарактеризовать как отрицательно определенную, то следует говорить о выполнении достаточного условия асимптотической устойчивости.

Достаточное условие устойчивости в целом описывает запись вида (18):

$$\frac{dV(\bar{v})}{dt} \leq 0. \quad (18)$$

Итоговый алгоритм исследования системы на устойчивость по методу функций Ляпунова:

1. Определить функцию Ляпунова для системы n -го порядка (n – количество переменных).
2. Отыскать частные производные по переменным.

3. Рассчитать производную функции по времени $\frac{dV(\bar{v})}{dt}$, определить знак этой производной.

Аргументирование в пользу выбора метода Ляпунова для анализа целевой системы на устойчивость может быть основано на следующих преимуществах применительно к задаче исследования:

1. К выбору функции V не предъявляются строгие требования, что позволит подобрать оптимальную функцию для динамической системы ССС.

2. Универсальность метода функций ввиду отсутствия жесткой привязки к линеаризации.

Система (8) может быть представлена в наиболее традиционном представлении, для этой цели предлагается произвести следующие замены: $L \rightarrow x$, $P \rightarrow y$, $S \rightarrow z$. В этом случае исходная система будет иметь вид (19):

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \omega(x + y + z) - \gamma x \\ \frac{dy}{dt} = \omega x - 2\gamma y \\ \frac{dz}{dt} = Ry - \frac{\omega x}{\gamma} \end{cases} \quad (19)$$

Для исследования устойчивости необходимо свести систему к частному случаю. Будем считать, что коэффициент положительного восприятия публикаций аудиторией $\omega = 6$; коэффициент негативного восприятия публикаций аудиторией $\gamma = 3$; количество членов руководства сообщества $R = 4$. Тогда частный случай для системы (19) будет описывать (20):

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 3x + 6y + 6z \\ \frac{dy}{dt} = 6x - 6y \\ \frac{dz}{dt} = 4y - 2x \end{cases} \quad (20)$$

В этом случае матрица A , описывающая систему (20), будет иметь вид (21):

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 6 & 6 \\ 6 & -6 & 0 \\ -2 & 4 & 0 \end{bmatrix}. \quad (21)$$

С целью автоматизации вычислительных операций далее будет использоваться программный пакет для проведения технических вычислений MATLAB.

Коэффициенты характеристического уравнения для целевой системы могут быть найдены с помощью специальной функции **poly()**, аргументом которой является матрица. Применение этой функции возвращает результат, записанный в переменной $ans = [1 \ 3 \ -42 \ -72]$.

Таким образом, характеристическое уравнение для системы (20) будет записано в виде (22):

$$p^3 + 3p^2 - 42p - 72 = 0. \quad (22)$$

На практике задача исследования системы на устойчивость сводится к выбору некоторой положительно определенной и симметричной матрицы X и решению уравнения Ляпунова относительно искомой матрицы Q , что описано в (23):

$$AQ + QA^T = -X. \quad (23)$$

Для постановки уравнения Ляпунова введем матрицу Q , которая заведомо положительно определена и симметрична, что описано в (24):

$$Q = \begin{bmatrix} 6 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}. \quad (24)$$

Для решения уравнения Ляпунова в MATLAB имеется специальная функция **lyap()**. Посредством функции **eig()** для полученной матрицы X может быть найдено множество собственных значений λ вида (25):

$$(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n). \quad (25)$$

По результатам применения функции **eig()** к найденной матрице X было получено множество ее собственных значений в виде их вектора, что отражено в (26):

$$\lambda = \begin{pmatrix} 2.5525 \\ -1.0147 \\ 0.2632 \end{pmatrix}. \quad (26)$$

Ввиду справедливости (27)

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1.7687 \neq 0, \quad (27)$$

следует говорить о выполнении достаточного условия устойчивости матрицы A , а следовательно, и системы (20) в целом. Поскольку $\lambda_2 = -1.0147$, следует говорить об отсутствии асимптотической устойчивости для матрицы A и системы (20) в целом.

Произведем анализ устойчивости системы на основе корней характеристического уравнения. Корни могут быть получены по результатам решения уравнения (22) либо путем применения функции **eig()** к исходной матрице A . Корни характеристического уравнения описаны в (28):

$$x_1 = -7.372; \quad x_2 = 6.000; \quad x_3 = -1.628. \quad (28)$$

Корни (28) в терминологии анализа устойчивости именуется показателями Ляпунова. Согласно положениям методологии исследования системы на устойчивость на основе показателей Ляпунова [14] состояние равновесия системы устойчиво только в том случае, если все найденные корни уравнения *затухают* (отрицательны). Наличие хотя бы одного положительного корня (в настоящем случае $x_2 = 6$) свидетельствует о неустойчивости состояния равновесия. Таким образом, достаточное условие устойчивости (27) для иссле-

дуемой системы не является необходимым и не может быть принято как объективный критерий оценки устойчивости для системы (20).

На основе показателей Ляпунова (28) может быть сделан вывод типовой принадлежности особой точки. Согласно принципу классификации [15, 16] действительные корни разных знаков идентифицируют особую точку типа *седло* со значениями на комплексной плоскости и переходным процессом.

Таким образом, была решена задача исследования системы (20) на устойчивость на основе метода функций Ляпунова, не прибегая к непосредственному поиску решения исходной системы.

Нелинейная компонента

Отметим, что динамическая система (19) линейна. Это означает, что она может описывать лишь экспоненциальный рост или экспоненциальную убыль входящих в нее переменных. В действительности наблюдать экспоненциальный закон изменения переменных можно лишь на самых начальных этапах эволюции системы, когда переменные еще очень близки к положению равновесия и нелинейными слагаемыми можно пренебречь. Таким образом, для того, чтобы система уравнений (19) корректно описывала процессы, происходящие в социальных сетях, добавим ко второму уравнению слагаемое $-\gamma P^2$, которое описывает сильное негативное восприятие контента. Это слагаемое можно интерпретировать, как то, что люди рассказывают друг другу и передают между собой негативное восприятие контента.

Тогда исходная система обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений (ОДУ) имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dL}{dt} = \omega(L + P + S) - \gamma L \\ \frac{dP}{dt} = \omega L - \gamma P(1 + P) \\ \frac{dS}{dt} = RP - \frac{\omega}{\gamma} L \end{cases} \quad (29)$$

Для поиска особых точек необходимо решить систему нелинейных алгебраических уравнений:

$$\omega(L_{equil.} + P_{equil.} + S_{equil.}) - \gamma L_{equil.} = 0. \quad (30.1)$$

$$\omega L_{equil.} - \gamma P_{equil.} (1 - P_{equil.}) = 0. \quad (30.2)$$

$$RP_{equil.} - \frac{\omega}{\gamma} L_{equil.} = 0. \quad (30.3)$$

Здесь $L_{equil.}$, $P_{equil.}$, $S_{equil.}$ – значения переменных, при которых система находится в равновесии. Из уравнения (30.3) выразим

$$L_{equil.} = \frac{\gamma R}{\omega} P_{equil.} \quad (31)$$

Подставим (31) в уравнение (30.2): $\omega \frac{\gamma R}{\omega} P_{equil.} - \gamma P_{equil.} (1 - P_{equil.}) = 0$.

$$\text{Преобразуем к виду } P_{equil.} [\gamma(R-1) - \gamma P_{equil.}] = 0.$$

Очевидно, что это уравнение имеет два корня:

$$P_{equil.}^1 = 0, \tag{32.1}$$

$$P_{equil.}^2 = R - 1. \tag{32.2}$$

Подставив (32.1) в уравнения (30.1–30.3), получим $L_{equil.}^1 = 0$ и $S_{equil.}^1 = 0$. Тогда первая особая точка (положение равновесия) системы ОДУ (29) примет вид:

$$\begin{cases} P_{equil.}^1 = 0 \\ L_{equil.}^1 = 0 \\ S_{equil.}^1 = 0 \end{cases} \tag{33}$$

Полученную особую точку будем называть тривиальной.

Найдем вторую особую точку. Для этого подставим (32.2) в (31) откуда получим

$$L_{equil.}^2 = \frac{\gamma R}{\omega} P_{equil.}^2 = \frac{\gamma R(R-1)}{\omega}. \tag{34}$$

Теперь подставим (34) и (32.2) в (30.1):

$$\omega(L_{equil.}^2 + P_{equil.}^2 + S_{equil.}^2) - \gamma L_{equil.}^2 = 0$$

$$\omega P_{equil.}^2 + (\omega - \gamma)L_{equil.}^2 + \omega S_{equil.}^2 = 0$$

$$S_{equil.}^2 = \frac{(\gamma - \omega)}{\omega} L_{equil.}^2 - P_{equil.}^2$$

$$S_{equil.}^2 = (R-1) \left[\frac{(\gamma - \omega)\gamma R}{\omega^2} - 1 \right]$$

Тогда окончательно вторая особая точка примет вид:

$$\begin{cases} P_{equil.}^2 = R - 1 \\ L_{equil.}^2 = \frac{\gamma R(R-1)}{\omega} \\ S_{equil.}^2 = (R-1) \left[\frac{(\gamma - \omega)\gamma R}{\omega^2} - 1 \right] \end{cases} \tag{35}$$

При начальных параметрах, например $R = 5$, $\omega = 1$, $\gamma = 4$, система (35) запишется как $P_{equil.}^2 = 4$, $L_{equil.}^2 = 80$, $S_{equil.}^2 = 236$. Покажем результаты моделирования на рисунке 1.

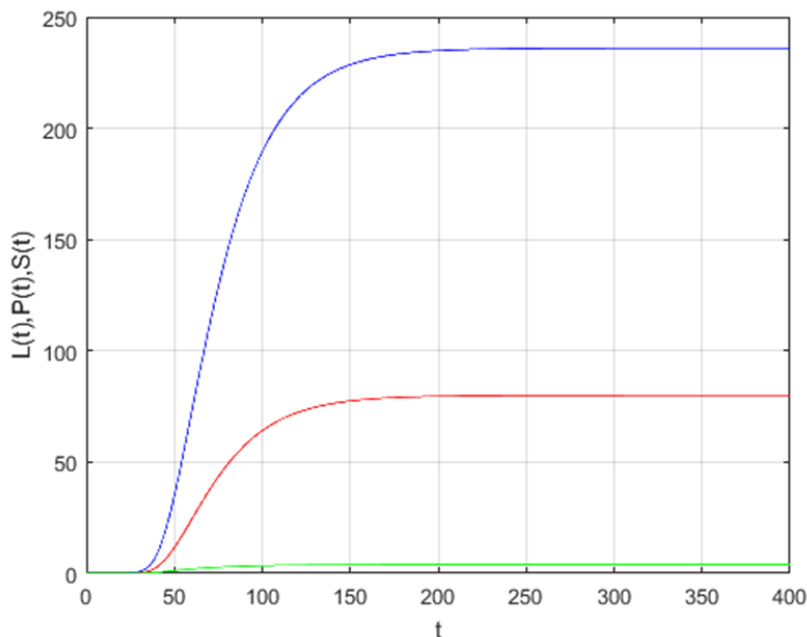


Рис. 1. Изменение переменных L , P и S при $R = 5$, $\omega = 1$, $\gamma = 4$

Исследуем устойчивость положений равновесия (33) и (35), для чего перепишем исходную систему уравнений (29) в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{dL}{dt} = f_1(L, P, S) = \omega(L + P + S) - \gamma L \\ \frac{dP}{dt} = f_2(L, P, S) = \omega L - \gamma P(1 + P) \\ \frac{dS}{dt} = f_3(L, P, S) = RP - \frac{\omega}{\gamma} L \end{cases}$$

Тогда Якобиан системы примет вид:

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial L} & \frac{\partial f_1}{\partial P} & \frac{\partial f_1}{\partial S} \\ \frac{\partial f_2}{\partial L} & \frac{\partial f_2}{\partial P} & \frac{\partial f_2}{\partial S} \\ \frac{\partial f_3}{\partial L} & \frac{\partial f_3}{\partial P} & \frac{\partial f_3}{\partial S} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \omega - \gamma & \omega & \omega \\ \omega & -\gamma - 2\gamma P_{equil.} & 0 \\ -\frac{\omega}{\gamma} & R & 0 \end{pmatrix}.$$

Легко заметить, что Якобиан зависит от $P_{equil.}$, тогда для тривиальной особой точки (33) матрица линеаризации имеет вид:

$$J_1 = \begin{pmatrix} \omega - \gamma & \omega & \omega \\ \omega & -\gamma & 0 \\ -\frac{\omega}{\gamma} & R & 0 \end{pmatrix}.$$

В свою очередь особая точка (35), описывающая насыщение переменных, получит матрицу линеаризации вида:

$$J_2 = \begin{pmatrix} \omega - \gamma & \omega & \omega \\ \omega & -\gamma - 2\gamma(R-1) & 0 \\ -\frac{\omega}{\gamma} & R & 0 \end{pmatrix}.$$

Собственные числа матрицы J_1 при $R = 5$, $\omega = 1$, $\gamma = 4$ равны $-3,6490 + 0,3308i$, $-3,6490 - 0,3308i$, $0,2980 + 0,0000i$. Наличие корней с положительной действительной частью говорит о том, что тривиальное положение равновесия будет неустойчиво по отношению к малым возмущениям. Собственные же числа матрицы J_2 при таких же значениях параметров R , ω и γ равны $-36,0261$, $-2,2961$ и $-0,0378$. Все корни для J_2 имеют отрицательную действительную часть – особая точка устойчива при данных параметрах. Таким образом, фазовая траектория переходит из окрестности неустойчивой тривиальной особой точки $(0,0,0)$ в окрестность устойчивой особой точки $(4,80,236)$, как это показано на рисунке 2.

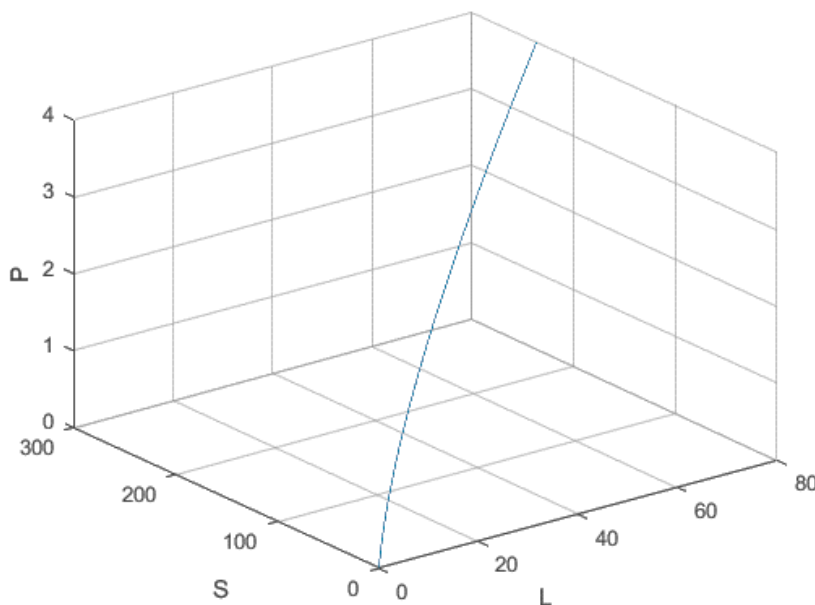


Рис. 2. Траектория в трехмерном фазовом пространстве при $R = 5$, $\omega = 1$, $\gamma = 4$
(траектория движения – снизу вверх)

Из проведенного выше анализа хорошо видно, что при $R = 0$ тривиальное положение равновесия устойчиво, а при $R = 5$ оно теряет устойчивость. В таком случае малые отклонения от тривиального положения равновесия начинают экспоненциально нарастать с течением времени, однако их рост оказывается ограничен. Дело в том, что при $R = 5$ существует еще одно положение равновесия, которое оказывается устойчивым и фазовая траектория притягивается к нему. Кроме того, R по сути является единственным параметром модели, которым можно управлять, т.е. сделать его зависящим от времени $R = R(t)$.

Суть предлагаемого управления состоит в том, чтобы перевести значение параметра из $R = 0$ в $R = 5$ с течением времени. Наиболее очевидным кажется резкий (мгновенный) переход из 0 в 5, например, с использованием функции Хевисайда, сдвинутой во времени и помноженной на требуемое значение (в данном случае на 5).

Однако используемая нами модель (29) нелинейная, поэтому отыскание ее решения возможно лишь численными методами. Хорошо известно, что численные методы плохо справляются с резкими скачками параметров. Действительно, при моделировании системы (29) с мгновенным изменением параметра R от 0 до 5 численная схема Рунге-Кутты 4-го порядка оказывается неустойчивой, каким бы мы ни выбирали шаг интегрирования.

Поэтому переход от 0 к 5 необходимо «сгладить», например, с применением гиперболического тангенса:

$$R(t) = \frac{R_{\max}}{2} \left(1 + \tanh \left(\frac{t - t_0}{\tau} \right) \right). \quad (36)$$

Здесь R_{\max} – значение параметра, к которому мы стремимся (в данном случае $R_{\max} = 5$), t_0 – момент, в который происходит переключение параметра, τ – параметр сглаживания перехода, чем больше этот параметр, тем более гладким будет переход от 0 к R_{\max} .

График зависимости $R(t)$ при $R_{\max} = 5$, $t_0 = 100$, $\tau = 50$ показан на рисунке 3.

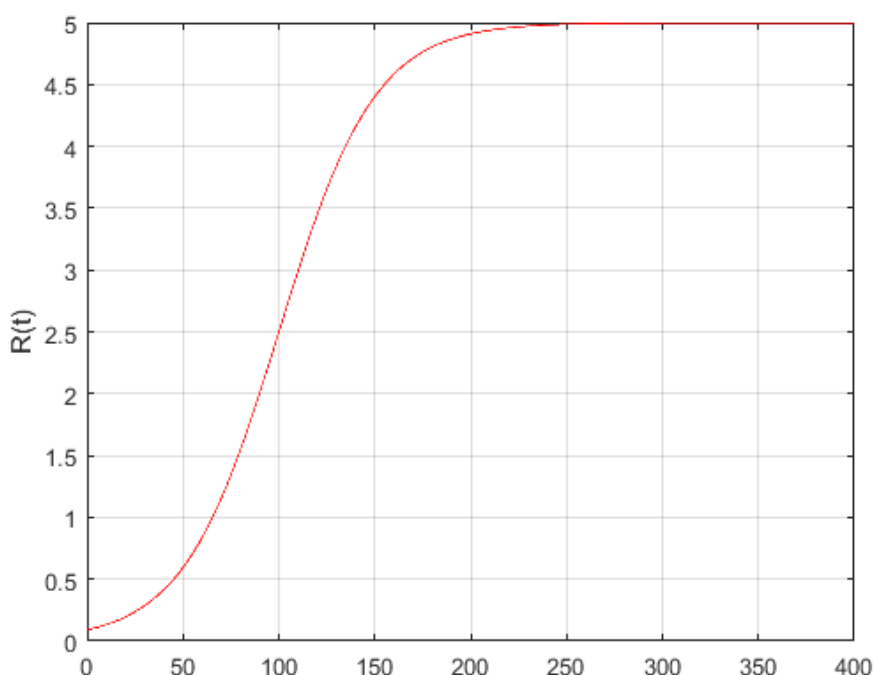


Рис. 3. График зависимости $R(t)$ при $R_{\max} = 5$, $t_0 = 100$, $\tau = 50$.

На рисунке 4 показана динамика системы при R , подчиняющемся закону изменения гиперболического тангенса.

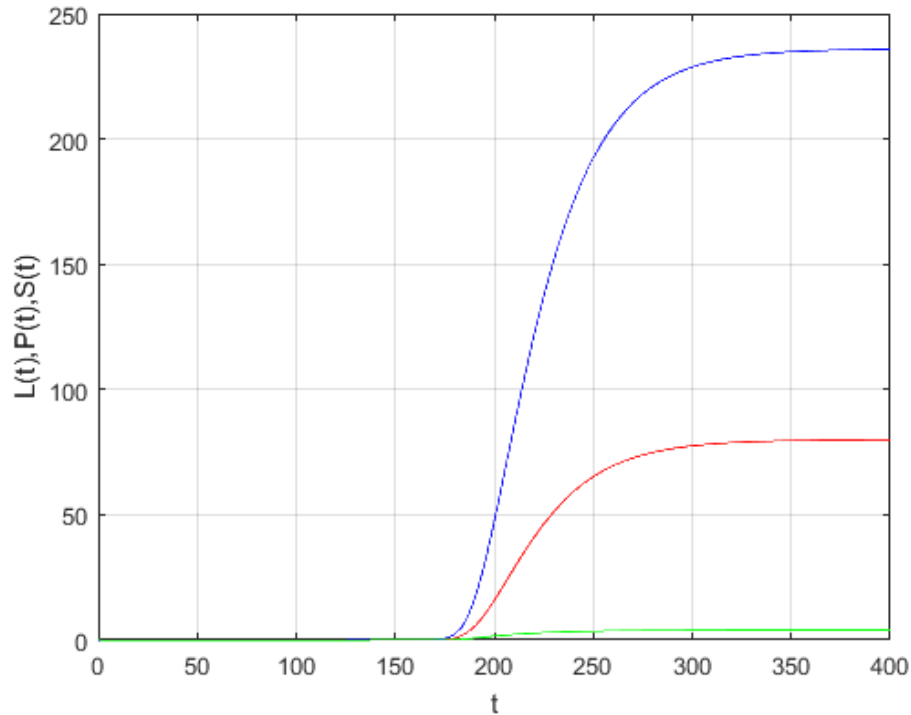


Рис. 4. Динамика системы при R , подчиняющемся закону изменения гиперболического тангенса

Из рисунка 4 видно, что динамическая система действительно начинает переходить в устойчивое положение равновесия, однако это происходит с задержкой (напомним, что $t_0 = 100$).

Эту задержку во времени лучше видно на рисунке 5, где изображены два графика $R(t)$ и $L(t)$.

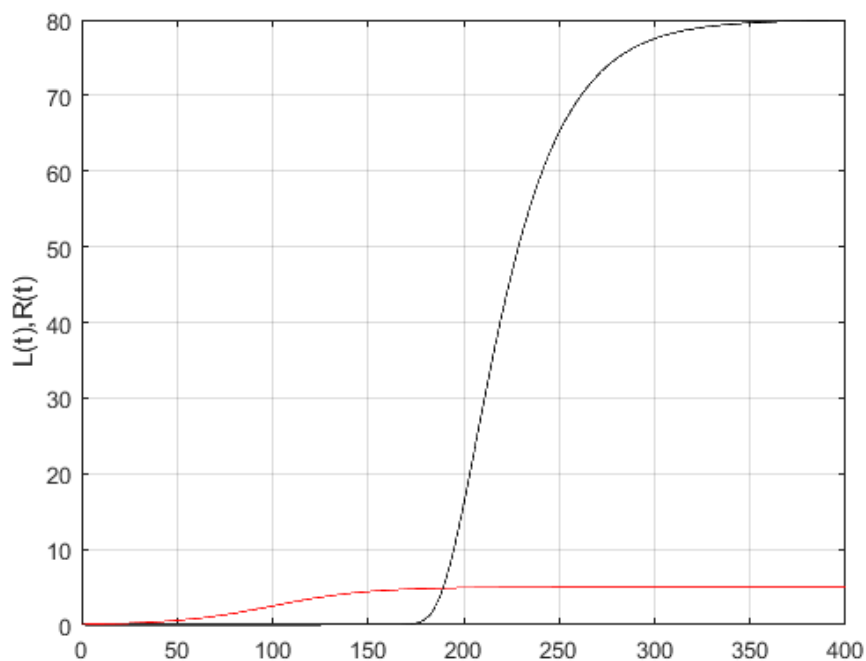


Рис. 5. Динамика системы с задержкой по времени

Проведем теперь моделирование при тех же параметрах, но теперь $R_{\max} = 10$. На рисунке 6 показана зависимость этого параметра от времени в этом случае.

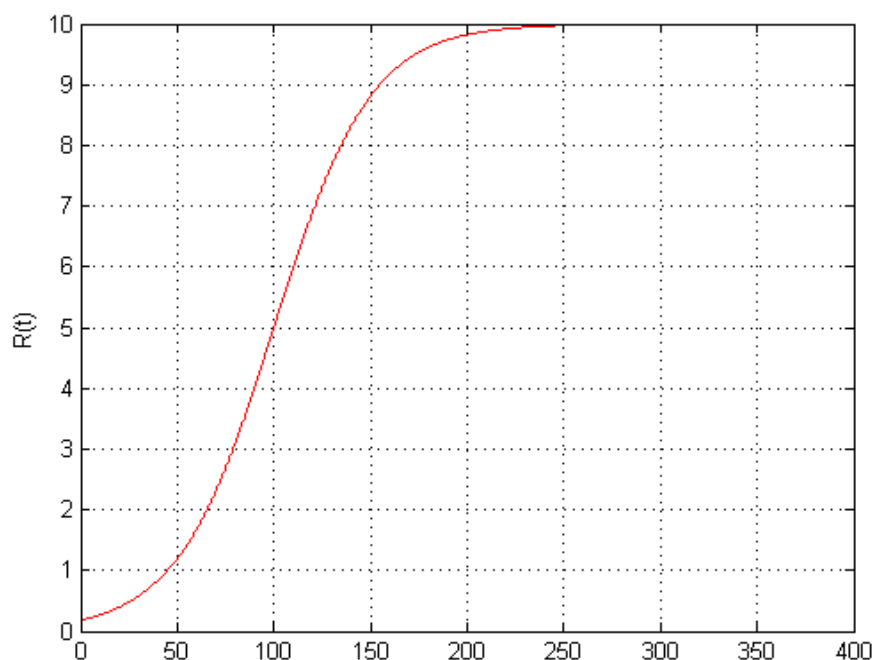


Рис. 6. Зависимость $R(t)$ при $R_{\max} = 10$

Динамика всей системы имеет вид, показанный на рисунке 7.

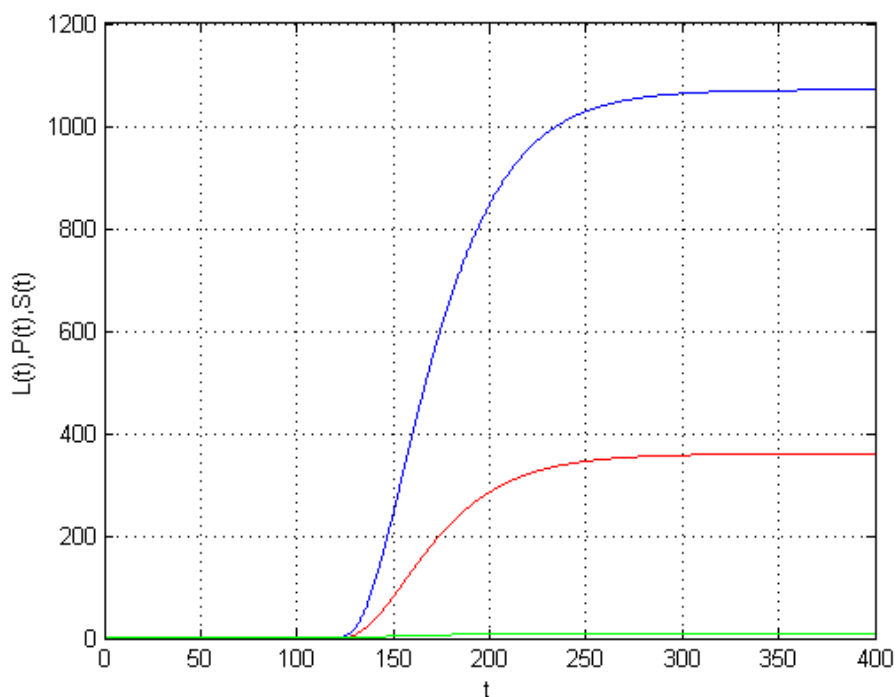


Рис. 7. Динамика системы при $R_{\max} = 10$

На рисунке 7 хорошо видно, как при этих параметрах система реагирует с запаздыванием на рост управляющего параметра R .

Таким образом, система уравнений, дополненная нелинейным слагаемым, описывает переход из тривиальной особой точки в точку, где переменные испытывают насыщение (нетривиальная особая точка). Положение нетривиальной особой точки в фазовом пространстве зависит от параметров модели. В реальной ситуации можно управлять параметром $R(t)$. Подобрано управление этим параметром. Серия численных экспериментов показала, что изменение этого параметра во времени эффективно влияет на динамику социальной сети, однако существует некоторая задержка в реакции социальной сети на изменение параметра $R(t)$, которую необходимо учитывать в реальной ситуации.

Данные социальной сети

В исследовании используется информация об открытой переписке в сообществах социальной сети «ВКонтакте». Временной период сообщений, в который пользователи оставляли сообщения в открытых сообществах, относится к 2014 году. В БД также отражены метаданные: дата и время переписки (диалога), идентификаторы пользователей участников, отметки «нравится», характеристики профиля пользователя и другие параметры. Визуальный анализ собранных данных говорит о том, что от 80 до 85% сообщений в форме постов или комментариев к ним представлены короткими репликами и носят нейтральный характер, в том числе содержащие нецензурную лексику. Также можно обнаружить сообщения, выражающие явно негативное отношение к оппоненту – агрессивные высказывания. Тематика сообщений за весь период сбора данных различна и преимущественно носит нейтральный характер, например, обсуждение направлений музыки. В БД можно встретить отдельные сегменты постов и комментариев к ним на политические темы с длинной веткой диалога и количеством участников более двух. Сбор информации о деятельности сообщества осуществлялся в русскоязычном сегменте социальной сети. Отметим, что этот период времени характеризуется эскалацией напряженности в российско-украинских отношениях, что также проявляется в общественном дискурсе. Часто в базе данных встречаются полноценные разделы обсуждения политических отношений между двумя странами.

Данные представлены в форме реляционной базы данных (далее для краткости будем использовать общеизвестное сокращение: БД) и собраны при помощи специализированной программы-обходчика¹ сайтов.

База данных

Проход программы-обходчика сопровождался одновременной записью в базу данных на платформе Microsoft SQL Server 2012. Структурно записи в исходной² БД представлены девятью таблицами. На рисунке 8 показана схема таблиц в базе данных. Негативным фактором, который создает риски нарушения целостности данных полученной и исходной БД, является последовательный сбор записей для каждой таблицы. Попытка организовать связи по ключевым полям между несколькими таблицами образует связи «многие ко многим».

¹ На момент написания статьи большинство социальных сетей обладают инструментами разработчика. Например, application programming interface. Этот инструмент позволяет запрашивать и получать информацию о параметрах социальной сети напрямую без использования сторонних средств типа программ-обходчиков сайтов.

² Далее и всюду БД, полученную сразу после того, как отработала программа-обходчик, будем называть исходной БД. В исходной БД нет каких-либо связей по ключевым полям; к ней не применялись какие-либо процедуры по улучшению или обогащению данных.

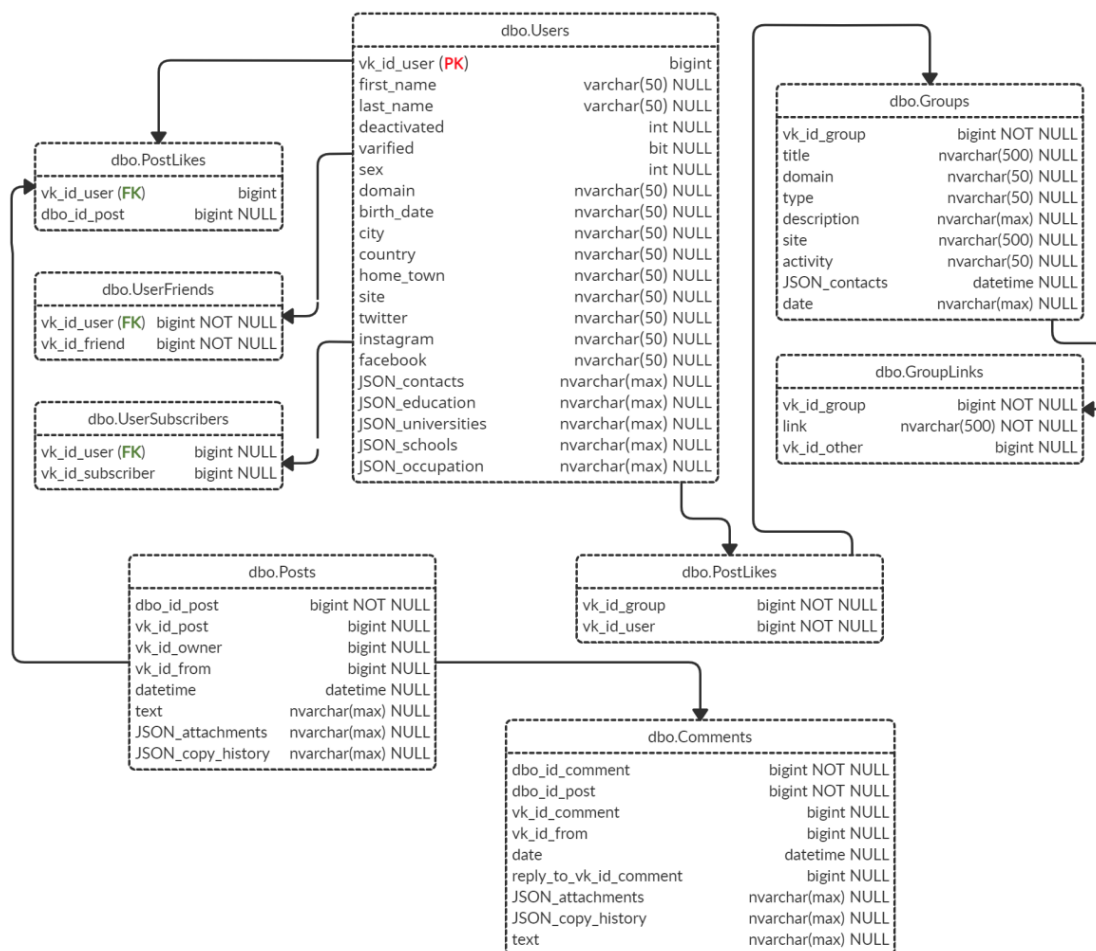


Рис. 8. Содержание полей в таблицах базы данных и их связи

В исходном состоянии после сбора информации связи в БД отсутствуют. С целью привести их к виду, показанному на рисунке 1, определим следующие действия по нормализации записей: установим количество уникальных записей (по всем полям таблиц) и устраним задвоенные; затем свяжем таблицы по ключевому полю как «один ко многим». Под уникальными записями будем подразумевать пользователя, оставившего один комментарий или опубликовавшего один пост. Результат выполнения запроса к БД показывает, что при общем числе записей в 7 776 529 уникальных из них незначительно меньше: 7 776 107. В процентном соотношении эта разница составляет менее 0,1%, однако с целью обеспечения целостности данных выполним нормализацию базы данных.

Работа с текстовыми сообщениями осложняется тем фактом, что в поле текстового сообщения в базе данных находится служебная информация об идентификационных номерах пользователей: кто направил сообщение и в чей адрес. Это затрудняет работу алгоритмов текстового анализа, например, морфологического анализа сообщения. Очевидно, что от такой неструктурированной информации в полях базы данных необходимо избавиться. Кроме того, обращение даже к правильно структурированной приведенной информации, но в большой базе данных является затратной операцией с точки зрения памяти и времени.

Имитационное моделирование

Воспользуемся системой имитационного моделирования iThink v.8.0 [18] для оценки динамики развития основных показателей (19) при различных начальных условиях. Эта

программа позволяет в короткие сроки сконструировать имитационную модель в виде ориентированного графа и протестировать различные режимы работы динамической системы, описывающей некоторый процесс или совокупность процессов [17]. Основными элементами управления в iThink, которыми мы воспользуемся для создания имитационной модели, являются резервуар как элемент накопления и отдачи некоторого ресурса; однонаправленный или двунаправленный потоки как маршруты, согласно которым ресурсы движутся по системе (говоря проще, поток – это математическое правило, правая часть уравнения, которая диктует, на какую величину изменится значение, хранящееся в резервуаре); конверторы – элементы, в которых находятся константы (хотя это не всегда так, поскольку этот элемент управления может быть преобразован к функционально зависимой переменной). На рисунке 9 показан ориентированный граф имитационной модели, соответствующий динамической системе (19).

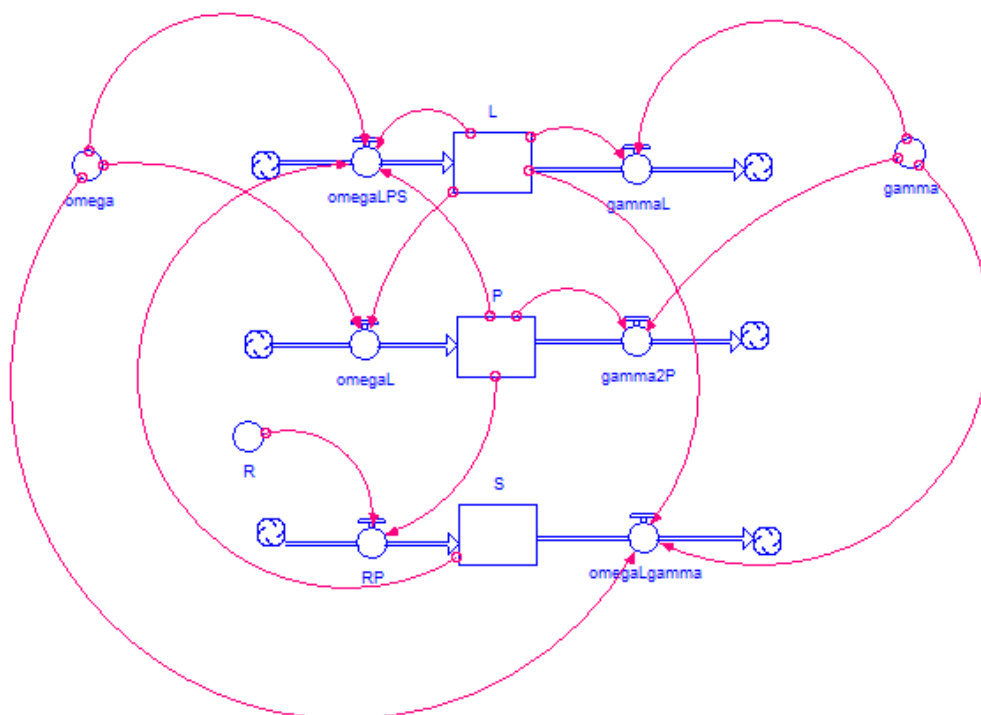


Рис. 9. Ориентированный граф динамической системы в системе моделирования iThink v. 8.0.

В графе динамической системы, представленной на рисунке 9, расположено 3 резервуара, которые будут отвечать за накопление, хранение и уменьшение значений L , P и S . В терминах iThink значения этих параметров выражают некоторый безразмерный для имитационной системы ресурс, величина которого изменяется согласно математическим законам, записанным в потоках (визуально представляет собой однонаправленный поток со стилизованным облачком с левого конца и стрелкой с правого, в центре размещен «вентиль»). Внутри этих потоков заданы правые части уравнений динамической системы (19), однако, заметим, что эти правые части разбиты на входящие и исходящие потоки. Входящий поток – это тот элемент правой части, что входит в уравнение с положительным знаком, то есть увеличивающий значение левой части. Соответственно, исходящий поток – это элемент правой части уравнения, входящий в него со знаком минус. Розовые стрелки обозначают видимость одного элемента графа другим. Например, стрелка, идущая от константы ω к потоку $\omega L\gamma$, означает, что в потоке будет доступно значение константы для вычислений.

Система имитационного моделирования iThink не требует фактической записи дифференциальных уравнений и генерирует код, содержащий их, самостоятельно. Все что требуется от разработчика – корректно выразить в виде ориентированного графа взаимосвязи параметров и констант.

Модельные сценарии

Рассмотрим несколько сценариев развития процессов изменения количества отметок «like» (L), подписчиков (P) и сообщений (S). В таблице 1 покажем начальные условия для первого сценария.

Таблица 1

НАЧАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ СЦЕНАРИЯ

Параметр	Значения		
	Первый сценарий	Второй сценарий	Третий сценарий
L	100000	10000	500000
P	10000	1000	1000000
S	20000	2000	500000
ω	1.1	1.1	0.9
γ	2.5	2.5	1.0
R	5	5	1

Для решения в численном виде воспользуемся методом Runge-Kutta 4 – наиболее точным методом, доступным в iThink. В качестве временной шкалы укажем условные временные единицы. Это связано с тем, что для исследуемой базы данных сообщений социальной сети «ВКонтакте» известна последовательность сообщений, границы дат начала и конца сбора данных. На рисунке 10 можно видеть динамику изменения показателей L, P и S для начальных условий первого сценария.

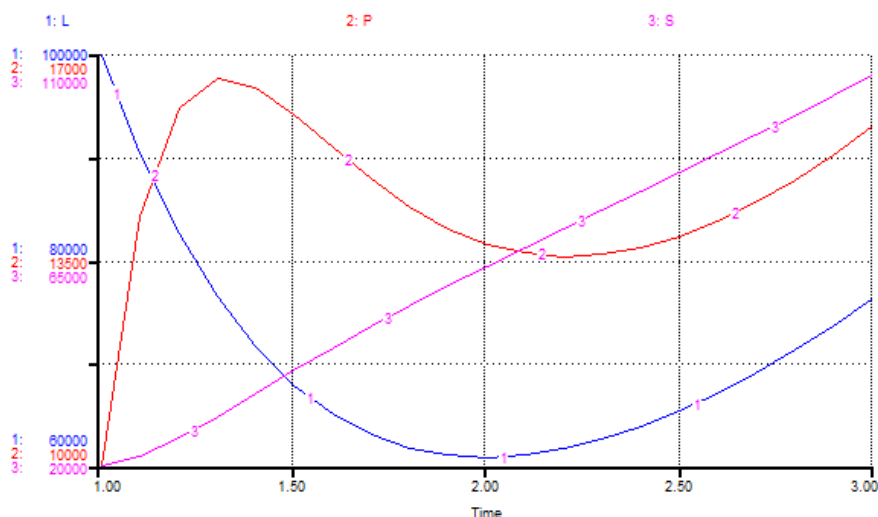


Рис. 10. Динамика развития процессов в условном масштабе времени (графики даны в разных масштабах для того, чтобы детально рассмотреть динамику каждого процесса)

По исходным условиям первого сценария можно заметить, что рассматривается вариант уже действующего сообщества социальной сети со значительной аудиторией подписчиков и высокой активностью. Параметрами ω и γ мы смоделировали ситуацию, в которой темпы прироста новых отметок «like» меньше темпов уменьшения количества «like», то есть выражение отметки «dislike». Можно предположить, что попытка искусственно управлять

количеством «dislike» кратковременно ведет к снижению подписчиков. Причем это снижение происходит с некоторым временным лагом (запаздыванием). Это видно по «горке» оранжевого графика. Перелом с последующим ростом в количестве подписчиков практически совпадает с таким же переломом с положительным ростом в количестве одобряемых сообщений. Покажем также на графиках 11 и 12 фазовые портреты динамической системы при начальных условиях первого сценария.

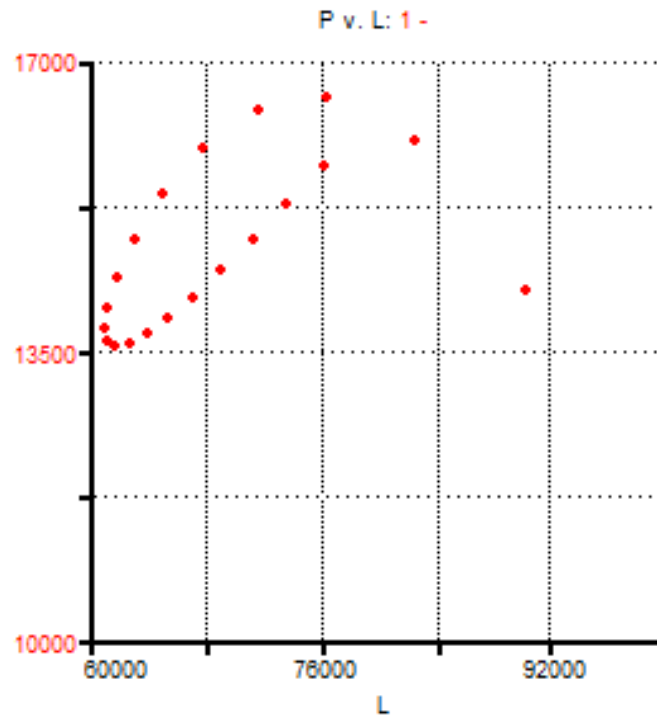


Рис. 11. Фазовый портрет «подписчики-лайки» при начальных условиях первого сценария

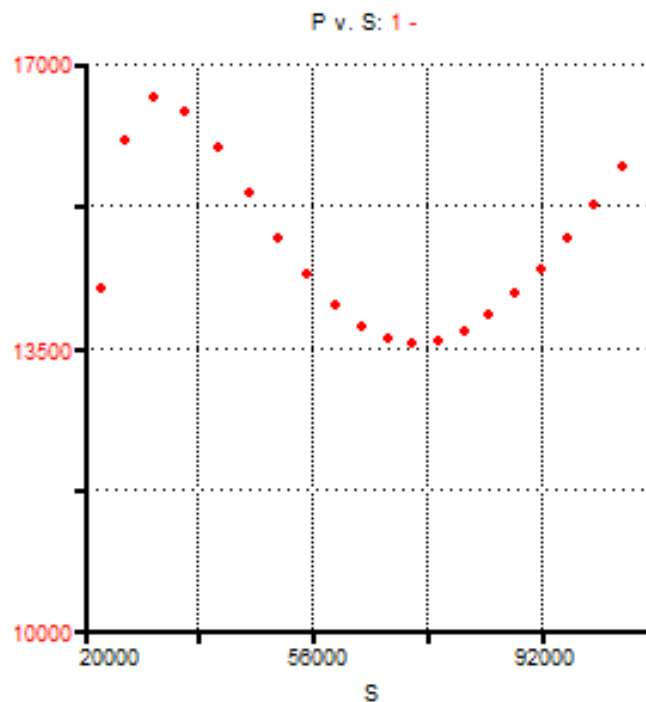


Рис. 12. Фазовый портрет «подписчики-сообщения» при начальных условиях первого сценария

Графики второго сценария покажем в приложении 1 (см. рисунки 20–22) в силу того, что он является близким к первому сценарию по параметрам имитации и демонстрирует лишь влияние тех же параметров на разные масштабы. Но рассмотрим, как отреагирует динамическая система на крупный масштаб сообщества социальной сети при малых параметрах его поддержки со стороны администрации сообщества и низкой активности. На рисунке 13 показана динамика основных процессов системы.

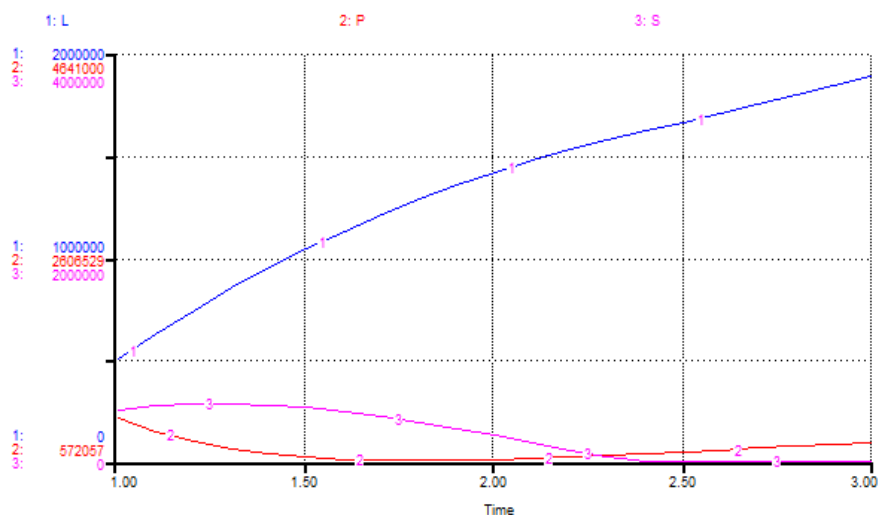


Рис. 13. Динамика эволюции при начальных условиях третьего сценария

Сообщество превращено в информационный стенд.

При слабой активности в виде новых постов в сообществе, малой административной поддержке тенденцию к росту имеет только показатель отметок «like». Это может свидетельствовать о том, что в действительности в крупном сообществе социальной сети лишь небольшое ядро генерирует новые темы. Большая часть участников сообщества исполняет роль проводников предложенных тем. Построим также фазовые портреты (рис. 14 и 15) при начальных условиях третьего сценария.

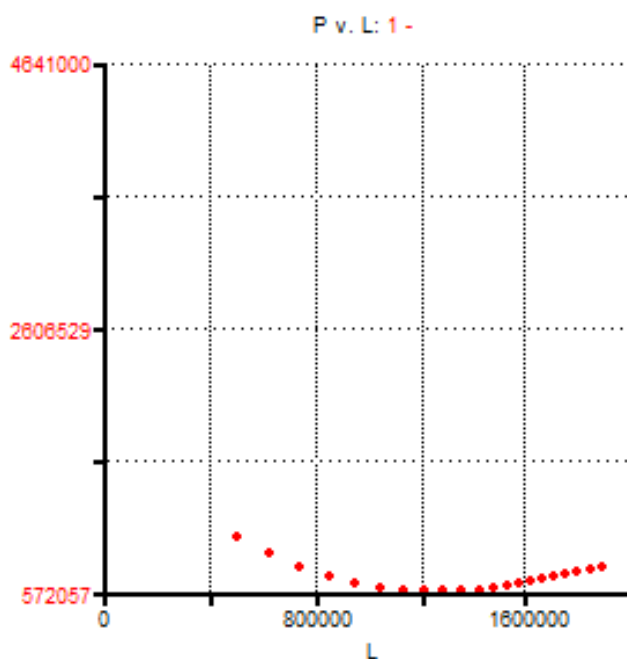


Рис. 14. Фазовый портрет «подписчики-лайки» при начальных условиях третьего сценария

В разделе анализа на устойчивость мы наглядно показали, что для этого набора процессов динамическая система функционирования сообщества социальной сети является нестабильной. Большинство из разыгранных нами сценариев демонстрируют тип особой точки «седло». На графиках фазовых портретов это можно проследить.

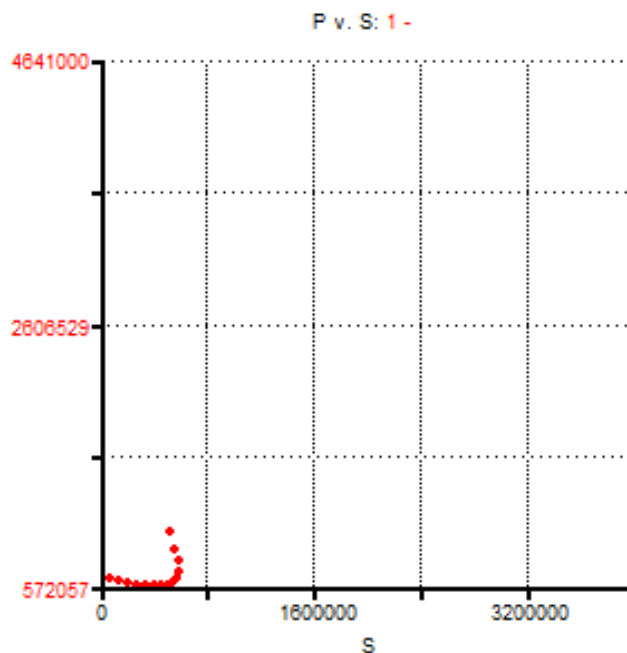


Рис. 15. Фазовый портрет «подписчики-сообщения» при начальных условиях третьего сценария

Причем изменение имитационного времени чаще всего приводит именно к той ситуации, что показана на рисунках 11, 12, 14 и 15.

В интерфейсе имитационной модели существует 3 шкалы изменения для параметров ω , γ и R . Изменение их значений очевидным образом ведет к различным состояниям динамической системы, однако переводят ее в положение равновесия такие из них, которые соблюдают соотношение $\omega < \gamma < R$. На рисунках 16 и 17 заметно положение равновесия в количествах постов и отметок «нравится» вплоть до имитационного времени, равного 200 единицам. Начиная со времени >200 единиц, изменяются значения на шкалах в апплете AnyLogic, нарушающие соотношение $\omega < \gamma < R$. Через 25 единиц имитационного времени значения приведены в указанное прежде соотношение, после чего наблюдается стабилизация процесса.

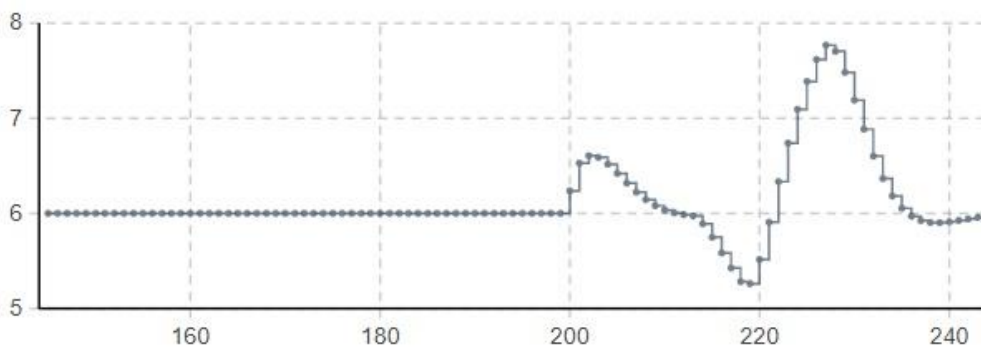


Рис. 16. Динамика процесса появления новых постов в зависимости от соотношения параметров ω , γ и R

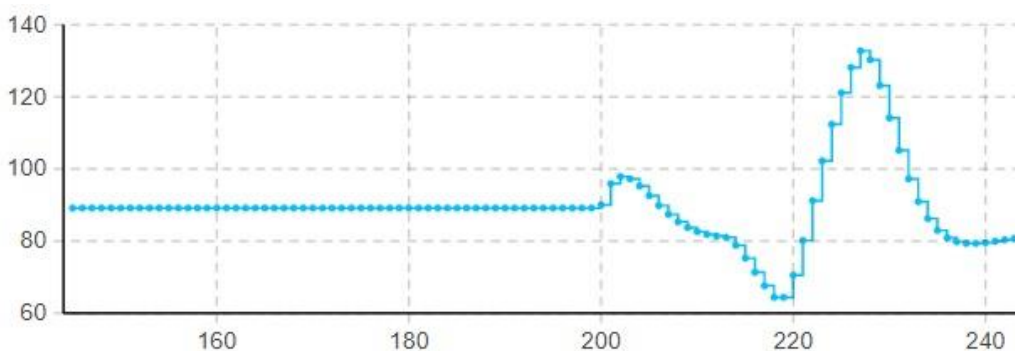


Рис. 17. Динамика процесса появления новых отметок «нравится» в зависимости от соотношения параметров ω , γ и R

На графиках на оси ординат отмечено модельное время (внутри имитационной системы); на оси абсцисс отражены значения показателей количества постов и отметок «нравится» (см. рисунок 17) соответственно.

Реализованная имитационная модель учитывает нелинейную компоненту, что позволяет избежать экспоненциального роста наблюдаемых показателей при малых изменениях в параметрах управления моделью. Покажем также на фазовых портретах «Посты – отметки «Нравится» и «Посты – Подписчики», что построенная динамическая система приводит к особой точке *седло*. Фазовые портреты построим при помощи имитационной программы iThink. На рисунках 18 и 19 при неизменных параметрах ω , γ и R , равных 1, 4 и 7 соответственно, получены фазовые портреты с особой точкой *седло*, что было доказано ранее.

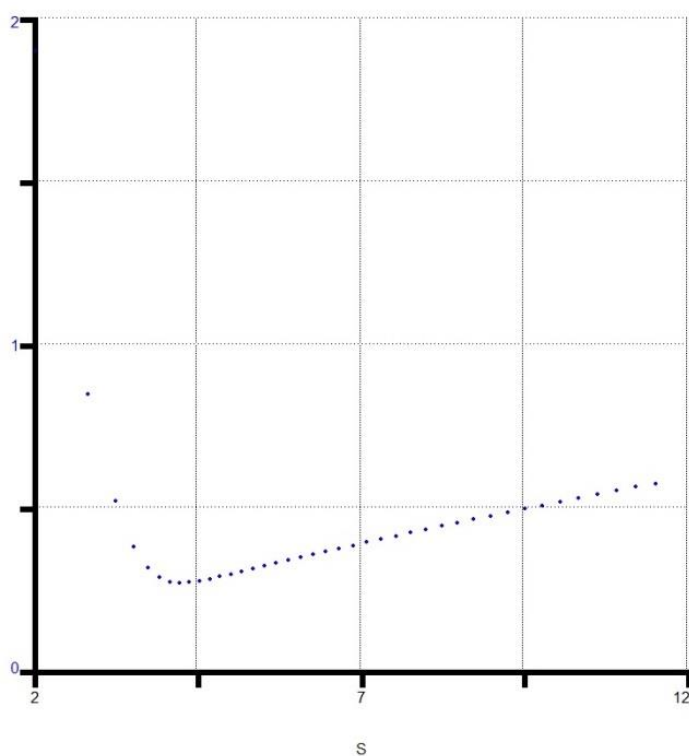


Рис. 18. Фазовый портрет «Посты – Подписчики»

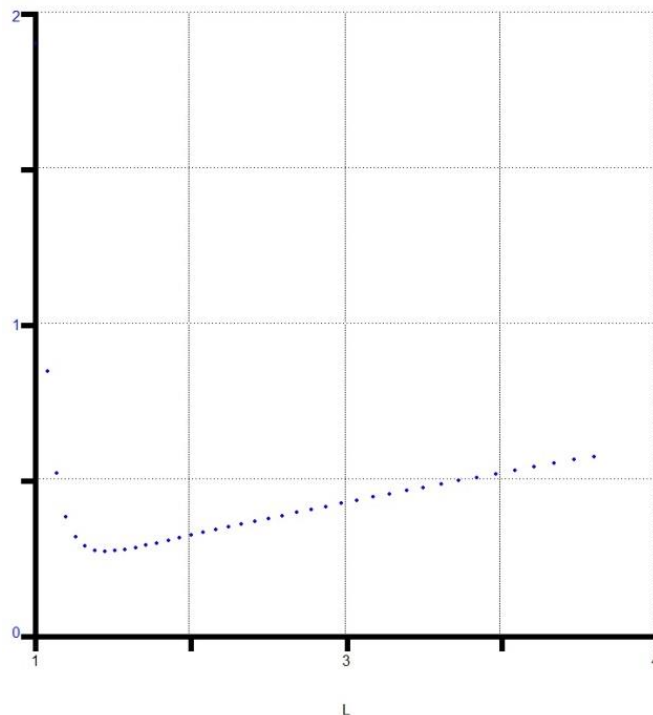


Рис. 19. Фазовый портрет «Посты – отметки «Нравится»

В некотором смысле получение особой точки такого типа является закономерным. В силу того, что одно из собственных значений положительно, точка равновесия неустойчива. В момент активизации подписчиков сообщества в форме комментирования, новых отметок «Нравится» привлекается внимание к посту (что послужило источником активного обсуждения?), таким образом формируя силу, направленную на выведение динамической системы из положения равновесия.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдение нестабильных режимов работы динамической системы для рассматриваемого объекта моделирования, с одной стороны, кажется предсказуемым: множество отдельно действующих пользователей. Но, с другой стороны, даже большое количество пользователей объединяют единые оценки высказываний, что говорит о том, что формирование мнений на виртуальной площадке возможно [18, 19, 20]. Авторы исследования считают перспективным также рассмотреть подход, связанный с созданием динамической системы, основанной на мультиагентном моделировании. В таком подходе формирование отклика со стороны пользователя подчинено его деятельности в малой группе большого сообщества социальной сети. В этом смысле малая группа выступает с двух позиций: как агент формирования мнения и его транслирования на общую аудиторию (которая в свою очередь имеет функцию предпочтения, выраженную в согласии или отрицании предложенного мнения), и в то же время является агентом сообщества, воспринимающим чужое мнение извне (та самая функция предпочтения). Реализация такого агента и его предпочтений возможна в виде нейронной сети.

Мультиагентный подход – это технологический подход к моделированию. Развитие математического подхода к анализу динамики систем, описывающих деятельность социальных сетевых сообществ, представлено в реализации управляющих воздействий. Например,

использование принципа максимума Л.С. Понтрягина. На самом деле динамическая система в виде системы дифференциальных уравнений уже построена, и, следовательно, могут быть определены такие управляющие воздействия на эту систему, которые переведут ее из одного положения на фазовой плоскости в другое. Целью контроля может быть требование, чтобы система находилась в едином режиме. Фактически каждая точка, найденная в управляющем фазовом пространстве, будет определять те самые границы параметров, при которых начинается переход от одного режима функционирования социальных сетевых сообществ (сообщества) к другому. Было бы также правильно использовать методы исследования графов в приложении к рассматриваемой теме. Наличие данных о функционировании сообществ в виде базы данных в плоском виде (такой тип представления данных, когда одному объекту записи, например пользователю, присваивается одно значение параметра и несмотря на большое количество параметров одного объекта этот объект записи повторяется для каждого нового значения параметра) может позволить отслеживать кратчайшие пути взаимодействия, например, наиболее активных аккаунтов с ярко выраженной агрессивной лексикой в комментариях.

В целом можно сказать, что изучение процессов функционирования социальных сетевых сообществ требует большей аналитической информации об их открытых и скрытых тенденциях. По мнению авторов, использование описанных выше методов исследования может обогатить знания по данной теме.

РЕЗУЛЬТАТ

Разработана динамическая система функционирования сообществ социальной сети с нелинейной компонентой. Эта ДС исследована на положение равновесия, которое соответствует особой точке *седло*, что близко отражает реальную поведенческую модель сообществ социальной сети. Активизация и раскрутка заданной темы, обсуждения, ее поддержка в форме отметок «Нравится» или репостов привлекает новых пользователей и новых подписчиков, тем самым увеличивая аудиторию и активность сообщества. Все действия выводят сообщество из устоявшегося положения с постоянным числом подписчиков и посетителей. Современная практика раскрутки сообществ СС демонстрирует увеличение аудитории с заранее декларируемой темой сообщества, а по достижении нужного числа подписчиков это сообщество перепродается как клиентская база, где новый владелец осуществляет миграцию к новой тематике сообщества.

БЛАГОДАРНОСТИ

Представленное исследование профинансировано РФФИ в рамках научно-исследовательского проекта № 18-29-22104 «Разработка социально-киберфизической системы мониторинга разнообразного интернет-контента для противодействия проявлению агрессии, давления и других форм деструктивного воздействия на индивидуальное и групповое сознание пользователей».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Здесь размещены графики второго сценария. Они показывают, что изменение масштабов сообщества социальной сети при неизменных темпах прироста и падения основных параметров динамической системы не ведет к радикальным изменениям в траектории развития системы.

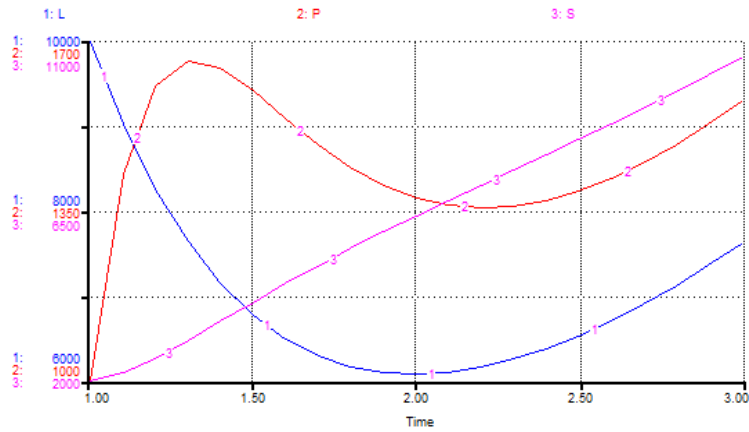


Рис. 20. Динамика системы при начальных условиях второго сценария

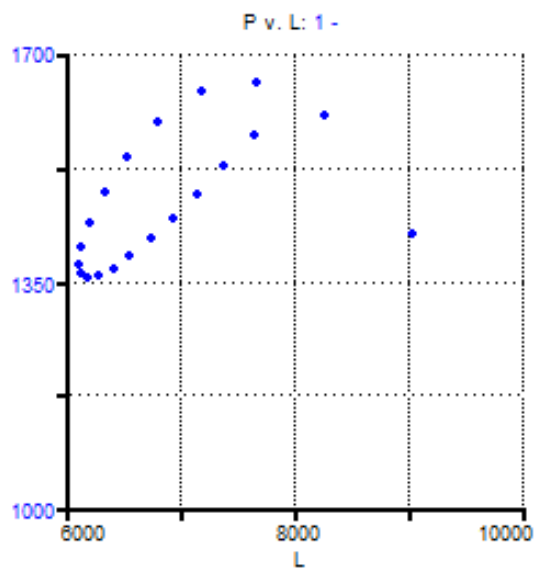


Рис. 21. Фазовый портрет «подписчики – лайки» при начальных условиях второго сценария

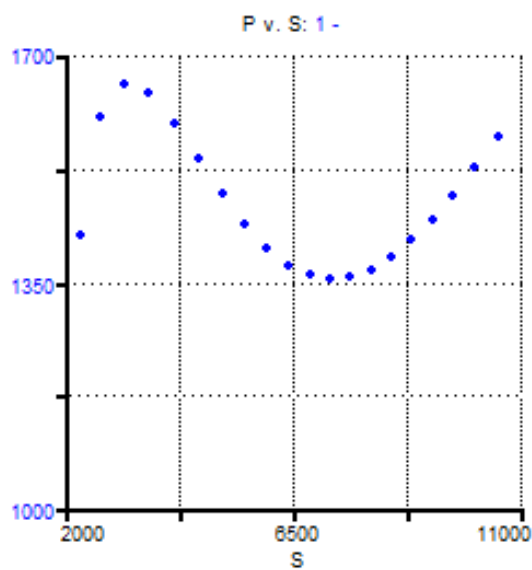


Рис. 22. Фазовый портрет «подписчики – сообщения» при начальных условиях второго сценария

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Tocoglu M.A., Ozturkmenoglu O., Alpkocak A.* Emotion Analysis From Turkish Tweets Using Deep Neural Networks // *IEEE Access*, 2019. Vol. 7. Pp. 183061–183069. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2960113.
2. *Kumar A., Narapareddy V.T., Aditya Srikanth V. et al.* Sarcasm Detection Using Multi-Head Attention Based Bidirectional LSTM // *IEEE Access*, 2020. Vol. 8. Pp. 6388–6397. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2963630.
3. *Dong Y., Fu Y., Wang L et al.* A Sentiment Analysis Method of Capsule Network Based on BiLSTM // *IEEE Access*, 2020. Vol. 8. Pp. 37014–37020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2973711.
4. *Liang H., Ganeshbabu U., Thorne T.* A Dynamic Bayesian Network Approach for Analysing Topic-Sentiment Evolution // *IEEE Access*, 2020. Vol. 8. Pp. 54164–54174. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2979012.
5. *Kumar A., Narapareddy V.T., Aditya Srikanth V. et al.* Aspect-Based Sentiment Classification Using Interactive Gated Convolutional Network // *IEEE Access*, 2020. Vol. 8. Pp. 22445–22453. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2970030.
6. *Ding W.* SVM-Based Feature Selection for Differential Space Fusion and Its Application to Diabetic Fundus Image Classification // *IEEE Access*, 2019. Vol. 7. Pp. 149493–149502. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2944899.
7. *Li M., Wu H., Zhang H.* Matrix Factorization for Personalized Recommendation with Implicit Feedback and Temporal Information in Social Ecommerce Networks // *IEEE Access*, 2019. Vol. 7. Pp. 141268–141276. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2943959.
8. *Xu J., Xu Z., Chen J.* Semantic retrieval system based on ontology // *Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Information Security and Privacy*. World Scientific and Engineering Academy and Society, Stevens Point, Wisconsin, USA. 2006. Pp. 124–129.
9. *Zhao Y., Pan S., Wu J. et al.* *IEEE Access Special Section Editorial: Advanced Data Mining Methods for Social Computing* // *IEEE Access*, 2020. Vol. 8. Pp. 228598–228604. DOI:10.1109/ACCESS.2020.3043060.
10. *Пуш Н., Абетс П., Лалуа М.* Прямой метод Ляпунова в теории устойчивости. Москва: Мир, 1980. 300 с.
11. *Цимфер С.А.* Оценка параметров переходного процесса линейной системы на основе прямого метода Ляпунова // *Процессы управления и устойчивость*. 2016 Т. 3. № 1 С. 138–143.
12. *Kalitine B.S.* On solving the problems of stability by Lyapunov's direct method // *Russian Mathematics*. 2017. Vol. 61. No. 6. Pp. 27–36. DOI: 10.3103/S1066369X17060044.
13. *Гуляева Д.Р., Киселев А.В.* Применение методов Ляпунова для исследования устойчивости систем // *Информационные системы и технологии: материалы докладов II международной научно-технической заочной конференции «ИСТ-2016»*, Юго-Западный государственный университет. Курск, 2016. С. 40–44.
14. *Плюснина Т.Ю., Фурсова П.В., Дьяконова А.Н. и др.* Математические модели в биологии: учебное пособие. Москва – Ижевск: НИЦ: «Регулярная и хаотическая динамика», 2021. 174 с.
15. *Щуров И.В.* Обыкновенные дифференциальные уравнения. Интерактивный учебник [Электронный ресурс]. URL: <https://ode.mathbook.info/> (дата обращения: 25.09.2020)
16. *Васильев Ф.П.* Численные методы решения экстремальных задач. Москва: Наука, 1988. 552 с.

17. Якимов И.М., Куртичников А.П., Устинов Р.Д. и др. Имитационное моделирование в системе структурного и имитационного моделирования «Ithink» // Вестник Технологического университета. 2019. Т. 22. № 2. С. 159–164.

18. Минаев В.А., Сычев М.П., Куликов Л.С. и др. Моделирование манипулятивных воздействий в социальных сетях // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 1(24). С. 494–510. DOI: 10.26102/2310-6018/2019.24.1.003.

19. Минаев В.А., Дворянkin С.В. Обоснование и описание модели динамики информационно-психологических воздействий деструктивного характера в социальных сетях // Безопасность информационных технологий. 2016. Т. 23. № 3. С. 40–52.

20. Cheng X., Fu S., de Vreede G.J. Understanding trust influencing factors in social media communication: A qualitative study // International Journal of Information Management. 2017. Vol. 37. No. 2. Pp. 25–35. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2016.11.009.

Информация об авторах

Охупкина Елена Павловна, старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и системы» Института информационных наук и технологий безопасности, Российский государственный гуманитарный университет;

125047, Россия, Москва, Миусская площадь, 6;

старший преподаватель кафедры «Защита информации», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана;

105005, Россия, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1;

lenaokharkina@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2382-0891>

Охупкин Валентин Павлович, ведущий эксперт Центра экспертно-аналитических и информационных технологий, Счетная палата Российской Федерации;

119021, Россия, Москва, Зубовский бул., 21, стр. 3;

vprokharikin@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3592-8699>

Мещеряков Роман Валерьевич, д-р техн. наук, профессор РАН, гл. науч. сотр., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН;

117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 65;

mrv@ieee.org, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1129-8434>

Исхакова Анастасия Олеговна, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН;

117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 65;

shumskaya.ao@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8358-298X>

Исхаков Андрей Юнусович, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН;

117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 65;

доцент Московского института электроники и математики;

123458, Россия, Москва, ул. Таллинская, 34;

iskhakovandrey@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6603-265X>

REFERENCES

1. Tocoglu M.A., Ozturkmenoglu O., Alpkocak A. Emotion Analysis From Turkish Tweets Using Deep Neural Networks. IEEE Access, 2019. Vol. 7. Pp. 183061–183069. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2960113.

2. Kumar A., Narapareddy V.T., Aditya Srikanth V. et al. Detection Using Multi-Head Attention Based Bidirectional LSTM. IEEE Access, 2020. Vol. 8. Pp. 6388–6397. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2963630.

3. Dong Y., Fu Y., Wang L. et al. A Sentiment Analysis Method of Capsule Network Based on BiLSTM. *IEEE Access*, 2020. Vol. 8. Pp. 37014–37020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2973711.
4. Liang H., Ganeshbabu U., Thorne T. A Dynamic Bayesian Network Approach for Analysing Topic-Sentiment Evolution. *IEEE Access*, 2020. Vol. 8. Pp. 54164–54174. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2979012.
5. Kumar A., Narapareddy V.T., Aditya Srikanth V. et al. Aspect-Based Sentiment Classification Using Interactive Gated Convolutional Network. *IEEE Access*, 2020. Vol. 8. Pp. 22445–22453. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2970030.
6. Ding W. SVM-Based Feature Selection for Differential Space Fusion and Its Application to Diabetic Fundus Image Classification. *IEEE Access*, 2019. Vol. 7. Pp. 149493–149502. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2944899.
7. Li M., Wu H., Zhang H. Matrix Factorization for Personalized Recommendation with Implicit Feedback and Temporal Information in Social Ecommerce Networks. *IEEE Access*, 2019. Vol. 7. Pp. 141268–141276. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2943959.
8. Xu J., Xu Z., Chen J. Semantic retrieval system based on ontology. *Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Information Security and Privacy*. World Scientific and Engineering Academy and Society, Stevens Point, Wisconsin, USA. 2006. Pp. 124–129.
9. Zhao Y., Pan S., Wu J. et al. *IEEE Access Special Section Editorial: Advanced Data Mining Methods for Social Computing*. *IEEE Access*, 2020. Vol. 8. Pp. 228598–228604. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3043060.
10. Rush N., Abets P., Lalue M. *Prjamoj metod Ljapunova v teorii ustojchivosti* [Lyapunov's direct method in stability theory]. Moscow: Mir, 1980. 300 p. (In Russian)
11. Cimfer S.A. Estimation of the parameters of the transition process of a linear system based on the direct Lyapunov method. *Processy upravlenija i ustojchivost'* [Control Processes and Stability]. 2016. Vol. 3. No. 1. Pp. 138–143. (In Russian)
12. Kalitine B.S. On solving the problems of stability by Lyapunov's direct method. *Russian Mathematics*. 2017. Vol. 61. No. 6. Pp. 27–36. DOI: 10.3103/S1066369X17060044.
13. Guljaeva D.R., Kiselev A.V. Application of Lyapunov methods to study the stability of systems. *Informacionnye sistemy i tehnologii: materialy dokladov II mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj zaochnoj konferencii «IST-2016»*. [Information systems and technologies: materials of reports of the II International Scientific and Technical Correspondence Conference "IST-2016"]. Kursk: Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet, [South-West State University] 2016. Pp. 40–44. (In Russian)
14. Pljusnina T.Ju., Fursova P.V., D'jakonova A.N. et al. *Matematicheskie modeli v biologii: uchebnoe posobie* [Mathematical models in biology: a textbook]. Moscow – Izhevsk: NIC: «Reguljarnaja i haoticheskaja dinamika», 2021. 174 p. (In Russian)
15. Shchurov I.V. *Obyknovennyje differencial'nye uravnenija. Interaktivnyj uchebnik* [Ordinary differential equations. Interactive textbook]. URL: <https://ode.mathbook.info/> (accessed 25.09.2020). (In Russian)
16. Vasiliev F.P. *Chislennye metody reshenija jekstremal'nyh zadach* [Numerical methods for solving the extremal problems]. Moscow: Nauka, 1988. 552 p. (In Russian)
17. Yakimov I.M., Kirpichnikov A.P., Ustinov R.D. et al. Simulation modeling in the "IThink" structural and simulation modeling system. *Vestnik Tehnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University]. 2019. Vol. 22. No. 2. Pp. 159–164. (In Russian)
18. Minaev V.A., Sychev M.P., Kulikov L.S., Vaitz E.V. Modeling manipulative influences in social networks. *Modelirovanie, optimizacija i informacionnye tehnologii* [Modeling, optimization and information technology]. 2019. Vol. 7. No. 1. Pp. 494–510. DOI: 10.26102/2310-6018/2019.24.1.003. (In Russian)

19. Minaev V.A., Dvoryankin S.V. Foundation and description of informational and psychological destructive nature influences dynamics model in social networks. *Bezopasnost informatsionnykh tekhnologiy* [IT Security]. 2016. Vol. 23. No. 3. Pp. 35–48. (In Russian)
20. Cheng X., Fu S., de Vreede G.J. Understanding trust influencing factors in social media communication: A qualitative study. *International Journal of Information Management*. 2017. Vol. 37. No. 2. Pp. 25–35. DOI: 37.10.1016/j.ijinfomgt.2016.11.009.

MSC: 37N35; 91D30; 93D05

Original article

DYNAMIC SYSTEM OF FUNCTIONING OF SOCIAL NETWORK COMMUNITIES

E.P. OKHAPKINA^{1,2}, V.P. OKHAPKIN³, R.V. MESHCHERYAKOV⁴,
A.O. ISKHAKOVA⁴, A.Y. ISKHAKOV^{4,5}

¹ Russian State University for the Humanities
125047, Russia, Moscow, Miuskaya Square 6

² Bauman Moscow State Technical University
105005, Russia, Moscow, 2nd Baumanskaya street, 5, build. 1

³ Center of Expert and Analytical and Information Technologies of Accounts Chamber of the Russian Federation
119021, Russia, Moscow, Zubovsky blvd., 21, build. 3

⁴ V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences
117997, Russia, Moscow, 65 Profsojuznaja street

⁵ Moscow Institute of Electronics and Mathematics (MIEM HSE)
123458, Russia, Moscow, 34 Tallinskaya street

Abstract: Social networks are no longer used only as a tool for global communication of various segments of society in different countries. It is turned into a socio-political asset in the struggle for the specific interests of a group of people who can acquire and/or manage this asset. In the paper we use data of a number of communities of the Russian-Ukrainian segment of the social network «Vkontakte». The study formalizes one of the functional features of a social network: a community (group). The community is considered from the position of a tool for forming opinions and aggressive influence on a single person, some small or wide community. The issue of using information and communication technologies in a destructive way is being updated. The processes occurring in the social network community are shown in the form of a system of first-order differential equations. The system is investigated for stability by the method of Lyapunov functions. One of the tasks of the study is to identify and characterize the border regimes in which the functioning of the community goes from a stable state to chaos. The simulation model of the constructed dynamic system under different initial simulation conditions is considered. The use of mathematical physics tools to describe the processes of cyber-physical systems, including in the task of evaluating text messages with signs of aggression, in a distributed computing environment allows us to assess the trajectory of their evolution under various initial conditions.

Keywords: differential equations, social network services, system dynamics, information and communication technologies, stability analysis, simulation modeling, dynamic equilibrium

The article was submitted 17.03.2022

Accepted for publication 31.03.2022

For citation. Okhapkina E.P., Okhapkin V.P., Meshcheryakov R.V., Iskhakova A.O., Iskhakov A.Y. Dynamic system of functioning of social network communities. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2022. No. 2 (106). Pp. 41–71. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-41-71

Information about the authors

Elena Pavlovna Okhapkina, Senior Lecturer of Information Technologies and Systems Dep. Institute for Information Sciences and Security Technologies of Russian State University for the Humanities;

125047, Russia, Moscow, Miussskaya Square 6;

Senior Lecturer of Information Protection Dep. Bauman Moscow State Technical University;

105005, Russia, Moscow, 2nd Baumanskaya street, 5, build. 1;

lenaokhapkina@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2382-0891>

Valentin Pavlovich Okhapkin, Leading Expert, Center of Expert and Analytical and Information Technologies of Accounts Chamber of The Russian Federation;

119021, Russia, Moscow, Zubovsky blvd., 21, build. 3;

vpokhapkin@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3592-8699>

Roman Valerievich Meshcheryakov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of the V.A. Trapeznikov Institute of Management Problems of the Russian Academy of Sciences;

117997, Russia, Moscow, 65 Profsojuznaja street;

mrv@ipu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1129-8434>

Anastasia Olegovna Iskhakova, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, V.A. Trapeznikov Institute of Management Problems of the Russian Academy of Sciences;

117997, Russia, Moscow, 65 Profsojuznaja street;

shumskaya.ao@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8358-298X>

Andrey Yunusovich Iskhakov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, V.A. Trapeznikov Institute of Management Problems of the Russian Academy of Sciences;

117997, Russia, Moscow, 65 Profsojuznaja street;

Associate Professor at the Moscow Institute of Electronics and Mathematics;

123458, Russia, Moscow, 34 Tallinskaya street;

iskhakovandrey@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6603-265X>

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ИСКУССТВЕННОГО СОЗНАНИЯ

И.А. ПШЕНОКОВА

Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

Аннотация. В статье приводится краткий анализ некоторых методов и подходов к моделированию искусственного сознания. Приводятся некоторые подходы к определению сознания в философии, психологии и нейробиологии. В частности, рассматриваются функциональные и нейробиологические модели сознания. Представлены некоторые подходы к моделированию искусственного сознания. Рассмотренные модели полностью удовлетворяют цели, для которой они были созданы, однако ни одна из них еще не показывает реальное создание личных предпочтений, приобретенных и обработанных через тело и эмоции агента, которые считаются основой для создания потенциального искусственного сознания. Эта область общего искусственного интеллекта активно развивается, и еще нет единой теории основополагающих принципов и методов создания интеллектуальных систем, обладающих сознанием, способных к пониманию своих действий и целей, а также самосознанию.

Ключевые слова: искусственный интеллект, сознание, искусственное сознание, робототехника, имитационное моделирование

Статья поступила в редакцию 11.02.2022

Принята к публикации 10.03.2022

Для цитирования. Пшенокова И.А. Основные методы и подходы к моделированию искусственного сознания // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 72–81. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-72-81

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время значительно возрос интерес к возможности проектирования сознательных роботов, а значит, и искусственного сознания. Этот интерес частично основан на признании того, что сознание играет важную роль в принятии решений людей, и понимании того, что реализация модели сознания в интеллектуальных системах может помочь сделать роботов и искусственных агентов умнее. Но могут ли роботы быть сознательными и если да, то как проектировать такие машины? Для решения вопросов, характерных для искусственного сознания, рассмотрим сначала некоторые подходы к определению сознания.

В работе [1] сознание определено как представление субъекта о мире и о своем месте в нем, связанное со способностью дать отчет о своем внутреннем психическом опыте и необходимое для разумной организации совместной деятельности. В [2] сознание определяется как элемент высшей нервной деятельности человека. Обычно различают сознательную сущность, то есть сущность, которая является разумной, бодрствующей, имеет самосознание и субъективные качественные переживания и сознательные психические состояния, то есть психические состояния, в которых сущность осознает [3].

В теории функциональных систем П.К. Анохина [4] сознание понимается как последний этап преобразования всей информации, поступающей из окружающего мира. Сознание содержится в функциональных системах, представляющих собой организации нейронов, распределенных по разным отделам мозга, но одновременно активизирующихся для выполнения определенных функций.

А.Р. Лурия определил сознание как способность оценивать сенсорную информацию, реагировать на нее критичными размышлениями и действиями и сохранять следы событий в памяти, чтобы прошлые отпечатки или действия могли быть использованы в будущем [5].

К функциональным моделям сознания можно отнести модель глобального рабочего пространства (Global Workspace Theory (GWT) Баарса [6] и ее реализации [7, 8]. Согласно GWT, бессознательные процессы и психические состояния конкурируют за центр внимания, из которого информация «транслируется глобально» по всей системе. Сознание состоит в глобальной вещании и поэтому, по словам Баарса, является важной функциональной и биологической адаптацией. Можно сказать, что сознание создается своего рода глобальным доступом к избранным битам информации в мозге и нервной системе.

Другой подход – модель сознания, сформулированная Стивенем Гроссбергом [9] и основанная на адаптивных резонансах в мозге. Согласно этой модели, конкретные нейронные цепи и системы в разных частях мозга генерируют адаптивные резонансы, которые поддерживают сознательное осознание и знания о внешних сенсорных входах, таких как конкретные виды и звуки, или внутренние сенсорные входы, такие как конкретные эмоции. Каждый резонанс поддерживает фокус внимания на перцептивном или аффективном представлении, которое становится сознательным, и синхронизируется с соответствующими внимательными резонансами, которые позволяют сознательно распознать или знать перцептивное или аффективное событие. Причем сознательные перцептивные, когнитивные и аффективные представления могут резонировать вместе, чтобы люди могли осознавать то, что воспринимают, и субъективный опыт при данном подходе – не что иное, как некоторое конкретное состояние в динамической эволюции нейронных сетей.

Модели сознания следует отличать от так называемых нейронных коррелятов сознания, предложенных Ф. Криком и К. Кохом [10]. Хотя идентификация корреляций между аспектами мозговой активности и аспектами сознания может ограничивать спецификацию нейробиологически правдоподобных моделей, такие корреляции сами по себе не обеспечивают объяснительные связи между нейронной активностью и сознанием. Модели также следует отличать от теорий, которые не предлагают какую-либо функциональную реализацию (например, теории «мышления высшего порядка» Розенталя [11]). Модели сознания ценны именно в той мере, в какой они предлагают такие объяснительные связи [12]. Чтобы какая-то функция в мозге была сознательной, нужно, чтобы выполнение определенной когнитивной задачи сопровождалось внутренним субъективным опытом. Именно наличие приватного опыта является ключевым компонентом, позволяющим сказать, есть сознание или нет. Это более узкое понятие называется феноменальным сознанием (phenomenal consciousness). Самосознание возникает в ходе развития сознания личности, по мере того как она становится самостоятельно действующим субъектом. Самосознание есть не столько рефлексия своего «Я», сколько осознание своего способа жизни, своих отношений с миром и людьми.

Таким образом, не существует общепринятого определения сознания. Однако следует указать, что основные определения можно разделить на два понятия: сознания как опыта и сознания как функции. С точки зрения опыта субъект осознает, когда чувствует зрительные переживания, телесные ощущения, мысленные образы, эмоции [13]. С точки зрения функции сознательный субъект способен обрабатывать доступную информацию [14], интегрировать ее [15] и интроспективно осознавать себя [16], генерировать внутреннюю

речь [17], внутреннюю модель себя и внешней среды [18], а также предвидеть перцептивную и поведенческую деятельность [19] и взаимодействовать через афферентные сенсорные связи с внешним миром [20].

В этой статье обобщены модели, которые включают вычислительные, информационные или нейродинамические элементы и предлагают объяснительные связи между нейронными свойствами и феноменальными свойствами.

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ИСКУССТВЕННОГО СОЗНАНИЯ

Без понимания основополагающих аспектов биологического сознания невозможно моделирование искусственного сознания. В книге [21] содержится обзор состояния исследований в области искусственного сознания. В более поздней работе [22] авторы предполагают, что слово «сознание» объединяет два различных типа вычислений обработки информации в мозге: отбор информации для глобального вещания (C1) и самоконтроль этих вычислений (C2). Они утверждают, что современные машины по-прежнему в основном реализуют вычисления, которые отражают бессознательную обработку (C0) в человеческом мозге.

Все существующие когнитивные архитектуры полностью удовлетворяют цели, для которой они были созданы, однако ни одна из них не показывает реальное создание личных предпочтений, приобретенных и обработанных через тело и эмоции агента, которые считаются основой для создания потенциального искусственного сознания.

Рассмотрим некоторые подходы к моделированию искусственного сознания.

Теория разума, внимание и роль эмоций – все это важные аспекты в изучении механизмов, лежащих в основе сознания у людей и роботов. В этом контексте в работе [23] предлагается теория, основанная на схеме внимания, в качестве отправной точки для создания сознательного робота – attention schema theory (AST). Согласно AST мозг конструирует не только модель физического тела, но и модель своих собственных внутренних процессов обработки информации. Он строит «схему внимания». Эта схема внимания не только способствует контролю внимания, но и информация, содержащаяся в ней, также имеет последствия для тех утверждений, которые машина может делать о себе. Согласно тому, как мозг может в широком спектре информационных областей проводить постоянно меняющуюся усиленную обработку одних сигналов по сравнению с другими, схема внимания – это набор информации, который описывает акт фокусировки ресурсов на чем-то. Она описывает, что такое внимание, что оно делает, каковы его основные устойчивые свойства, каковы его динамика и последствия, и отслеживает его постоянно меняющееся состояние.

Авторы делают вывод о том, что функционально моделирование себя совпадает с моделированием других на основе опыта, проведенного в [24], согласно которому в правой височно-теменной доле мозга происходит осознание себя, своего «Я» и в этой же доле происходит социальное сознание, т.е. функция приписывания осознания другим людям. Согласно Грациано, на основе AST можно создать робота с богатой внутренней моделью сознания, которая приписывает сознание себе и людям, с которыми взаимодействует, и использует эти знания для предсказания человеческого поведения. В предложенной схеме внимания отсутствует информация о нейронах, синапсах, электрохимических сигналах, нейронной конкуренции и так далее. Авторы данного подхода считают, что конкретные сети в мозге не имеют большого значения, а их метод закладывает концептуальную основу для построения сознания. Поскольку это теория, в которой машина конструирует определенный набор информации и использует его определенным образом.

Методологическая стратегия изучения сознания робота введена в [25] посредством концепции вычислительного коррелята сознания, соответствующего концепции нейронного коррелята сознания в мозге [8]. В работе описывается когнитивная роботизированная система, которая учится выполнять задачи, имитируя движения, показанные

человеком. Робот использует причинно-следственные рассуждения, чтобы сделать вывод о целях человека при выполнении задачи, а не просто имитировать наблюдаемые действия. Когнитивные компоненты интеллектуальной системы робота основаны на нисходящем контроле рабочей памяти, которая сохраняет все причинно-следственные связи, возникающие во время обучения.

По мнению Манзотти и Челлы [26], типичные подходы к сознанию робота, как, например, глобальное рабочее пространство, информационная интеграция, инсценировка, когнитивные механизмы, воплощение, представляют собой старое доброе искусственное сознание (Good Old-Fashioned Artificial Consciousness) и имеют общую концепцию, рассматривающую сознание как эпифеноменальное, т.е. не имеющее физической основы. Авторы делают вывод, что для проектирования искусственного сознания оно не может быть чем-то отличным от физического мира. Поэтому формулируют три допущения: сознание принимается таким же, как и все другие физические свойства вокруг, что-то, что можно измерить, наблюдать; сознание причинно активно и находится в пространстве-времени; оно состоит из материи или энергии. Согласно выдвинутой гипотезе сознание – это сеть объектов и событий, которые благодаря телу с сенсорно-моторно-когнитивными способностями взаимодействуют друг с другом. Сознание – это не внутреннее свойство, а совокупность предметов, которые благодаря телу причинно ответственны за то, что делает тело. Таким образом, авторы смещают фокус изучения сознания робота с внутренних процессов и структур на анализ онтогенетических и эпигенетических отношений, которые организм развивает и поддерживает с внешним миром в течение своей жизни.

В работах [27, 28] подробно приводится структура активного вывода (active inference framework (AIF)). По мнению авторов, активная структура вывода является мостом между вычислительной нейронаукой, робототехникой, психологией. Вводится понятие «нейронно реализованная генеративная модель», суть которой состоит в том, что даже если некоторый объект не был известен, но есть какое-либо более раннее знакомство с подобными ему объектами, то можно создать генеративную модель этого объекта, дополняя ее по мере знакомства с настоящим объектом. Генеративная модель дополняется и развивается посредством процесса обучения, который преобразует нейронные сети. Полный объем воплощенной (и опционально дополненной нейронами) генеративной модели в AIF включает в себя восприятие через построение текущего состояния посредством экстеро-, проприо- и interoцепции. На основе полученного восприятия агент выводит действия как переходы из настоящего в предпочтительное будущее состояние, которые минимизируют (вариационную) свободную энергию, ожидаемую при актуализации предпочтительного будущего состояния, что соответствует понятию мотивации вознаграждения. Предполагается, что роботизированная interoцепция будет идентифицировать наиболее значимые величины, такие как потребности в энергии («голод») и телесные повреждения («боль»).

Уинфилд [29] предлагает искусственную теорию разума, которая предоставит роботам новые возможности, связанные с социальным интеллектом, для взаимодействия человека и робота. Автор предполагает, что внутренняя модель, основанная на имитационном моделировании, может предложить новую основу для искусственной теории разума. Внутренние модели снабжают робота моделью самого себя и окружающей среды, включая других агентов. Это делается для того, чтобы робот мог проверить свои возможные действия и предвидеть последствия для себя и других агентов. Эксперименты, представленные в работе, показывают, что робот способен предсказывать последствия своих действий как для себя, так и для одного или нескольких роботов, выступающих в качестве прокси-людей, и выбирать действия на основе либо безопасности, либо этических соображений. Авторы делают вывод, что внутренние модели, основанные на ими-

тационном моделировании, представляют собой вычислительную модель теории моделирования разума и показывают, что такая вычислительная модель предоставляет мощную и реализуемую основу для искусственной теории разума.

Коминелли [30] представил когнитивную систему SEAI (Social Emotional Artificial Intelligence), предназначенную для социальных и эмоциональных роботов, разработанную как био-вдохновленная система с моделью эмоций и способностей к рассуждению. В частности, SEAI представляет собой симуляцию теории сознания Дамасио [31]. Теория сознания Антонио Дамасио состоит из трех этапов: эмоций, проходящих через чувства, чтобы прийти к тому, что он называет «чувствами чувств». Эмоция (или внутреннее эмоциональное состояние) описывается как (бессознательная) нейронная реакция на определенный стимул и реализуется сложным ансамблем нейронных активаций в мозге. Поскольку нейронные активации часто являются подготовкой к (телесным) действиям как следствие внутреннего эмоционального состояния, тело будет изменено во внешне наблюдаемое эмоциональное состояние. Чувство описывается как (все еще бессознательное) ощущение этого состояния тела. Наконец, ядро сознания, или чувство – это то, что возникает, когда организм обнаруживает, что его представление о собственном телесном состоянии (прото-Я) было изменено появлением стимула: он (сознательно) осознает чувство. Боссе [32] разработал модель, основанную на представлениях Дамасио, для моделирования динамики основных механизмов, происходящих в разуме и теле агента. Когнитивная система SEAI была спроектирована, опираясь на теорию Дамасио и модель Боссе, и протестирована в качестве когнитивной системы гуманоидного робота FACE (Facial Automaton for Conveying Emotions). Тестирование выявило некоторые недостатки: контроль гомеостаза отсутствует, физиологические параметры агента являются символическим представлением, такие возможности, как превентивность при принятии решений, еще не рассматривались. Однако SEAI выделяется среди других систем благодаря гибридной концепции. Модульная конструкция архитектуры потенциально позволяет расширение и переносимость системы на любого другого социального робота, просто адаптируя или добавляя низкоуровневые услуги к сенсорному аппарату и двигательной системе конкретного агента. Это может быть сделано, сохраняя «личность», воспоминания, убеждения, опыт и поведенческие черты агента, которые зависят от когнитивной части системы и, следовательно, могут быть перенесены или изменены независимо. Более того, экспертная система, основанная на правилах, которая является ядром когнитивного блока, не накладывает конкретных ограничений на возможности рассуждения и вывода, которыми может быть наделен искусственный агент, что зависит от количества и сложности правил. В проведенных экспериментах SEAI наделила социального гуманоида искусственными эмоциями и чувствами, на которые повлиял контекст, агенту удалось эксплуатировать их для построения мнений о социальном мире, в который он погружен, и на их основе проявлять более сложные социальные навыки.

В работе [33] вводится понятие «самосознание» в рамках разработанной авторами интеллектуальной системы NARS (non-axiomatic reasoning system). В NARS под интеллектом понимается способность системы адаптироваться к окружающей среде и работать с недостаточными знаниями и ресурсами. Для этого система должна быть способна распознавать случайные события, принимать ответы в режиме реального времени, работать с ограниченными ресурсами и учиться на своем опыте в различных областях. Система NARS хорошо согласуется с процессами человеческого разума и, в частности, с теорией Пиаже о том, что ребенок узнает о себе и окружающей среде, координируя чувства (такие как зрение и слух) с действиями (такими как хватание, сосание и шаг), и

постепенно переходит от рефлексивного, инстинктивного действия при рождении к символическим умственным операциям.

Кинучи и Макин [34] предлагают когнитивную нейронную архитектуру для сознательного робота, где основная роль сознания заключается в адаптации на системном уровне. Предлагаемая архитектура, названная «базовая система», основана на двухуровневом дизайне: первый уровень связан с осознанием, привычным поведением и проблемой привязки. Второй уровень связан с общим целенаправленным поведением робота. Базовая система автономно адаптируется к окружающей среде с функциями принятия решения о действии, основанными на оптимизации прибыли системы в каждый момент времени. Основные функции базовой системы состоят из примитивных операций: обнаружение и распознавание объектов из окружающей среды, принятие решения о действиях в пользу распознанных объектов и подготовка следующего действия, включая обучение на системном уровне. Оптимальный план действий рассчитывается за короткое время с использованием рекуррентной нейронной сети на основе Brain-State-in-a-Box (BSB), предложенной Андерсоном [35] и Голденом [36]. Кроме того, предложенная схема обеспечивает функцию мощного обнаружения совпадений паттернов, которая обнаруживает совпадающий паттерн из тысяч параллельных сигналов, представляющих атрибуты объектов. Эта функция предоставляется на основе результатов, связанных с пирамидальным нейроном [37]. Предложенная архитектура, однако, еще не была подкреплена работающей моделью.

В работе [38] в основе когнитивной и вычислительной архитектуры функционального сознания лежит теория глобального рабочего пространства [5] при условии, что она не противоречит ключевым понятиям о природе представлений в мозгу. Это условие касается того, что представления в мозгу находятся «на месте» («in situ»). Это означает, что они действуют (по крайней мере частично) всегда как одно и то же представление в каждом экземпляре когнитивных процессов, в которых они участвуют.

В предложенном подходе глобальное рабочее пространство представляет собой нейронную доску, в архитектуре которой происходят обработка и создание концептуальных структур (например, отношений между словами в предложении или между визуальными особенностями объектов).

Представления «in situ» не входят в глобальное рабочее пространство, а подключаются к нему путем активации созданных концептуальных структур. Несколько представлений могут конкурировать, в результате чего одна и соответствующая ей концептуальная структура временно будут доминировать в рабочем пространстве. И именно доминирующее представление «in situ», выбранное в рабочем пространстве, становится основой для функциональной формы сознания путем (непрерывного) «процесса явных или неявных запросов и ответов». По мнению авторов, такой процесс соответствует когнитивной обработке и сознанию доступа, как в человеческом мозге.

В [39] авторы вводят модель памяти, основанную на нейрофизиологических данных, которая учитывает многие аспекты, такие как постоянство объекта и эпизодическая память. Модель памяти состоит из трех основных частей: сети идентификации (WHAT), сети локализации (WHERE) и сети префронтальной рабочей памяти (WORKING MEMORY). Согласно результатам, авторы утверждают, что предложенная модель памяти может работать как когнитивная карта, поддерживающая элементарные операции планирования. Важным аспектом модели является то, что механизмы, которые заполняют ощущения для генерации восприятия, могут быть отделены от сенсорного ввода и работать изолированно. Предполагается, что робот вместе с механизмами для более развитой системы сенсорной обработки и выбора действий будет иметь необходимое когнитивное оборудование для создания базовой формы сознания – по крайней мере в той

степени, в которой она может быть проверена в поведенческих экспериментах. Фундаментальным аспектом этой модели является то, что сознание не является чем-то, что должно быть добавлено в когнитивную систему. Это происходит естественным образом, как только система памяти будет способна заполнять сенсорную информацию и производить переходы памяти. Это создаст внутренний мир, который может быть использован как для интерпретации внешнего вклада, так и для поддержки мыслей, оторванных от текущей ситуации.

В работе [40] обосновывается концепция самосознания робота. Основываясь на представлениях об окружающей среде, которые объединяют восприятие и действие, внедряются два основных элемента, которые, по мнению авторов, являются необходимым фактором самосознания: самооценка – это способность «знать, что я знаю» и сознательно использовать это знание в выборе действия и мета-рассуждения – это обсуждение собственных рассуждений. В статье предложена глобальная когнитивная архитектура, которая состоит из модуля сенсорного восприятия и моторики (содержит врожденный набор перцептивных способностей к восприятию окружающей среды (зрительное восприятие и проприоцепция), сенсомоторного учебного модуля (обрабатывает доступные входные данные, чтобы обнаружить и узнать, какие действия доступны роботу в текущей среде) и модулей пространственного рассуждения, знаний и базы знаний (генерируют и хранят символичные данные о воспринимаемой среде). В работе приведено тестирование нескольких частей этой архитектуры, используя различные наборы модулей. Однако еще предстоит провести валидацию глобальной архитектуры.

Поскольку сознание является богатым биологическим феноменом, вполне вероятно, что достаточно точная научная теория сознания потребует специальной детализации функциональных моделей. Модели сознания, рассмотренные в этой статье, различаются с точки зрения их уровня абстракции, а также по аспектам феноменального опыта, которые они предлагают объяснить. Однако в настоящее время ни одна модель сознания не представляется достаточной для полного учета многомерных свойств сознательного опыта. Более того, хотя некоторые из этих моделей приобрели известность, ни одна из них еще не была принята в качестве окончательной или даже в качестве основы для построения окончательной модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выше представлены только некоторые подходы к моделированию искусственного сознания. О преимуществах одних методов перед другими говорить еще рано. Модели сознания различаются с точки зрения их уровня абстракции, а также по аспектам феноменального опыта, которые они предлагают объяснить. Однако в настоящее время ни одна модель сознания не представляется достаточной для полного учета многомерных свойств сознательного опыта. Эта область ИИ активно развивается, и еще нет единой теории основополагающих принципов и методов создания интеллектуальных систем, обладающих сознанием, способных к пониманию своих действий и целей, а также самосознанию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Petukhov V.V. *Lektsii po obshchey psikhologii* [Lectures on General Psychology]. Moscow: Izdatelstvo Moskovskogo universiteta [Moscow University Publishing House], 1997. 597 p. (In Russian)
2. Carruthers P. Higher-order theories of consciousness, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, ed. Zalta E. N. Metaphysics Research Lab; Stanford University, CA. 2016.

3. Van Gulick R. Consciousness: in The Stanford Encyclopedia of Philosophy, ed. E.N. Zalta (Metaphysics Research Lab, Stanford University). 2018.
4. Anokhin P.K. *Uzlovyye voprosy teorii funktsional'nykh sistem* [Key questions of the theory of functional systems]. Moscow: Nauka, 1980. 203 p. (In Russian)
5. Luria A.R. *Yazyk i soznaniye* [Language and consciousness]. Ed. E.D. Khomskaya. Moscow: Izdatelstvo Moskovskogo universiteta [Moscow University Publishing House], 1979. 320 p. (In Russian)
6. Baars B.J. In the Theater of Consciousness. The Workspace of the Mind. Oxford: Oxford University Press. 1997. 88 p.
7. Shanahan M.P. A cognitive architecture that combines internal simulation with a global workspace. *Conscious. Cognit.* 15. 2006. Pp. 433–449. DOI: 10.1016/j.concog.2005.11.005.
8. Franklin S., Madl T., D'Mello S. et al. LIDA: a systems-level architecture for cognition, emotion, and learning. *IEEE Trans. Auton. Ment.* 2014. Vol. 6. No. 1. Pp. 19–41. DOI: 10.1109/TAMD.2013.2277589.
9. Grossberg S. Towards solving the hard problem of consciousness: The varieties of brain resonances and the conscious experiences that they support. *Neural Networks.* 2017. Vol. 87. Pp. 38–95. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2016.11.003>
10. Crick F., Koch C. The problem of consciousness. *Scientific American.* Special edition. 2002. Vol. 12. No. 1. Pp. 11–17.
11. Rosenthal D. *Consciousness and Mind.* Oxford, Clarendon. 2005. 400 p.
12. Seth A.K. Explanatory correlates of consciousness: Theoretical and computational challenges. *Cognitive Computation.* No. 1. 2009. Pp. 50–63.
13. Chalmers D. Facing up to the problem of consciousness. *Journal of Consciousness Studies.* 1995. Vol. 2. No. 3. Pp. 200–219.
14. Dehaene S., Lau H. and Kouider S. What is consciousness, and could machines have it? *Science.* Vol. 358. 2017. Pp. 486–492. DOI: 10.1126/science.aan8871.
15. Tononi G. Consciousness as integrated information: a provisional manifesto. *Biol. Bull.* Vol. 215. 2008. Pp. 216–242. DOI: 10.2307/25470707.
16. Floridi L. Consciousness, agents and the knowledge game. *Mind Mach.* No. 15. 2005. Pp. 415–444. DOI: 10.1007/s11023-005-9005-z.
17. Morin A. Possible links between self-awareness and inner speech. *Journal of Consciousness Studies.* Vol. 12. No. 4-5. 2005. Pp. 115–134.
18. Holland O. A strongly embodied approach to machine consciousness. *Journal of Consciousness Studies.* Vol. 14. No. 7. 2007. Pp. 97–110.
19. Hesslow G. Conscious thought as simulation of behaviour and perception. *Trends Cogn. Sci.* Vol. 1. No. 6. 2002. Pp. 242–247. DOI: 10.1016/S1364-6613(02)01913-7.
20. O'Regan J.K., Noë A. A sensorimotor account of vision visual consciousness. *Behav. Brain Sci.* Vol. 24. No. 5. 2001. Pp. 939–973. DOI: 10.1017/S0140525X01000115.
21. Chella A., Manzotti R. *Artificial Consciousness.* Andrews UK Limited. 2013. 281 p.
22. Esser S., Lustig C., Haider H. What triggers explicit awareness in implicit sequence learning? Implications from theories of consciousness. *Psychological Research.* 2021. <https://doi.org/10.1007/s00426-021-01594-3>
23. Graziano MSA. The Attention Schema Theory: A Foundation for Engineering Artificial Consciousness image. *Front. Robot. AI.* Vol. 4. No. 60. 2017. <https://doi.org/10.3389/frobt.2017.00060>
24. Graziano M.S., Guterstam A., Bio B.J. et al. Toward a standard model of consciousness: Reconciling the attention schema, global workspace, higher-order thought, and illusionist theories. *Cogn. Neuropsychol.* Vol. 37. No. 3-4. 2020. Pp. 155–172. DOI: 10.1080/02643294.2019.1670630.

25. Reggia J.A., Katz G.E., Davis G.P. Humanoid Cognitive Robots That Learn by Imitating: Implications for Consciousness Studies. *Consciousness in Humanoid Robots*. 2018. DOI: 10.3389/frobt.2018.00001.
26. Manzotti R., Chella A. Conscious Machines: A Possibility? If So, How? *Journal of Artificial Intelligence and Consciousness*. 2020. Vol. 07. No. 02. Pp. 183–198. <https://doi.org/10.1142/S2705078520710022>
27. Linson A., Clark A., Ramamoorthy S. et al. The Active Inference Approach to Ecological Perception: General Information Dynamics for Natural and Artificial Embodied Cognition. *Consciousness in Humanoid Robots*. 2018. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00021>
28. Chang A., Biehl M., Yu Y. et al. Information closure theory of consciousness. *Frontiers in Psychology*. 2020. Vol. 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01504>
29. Winfield A. «Why Did You Just Do That?». Explainability and Artificial Theory of Mind for Social Robots. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. Vol. 335. 2020. Pp. 8–10. DOI:10.3233/FAIA200892.
30. Cominelli L., Mazzei D., De Rossi D.E. SEAI: Social Emotional Artificial Intelligence Based on Damasio's Theory of Mind. *Front. Robot. AI*. 2018. DOI: 10.3389/frobt.2018.00006.
31. Damasio A. *Feeling & Knowing: Making Minds Conscious*. Pantheon. 2021. 256 p.
32. Bosse T., Heyselaar E.S. Linking Theory of Mind in human-agent interactions to validated evaluations: Can explicit questionnaires measure implicit behaviour? : In *Proceedings of the 21th ACM International Conference on Intelligent Virtual Agents*. 2021. Pp. 120–127. New York, NY: Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/3472306.3478343.
33. Pei Wang, Patrick Hammer, Hongzheng Wang. An Architecture for Real-Time Reasoning and Learning. *AGI 2020: Artificial General Intelligence*. 2020. Pp. 347–356. DOI: 10.1007/978-3-030-52152-3_37.
34. Kinouchi Y., Mackin K.J. A Basic Architecture of an Autonomous Adaptive System With Conscious-Like Function for a Humanoid Robot. *Front. Robot. AI*. 2018. DOI: 10.3389/frobt.2018.00030.
35. Anderson J. The Ersatz Brain Project: A brain-like computer architecture for cognition. *IEEE 11th International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing*. 2012. DOI: 10.1109/ICCI-CC.2012.6311125.
36. Golden M. *Statistical Machine Learning*. CRC Press. 2020. 506 p.
37. Stuart G., Spruston N. Dendritic integration 60 years of progress. *Nat. Neurosci.* 2015. 18. Pp. 1713–1721. DOI:10.1038/nn.4157.
38. Frank van der Velde. In Situ Representations and Access Consciousness in Neural Blackboard or Workspace Architectures. *Front. Robot. AI*. 2018. DOI: 10.3389/frobt.2018.00032.
39. Balkenius C., Trond A. Tjøstheim, B. Johansson et al. The missing link between memory and reinforcement learning. *Frontiers in Psychology*. 2020. Vol. 11. Pp. 34-46. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.560080>
40. Raja Chatila et al. Toward Self-Aware Robots. *Front. Robot. AI*. 2018. DOI: 10.3389/frobt.2018.00088

Информация об авторе

Пшенокова Инна Ауесовна, канд. физ.-мат. наук, зав. лаб. «Интеллектуальные среды обитания», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

pshenokova_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>

BASIC METHODS AND APPROACHES TO ARTIFICIAL CONSCIOUSNESS MODELING

I.A. PSHENOKOVA

Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street

Annotation. The article provides a brief analysis of some methods and approaches to the modeling of artificial consciousness. Some approaches to the definition of consciousness in philosophy, psychology and neurobiology are presented. In particular, functional and neurobiological models of consciousness are considered. Some approaches to artificial consciousness modeling are presented. The considered models fully satisfy the purpose for which they were created, however, none of them yet shows the real creation of personal preferences acquired and processed through the agent's body and emotions, which are considered the basis for the creation of a potential artificial consciousness. This area of general artificial intelligence is actively developing and there is still no unified theory of the fundamental principles and methods for creating intelligent systems that are conscious, capable of understanding their actions and goals, as well as self-awareness.

Keywords: artificial intelligence, consciousness, artificial consciousness, robotics, simulation

The article was submitted 11.02.2022

Accepted for publication 10.03.2022

For citation. Pshenokova I.A. Basic methods and approaches to artificial consciousness modeling. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2022. No. 2 (106). Pp. 72–81. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-72-81

Information about the author

Pshenokova Inna Auesovna, Candidate of Physics and Mathematics sciences, Head of Laboratory «Intellectual Habitats», Institute of Computer Science and Regional Management Problems – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;
pshenokova_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>

УДК 632.954: 633.15: 632.954

DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-82-91

EDN: IXYQUG

Научная статья

ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУЗЫ ОТ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

В.Н. БАГРИНЦЕВА, С.В. КУЗНЕЦОВА, Е.И. ГУБА

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы»
357528, Россия, Пятигорск, ул. Ермолова, 14-Б

Аннотация. В 2019–2021 гг. на опытном поле ФГБНУ ВНИИ кукурузы в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края проводили исследования по изучению зависимости урожайности зерна гибрида кукурузы Машук 355 МВ от сорных растений при применении гербицидов Крейцер, ВДГ и Аденго, КС. В задачи работы входило определение видового состава сорного компонента агрофитоценоза, численности, фитомассы и корреляционной зависимости между урожайностью кукурузы и сорными растениями. Видовой состав сеgetальной растительности был представлен малолетними однодольными и двудольными и некоторыми многолетними сорняками. В Ставропольском крае в условиях достаточного увлажнения посевам кукурузы большой вред наносит двудольное растение амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.). Из класса однодольные наиболее распространенным и вредоносным является щетинник сизый (*Setaria glauca* L.). Учеты сорных растений показали высокую гербицидную активность применяемых препаратов. Анализ данных по урожайности зерна кукурузы показал, что самый низкий урожай в опытах был получен без применения гербицидов. Максимальная прибавка урожая зерна гибрида была получена в варианте с внесением гербицида Крейцер. Прибавки урожая при применении гербицида Крейцер за 2019–2021 гг. по годам составили 1,98; 1,22 и 0,21 т/га. От действия гербицида Аденго были получены прибавки 1,44; 1,00; 0,52 т/га. Для выявления воздействия сорных растений на урожайность зерна кукурузы проведен корреляционный анализ, который выявил обратную линейную зависимость – чем меньше число сорняков и их масса в посевах кукурузы, тем выше урожайность зерна.

Ключевые слова: кукуруза, гербициды, сорные растения, урожайность

Статья поступила в редакцию 13.04.2022

Принята к публикации 16.04.2022

Для цитирования. Багринцева В.Н., Кузнецова С.В., Губа Е.И. Зависимость урожайности кукурузы от сорных растений // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 82–91. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-82-91

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза – важнейшая сельскохозяйственная зерновая культура с широким спектром использования, что делает ее поистине уникальной и ценной. Кукуруза очень восприимчива к влиянию сорных растений, особенно на первых этапах ее развития, когда создаются благоприятные условия для произрастания всех биотипов сорняков, характерных для зоны возделывания [1].

Видовой состав сорной растительности в посевах кукурузы разнообразен, в фитоценозе присутствуют как однодольные, так и двудольные сорняки. Засоренность является одной из главных причин низкой урожайности зерна и зеленой массы кукурузы. Недобор урожая

из-за сорной растительности снижает эффективность и окупаемость удобрений, орошения, прогрессивных способов обработки почвы, рентабельность производства зерна [2, 3].

Гарантированную защиту формирующегося урожая кукурузы обеспечивает применение гербицидов, которое позволяет приблизить урожайность к потенциальному уровню [4, 5].

Наиболее вредоносными являются виды сорных растений, биологический цикл развития которых совпадает с таковым у кукурузы. В Ставропольском крае в условиях достаточного увлажнения посевам кукурузы большой вред наносит двудольное растение амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.). Из класса однодольные наиболее распространены и вредоносным является щетинник сизый (*Setaria glauca* L.) [6, 7]. В зоне проведения исследований амброзия появляется на полях в апреле-мае и несколькими волнами в течение вегетации.

Амброзия полыннолистная – это однолетний злостный карантинный сорняк с высоким коэффициентом семенного размножения. Она сильно угнетает кукурузу, потребляя большое количество воды, питательных веществ, затеняя растения культуры. Амброзия способна полностью подавлять растения кукурузы, особенно на семеноводческих посевах, и снизить урожайность зерна в 3–4 раза. Она может вытеснять другие виды сорных растений из фитоценоза. После применения низкоэффективных гербицидов амброзия способна возобновить вегетацию и наносить существенный вред кукурузе [8].

Щетинник сизый – яровой однолетний злаковый сорняк, сильно размножающийся семенами, основной период прорастания – апрель-май, в обилии растет на полях, распространен повсеместно [9].

Цель исследований – изучение зависимости урожайности зерна кукурузы от численности и массы сорных растений при применении гербицидов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыт по изучению зависимости урожайности зерна гибрида кукурузы Машук 355 МВ от сорных растений при применении гербицидов Крейцер, ВДГ и Аденго, КС проводили в 2019–2021 гг. на опытном поле ФГБНУ ВНИИ кукурузы в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края [10, 11]. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный малогумусный мощный тяжелосуглинистый, содержание гумуса – 4,7 %, подвижного фосфора – 12–15 мг/кг, обменного калия – 280–300 мг/кг. В задачи работы входило определение видового состава сорного компонента агрофитоценоза, численности, фитомассы и корреляционной зависимости между урожайностью кукурузы и сорными растениями. Опыт закладывали в соответствии с методическими рекомендациями по проведению опытов с кукурузой [12].

Схема опыта: 1 – контроль без гербицидов, 2 – Крейцер (0,11 кг/га) + Аллюр (0,2 л/га), 3 – Аденго (0,5 л/га). Общая площадь делянок – 250 м², опыт заложен в четырехкратном повторении. Предшественник – озимая пшеница. Гербициды вносили в рекомендуемые сроки в фазе 3–5 листьев кукурузы опрыскивателем ОП-2500 с расходом рабочего раствора 250 л/га.

Количественно-весовой учет засоренности проводили через 21 день после внесения гербицида Крейцер и перед уборкой урожая зерна кукурузы по методике И.Н. Велецкого [13].

Учет урожая в фазе полной спелости зерна проводили в четырех повторениях. Початки убирали вручную с последующим обмолотом на молотилке, урожай пересчитывали на 14% влажность. Статистическую обработку урожайных данных по гибриду кукурузы Машук 355 МВ проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа [14].

Гидрометеоусловия в период вегетации кукурузы варьировали в широких пределах. В 2019 г. за весь период вегетации (май-сентябрь) выпало 302,1 мм осадков. 2020 год был более засушливым, чем 2019 г., за период май-сентябрь выпало 272,3 мм осадков. В 2021 году осадков выпало больше, чем в предыдущие годы, их сумма составила 382,2 мм. Среднее многолетнее количество осадков за период вегетации кукурузы в зоне проведения исследований в среднем за 1996–2021 гг. составило 387,7 мм, ГТК равен 1,34.

Температурный режим в течение вегетации кукурузы за годы исследований также различался. В 2019 г. среднесуточная температура в период вегетации составила 15,9 °С, в 2020 г. – 19,9 °С, в 2021 г. – 17,5 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Видовой состав сеgetальной растительности был представлен малолетними однодольными и двудольными и некоторыми многолетними сорняками. До внесения гербицидов на 1 м² в среднем за три года произрастало 34,3 шт. сорняков. В посевах присутствовали двудольные растения: амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.), вьюнок полевой (*Corvolvulus arvensis* L.), горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus* L.), лебеда татарская (*Atriplex tatarika*), осот огородный (*Sonchus oleraceus* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), яснотка стеблеобъемлющая (*Lamium amplexicaule*), которые составляли 59,8% от общего числа сорняков. Сорный компонент класса однодольные был представлен в основном щетинником сизым *Setaria glauca* L. (31,1%) и видами проса *Panicum* (40,2% от общего числа сорняков).

Учеты сорного ценоза показали высокую гербицидную активность применяемых препаратов. В 2019 г. через 21 день после внесения гербицида Крейцер в этом варианте опыта гибель сорного компонента составила 67,6%, их наземная масса уменьшилась на 93,3 % (табл. 1, 2). В этом варианте численность двудольных сорняков сократилась на 89,2 %, однодольных – на 67,6 %, а их масса снизилась на 98,6 и 73,6 % соответственно. Гибель амброзии полыннолистной и щетинника сизого от действия гербицида Крейцер составила 78,3 и 29,4 %, масса этих растений уменьшилась на 98,6 и 73,4 %.

На делянках опыта, обработанных Аденго, общая засоренность снизилась на 93,6 %, масса сорных растений – на 99,2 %, число двудольных растений в этом варианте уменьшилось на 96,7 %, масса – на 99,7 %, однодольных – на 88,2 %, их масса – на 95,1 %. Гибель амброзии полыннолистной и щетинника сизого при применении гербицида Аденго составила 91,3 и 94,1 %, уменьшение массы этих растений – 99,5 и 98,7 %.

В 2020 году, через 21 день после внесения гербицида Крейцер, общая засоренность в этом варианте снизилась на 90,9 %, масса сеgetальных растений уменьшилась на 98,8 %. Гибель двудольных и однодольных сорных растений составила 86,7 и 97,1 %, их масса снизилась на 98,4 и 99,8 % соответственно. Уменьшение числа амброзии полыннолистной и щетинника сизого составило 85,7 % и 97,0 %, массы – 99,0 % и 99,8 %.

В варианте опыта с внесением Аденго общая засоренность снизилась на 95,1 %, надземная масса – на 99,7 %, гибель двудольных и однодольных сорняков составила 96,8 и 92,4 %, а уменьшение их фитомассы – 99,7 и 99,6 %. Снижение числа амброзии полыннолистной и щетинника сизого в этом варианте составило 100 и 95,0%, массы – 100 и 99,7 %.

В 2021 г. численность и масса сорных растений в вариантах с обработками снизилась на 90,1 и 91,0 % от действия гербицида Крейцер, а на делянках с препаратом Аденго – на 84,0 и 95,3 %. Эффективность гербицида Крейцер против двудольных сорняков составила 85,7 %, их масса уменьшилась на 89,1 %, против однодольных – 94,0 % с уменьшением массы на 96,3 %.

Таблица 1

ЧИСЛО СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВЕ КУКУРУЗЫ ЧЕРЕЗ 21 ДЕНЬ
ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДА КРЕЙЦЕР ЗА 2019–2021 ГГ. (ШТ./М²)

Наименование сорного растения	Контроль без гербицидов			Крейцер (0,11 кг/га) + Аллюр (0,2 л/га)			Аденго (0,5 л/га)		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Двудольные	12,0	15,8	16,1	1,3	2,1	2,3	0,4	0,5	3,0
Амброзия полыннолистная	4,6	7,0	12,3	1,0	1,0	0,8	0,4	0,0	1,8
Бодяк полевой	0,0	0,3	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Вьюнок полевой	0,6	1,0	0,7	0,0	0,5	0,3	0,0	0,5	0,0
Горец вьюнковый	1,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2
Дурнишник обыкновенный	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Лебеда татарская	1,6	0,0	0,3	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0
Марь белая	0,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Осот огородный	0,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,7
Осот полевой	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Очный цвет полевой	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Подмаренник цепкий	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Щирица запрокинутая	0,4	2,5	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Яснотка стеблеобъемлющая	1,6	1,3	1,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3
Однодольные	6,8	10,5	18,2	4,8	0,3	1,1	0,8	0,8	2,5
Просо волосовидное	0,0	0,5	0,7	0,0	0,0	0,3	0,4	0,3	0,3
Щетинник сизый	6,8	10,0	17,5	4,8	0,3	0,8	0,4	0,5	2,2
Всего	18,8	26,3	34,3	6,1	2,4	3,4	1,2	1,3	5,5

Таблица 2

МАССА СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВЕ КУКУРУЗЫ ЧЕРЕЗ 21 ДЕНЬ
ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДА КРЕЙЦЕР, 2019–2021 ГГ. (Г/М²)

Наименование сорного растения	Контроль без гербицидов			Крейцер (0,11 кг/га) + Аллюр (0,2 л/га)			Аденго (0,5 л/га)		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Двудольные	57,8	243,6	22,0	0,8	4,0	2,4	0,2	0,7	1,0
Амброзия полыннолистная	42,0	105,0	12,3	0,6	1,1	0,2	0,2	0,0	0,4
Бодяк полевой	0,0	10,0	4,9	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Вьюнок полевой	1,4	26,2	2,9	0,0	2,0	0,8	0,0	0,7	0,1
Горец вьюнковый	2,6	4,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
Дурнишник обыкновенный	1,0	29,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Лебеда татарская	6,4	0,0	0,1	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0
Марь белая	1,0	47,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Осот огородный	1,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
Осот полевой	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Очный цвет полевой	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Подмаренник цепкий	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Щирица запрокинутая	0,6	18,9	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Яснотка стеблеобъемлющая	1,4	1,2	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
Однодольные	15,4	98,5	8,1	4,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4
Просо волосовидное	0,0	1,8	1,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1
Щетинник сизый	15,4	96,7	6,9	4,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Всего	73,2	342,1	30,1	4,9	4,2	2,7	0,6	1,1	1,4

От действия препарата погибло 93,5 % растений амброзии полыннолистной и 95,4 % щетинника сизого, их масса уменьшилась на 98,4 и 97,1 % соответственно. Гибель двудольных и однодольных сорных растений в варианте с внесением Аденго составила 81,4 и 86,3 %, масса соответственно снизилась на 95,5 и 95,1 %. Засоренность амброзией полыннолистной снизилась в этом варианте на 85,4 %, щетинником сизым – на 87,4 % с уменьшением массы на 96,7 и 95,7 %.

К фазе полной спелости засоренность в контрольном варианте снизилась относительно предыдущего учета в 2 раза в 2019 г., в 1,4 раза – в 2020 г., в 4,2 раза – в 2021 г. (табл. 3). Однако наблюдался значительный прирост фитомассы сорных растений (табл. 4). Гербициды активно сдерживали увеличение числа и массы сеgetальной растительности. Общая засоренность на обработанных делянках в 2019 г. снизилась от действия гербицида Крейцер на 63,8 % и на 94,7 % от Аденго, надземная масса уменьшилась на 97,6 и 99,7 % соответственно. Уменьшение числа и массы двудольных сорных растений в варианте с гербицидом Крейцер составило 73,2 и 98,1 %, однодольных – 56,6 и 97,0 %. Засоренность амброзией полыннолистной и щетинником сизым снизилась на 68,0 и 48,9 % с уменьшением их массы на 98,3 и 96,6 %. Опытные делянки, обработанные гербицидом Аденго, полностью очистились от двудольных сорняков, а число и масса однодольных растений сократились на 90,6 и 99,2 %.

В 2020 г. снижение общей численности сорных растений и их фитомассы в варианте с гербицидом Крейцер составило 82,6 и 97,5%; 94,7 и 99,7% – с гербицидом Аденго. Гибель двудольных и однодольных сорных растений на делянках с гербицидом Крейцер составила 81,3 и 85,7% с уменьшением их массы на 98,1 и 93,3%. Засоренность амброзией полыннолистной и щетинником сизым снизилась на 83,3 и 81,4 %, их надземная масса уменьшилась на 98,9 и 91,3 %. От действия гербицида Аденго число погибших двудольных и однодольных сорняков составило 97,7 и 85,7 %, масса растений уменьшилась на 99,8 и 97,6 %, амброзия полыннолистная была полностью уничтожена, а засоренность щетинником снизилась на 88,4 % с уменьшением массы на 98,5 %.

Таблица 3

Число сорных растений в посеве кукурузы перед уборкой, 2019–2021 гг. (шт./м²)

Наименование сорного растения	Контроль без гербицидов			Крейцер (0,11 кг/га) + Аллюр (0,2 л/га)			Аденго (0,5 л/га)		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Двудольные	4,1	12,8	5,1	1,1	2,4	1,4	0,0	0,3	0,7
Амброзия полыннолистная	2,5	6,0	1,7	0,8	1,0	0,7	0,0	0,0	0,2
Бодяк полевой	0,0	0,3	1,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Вьюнок полевой	0,3	0,8	1,0	0,3	0,8	0,7	0,0	0,3	0,5
Горец вьюнковый	0,0	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Дурнишник обыкновенный	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Лебеда татарская	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Марь белая	0,0	2,0	0,5	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Осот полевой	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Щирица запрокинутая	0,5	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Яснотка стеблеобъемлющая	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Однодольные	5,3	5,6	3,1	2,3	0,8	1,2	0,5	0,8	0,7
Просо волосовидное	0,8	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Просо куриное	0,0	1,3	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0
Щетинник сизый	4,5	4,3	1,7	2,3	0,8	1,0	0,5	0,5	0,7
Всего	9,4	18,4	8,2	3,4	3,2	2,6	0,5	1,1	1,4

Таблица 4

МАССА СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВЕ КУКУРУЗЫ ПЕРЕД УБОРКОЙ, 2019–2021 ГГ. (Г/М²)

Наименование сорного растения	Контроль без гербицидов			Крейцер (0,11 кг/га) + Аллор (0,2 л/га)			Аденго (0,5 л/га)		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Двудольные	307,0	467,5	109,1	5,9	8,8	6,7	0,0	0,8	0,4
Амброзия полыннолистная	251,3	375,0	80,2	4,3	4,3	3,7	0,0	0,0	0,1
Бодяк полевой	0,0	1,3	15,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Вьюнок полевой	4,5	6,3	6,0	1,6	2,7	3,0	0,0	0,8	0,3
Горец вьюнковый	0,0	4,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Дурнишник обыкновенный	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Лебеда татарская	47,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Марь белая	0,0	47,5	2,8	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Осот полевой	0,0	1,2	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Щирица запрокинутая	3,8	25,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Яснотка стеблеобъемлющая	0,0	4,3	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Однодольные	189,9	62,5	12,3	5,7	4,2	5,5	1,6	1,5	1,3
Просо волосовидное	10,9	14,3	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
Просо куриное	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Щетинник сизый	169,0	48,2	6,7	5,7	4,2	5,4	1,6	0,7	1,3
Всего	487,0	530,0	121,4	11,6	13,0	12,2	1,6	2,3	1,7

В 2021 г. число сохранившихся к уборке в контроле сорных растений было минимальным по сравнению с предыдущими годами. Общая засоренность от действия гербицида Крейцер на делянках снизилась на 68,3 %, в варианте с Аденго – на 82,9 %, уменьшение массы сорняков соответственно составило 90,0 и 98,6 %.

Эффективность препарата Крейцер против двудольных и однодольных сеgetальных растений составила 72,5 и 61,3 % с уменьшением их массы на 93,9 и 55,3 %. Засоренность амброзией полыннолистной и щетинником сизым уменьшилась на 58,8 и 41,2 %, их масса снизилась на 95,4 и 19,4 % соответственно. Гибель двудольных и однодольных сорняков от действия гербицида Аденго составила 86,3 и 77,4 %, уменьшение массы растений – 99,6 и 89,4 %. Численность амброзии полыннолистной и щетинника сизого уменьшилась в этом варианте на 88,2 и 58,8 %, масса – на 99,9 и 80,6 %.

Анализируя данные по урожайности зерна кукурузы по годам (табл. 5), необходимо отметить, что самый низкий урожай в вариантах с химической обработкой был получен в 2021 году.

Таблица 5

УРОЖАЙ И ПРИБАВКИ УРОЖАЯ ЗЕРНА ГИБРИДА КУКУРУЗЫ МАШУК 355 МВ, 2019–2021 ГГ.

Вариант опыта	2019 г., т/га	2020 г., т/га	2021 г., т/га	Средние		
				урожайность, т/га	прибавки	
					т/га	%
Контроль без гербицидов	6,19	4,59	5,37	5,38	-	-
Крейцер (0,11 кг/га) + Аллор (0,2 л/га)	7,41	6,57	5,58	6,52	1,14	21,2
Аденго (0,5 л/га)	7,19	6,03	5,89	6,37	0,99	18,4
НСР ₀₅ , т/га				1,01		
Ошибка опыта				4,21		

Максимальная прибавка урожая зерна гибрида была получена в варианте с внесением гербицида Крейцер. Прибавки урожая при применении гербицида Крейцер за 2019–2021 гг. по годам составили 1,98; 1,22 и 0,21 т/га. От действия гербицида Аденго были получены прибавки 1,44; 1,00; 0,52 т/га по годам.

Для выявления воздействия сорных растений на урожайность зерна кукурузы проведен корреляционный анализ (табл. 6).

Таблица 6

РЕЗУЛЬТАТЫ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ЗАВИСИМОСТИ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА ГИБРИДА КУКУРУЗЫ МАШУК 355 МВ ОТ ЧИСЛЕННОСТИ И МАССЫ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВЕ, 2019–2021 ГГ. (ШТ./М², Г/М²)

Корреляционная зависимость	r	S _r	t _{r факт}
Число сорных растений через 21 день после внесения гербицида Крейцер			
Общее число сорняков – урожайность зерна	-0,63	0,29	-2,14
Число двудольных сорняков – урожайность зерна	-0,69	0,28	-2,49
Число однодольных сорняков – урожайность зерна	-0,54	0,32	-1,70
Число растений амброзии – урожайность зерна	-0,61	0,30	-2,05
Число растений щетинника – урожайность зерна	-0,52	0,32	-1,60
Число сорных растений перед уборкой			
Общее число сорняков – урожайность зерна	-0,67	0,28	-2,40
Число двудольных сорняков – урожайность зерна	-0,72	0,26	-2,75
Число однодольных сорняков – урожайность зерна	-0,48	0,33	-1,45
Число растений амброзии – урожайность зерна	-0,65	0,29	-2,25
Число растений щетинника – урожайность зерна	-0,34	0,35	-0,97
Масса сорных растений через 21 день после внесения гербицида Крейцер			
Общая масса сорняков – урожайность зерна	-0,66	0,28	-2,31
Масса двудольных сорняков – урожайность зерна	-0,66	0,28	-2,33
Масса однодольных сорняков – урожайность зерна	-0,64	0,29	-2,24
Масса растений амброзии – урожайность зерна	-0,64	0,29	-2,22
Масса растений щетинника – урожайность зерна	-0,52	0,32	-1,60
Масса сорных растений перед уборкой			
Общая масса сорняков – урожайность зерна	-0,53	0,32	-1,65
Масса двудольных сорняков – урожайность зерна	-0,61	0,30	-2,04
Масса однодольных сорняков – урожайность зерна	-0,17	0,37	-0,45
Масса растений амброзии – урожайность зерна	-0,60	0,30	-1,99
Масса растений щетинника – урожайность зерна	-0,17	0,40	-0,43

Через 21 день после внесения гербицида Крейцер была установлена обратная корреляционная зависимость урожайности зерна от численности сорных растений в посевах.

Так, анализ урожайности и численности однодольных сорняков, в частности щетинника сизого, выявил среднюю обратную корреляционную зависимость. Выше средней была зависимость урожайности от общего числа сорных растений, от числа двудольных сорняков и амброзии полыннолистной, о чем свидетельствует критерий существенности фактический ($t_{r \text{ факт}}$).

К фазе полной спелости зерна значительно увеличилась зависимость урожайности от общего числа сорных растений на опытных делянках. Сильная зависимость была отмечена от числа двудольных сорняков в посевах кукурузы с коэффициентом корреляции - 0,72, в том числе от амброзии полыннолистной ($r = - 0,65$). Влияние на урожайность однодольных сорняков в целом и щетинника сизого в частности к уборке было слабым.

На прирост урожая зерна большое влияние оказывает не только численность сорняков в посевах кукурузы, но и их вегетативная масса. Проведенный корреляционный анализ подтвердил эту зависимость. Была установлена обратная линейная зависимость. Так, через 21 день после внесения гербицида Крейцер корреляционный анализ зависимости между дву-

мя признаками показал, что коэффициент корреляции был выше среднего показателя по всем изучаемым показателям.

Перед уборкой кукурузы заканчивается период вегетации большинства однодольных сорняков, сохранившихся в посевах, происходит усыхание надземной массы растений. Поэтому снижается их влияние на растения кукурузы, уменьшается их конкурентоспособность. Результаты корреляционного анализа показали, что к фазе полной спелости зерна кукурузы обратная зависимость урожайности от массы однодольных сорняков, в том числе от массы щетинника сизого, очень слабая ($r = - 0,17$). Наибольшее влияние на урожайность зерна гибрида Машук 355 МВ оказывала вегетативная масса двудольных сорняков, произрастающих на опытных делянках ($r = - 0,61$), в том числе масса амброзии полыннолистной ($r = - 0,60$).

Выводы

Таким образом, корреляционный анализ данных урожайности зерна кукурузы и численности, а также массы сорных растений показал обратную линейную зависимость – чем меньше число сорняков и их масса в посевах кукурузы, тем выше урожайность зерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецова С.В., Багринцева В.Н., Губа Е.И. Эффект подавления гербицидами сорного фитоценоза в посевах кукурузы // Вестник защиты растений. 2019. № 2. С. 40–45.
2. Багринцева В.Н., Кузнецова С.В. Эффективная защита кукурузы от сорняков: материалы Международной науч. конференции. 2013. С. 33–40.
3. Маханькова Т.А., Голубев А.С., Борушко П.И. Новый гербицид Аденго для защиты кукурузы // Защита и карантин растений. 2013. № 3. С. 27–31.
4. Bijanzadeh E., Ghadiri H. Effect of separate and combined treatments of herbicides on weed control and maize (*Zea mays* L.) yield. Weed Technology. 2006. 645 p.
5. Salarzai M. Effect of different herbicides on weed population and yield of maize (*Zea mays* L.) // Pak. J. Agric. Sci. 2001. No. 38. Pp. 75–77.
6. Губа Е.И., Багринцева В.Н., Кузнецова С.В. Гербициды для защиты кукурузы // Защита и карантин растений. 2021. № 6. С. 21–23.
7. Алтухова Т.В., Костюк А.В., Спиридонов Ю.Я. и др. Как защитить кукурузу от амброзии полыннолистной // Защита и карантин растений. 2008. № 7. С. 38–39.
8. Кузнецова С.В., Багринцева В.Н. Гербициды для борьбы с амброзией в посевах кукурузы // Защита и карантин растений. 2018. № 6. С. 41–43.
9. Адиньяев Э.Д., Адаев Н.Л. Сорняки и меры борьбы с ними. Изд. 2-е перер. и допол. Владикавказ, 2006. 228 с.
10. Багринцева В.Н., Кузнецова С.В., Губа Е.И. Гербицид Аденго на кукурузе // Защита и карантин растений. 2015. № 9. С. 45–46.
11. Кузнецова С.В., Багринцева В.Н. Эффективность применения нового гербицида Крейцер // Агрехимия. 2021. № 10. С. 36–44.
12. Филев Д.С., Циков В.С. и др. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. Днепропетровск: ВНИИ кукурузы ВАСХНИЛ, 1980. 54 с.
13. Велецкий И.Н. Технология применения гербицидов. 2-е изд. перераб. и доп. Л.: Агропромиздат, Ленинградское отделение, 1989. 176 с.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1979. 416 с.

Информация об авторах

Багринцева Валентина Николаевна, д-р с.-х. наук, проф., гл. науч. сотр., и.о. зав. отделом технологии возделывания кукурузы, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы; 357528, Россия, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14-Б;

maize-tehno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7116-1974>

Кузнецова Светлана Васильевна, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр., отдел технологии возделывания кукурузы, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;

357528, Россия, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14-Б;

maize-tehno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6774-0351>

Губа Елена Исааковна, мл. науч. сотр., отдел технологии возделывания кукурузы, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;

357528, Россия, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14-Б;

maize-tehno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2548-8298>

REFERENCES

1. Kuznetsova S.V., Bagrintseva V.N., Guba E.I. The effect of herbicide weed phytocenosis suppression in corn crops. *Vestnik zashchity rasteniy* [Herald of Plant Protection]. 2019. No. 2. Pp. 40–45. (In Russian)

2. Bagrintseva V.N., Kuznetsova S.V. Effective corn protection from weeds. *Materialy mezhdunarodnoy nauch. konferentsii* [Proceedings of the international scientific conference]. 2013. Pp. 33–40. (In Russian)

3. Makhankova T.A., Golubev A.S., Borushko P.I. New herbicide Adengo for the corn protection. *Zashchita i karantin rasteniy* [Protection and quarantine of plants]. 2013. No. 3. Pp. 27–31. (In Russian)

4. Bijanzadeh E., Ghadiri H. Effect of separate and combined treatments of herbicides on weed control and maize (*Zea mays* L.) yield. *Weed Technology*. 2006. 645 p.

5. Salarzai M. Effect of different herbicides on weed population and yield of maize (*Zea mays* L.). *Pak. J. Agric. sci.* 2001. Vol. 38. Pp. 75–77.

6. Guba E.I., Bagrintseva V.N., Kuznetsova S.V. *Gerbitsidy dlya zashchity kukuruzy* [Herbicides for the corn protection]. *Zashchita i karantin rasteniy* [Protection and quarantine of plants]. 2021. No. 6. Pp. 21–23. (In Russian)

7. Altukhova T.V., Kostyuk A.V., Spiridonov Yu.Ya. et al. *Kak zashchitit' kukuruзу ot ambrozii polynnostnoy* [How to protect corn from ragweed]. *Zashchita i karantin rasteniy* [Protection and quarantine of plants]. 2008. No. 7. Pp. 38–39. (In Russian)

8. Kuznetsova S.V., Bagrintseva V.N. Herbicides for ambrosia weed control in corn crops. *Zashchita i karantin rasteniy* [Protection and quarantine of plants]. 2018. No. 6. Pp. 41–43. (In Russian)

9. Adinyaev E.D., Adaev N.L. *Sornyaki i mery bor'by s nimi* [Weeds and control measures]. Vladikavkaz, 2006. 228 p. (In Russian)

10. Bagrintseva V.N., Kuznetsova S.V., Guba E.I. Herbicide Adengo on corn. *Zashchita i karantin rasteniy* [Protection and quarantine of plants]. 2015. No. 9. Pp. 45–46. (In Russian)

11. Kuznetsova S.V., Bagrintseva V.N. Application efficiency of the new herbicide Kreutzer. *Agrokimiya* [Agrochemistry]. 2021. No. 10. Pp. 36–44. (In Russian)

12. Filev D.S., Tsikov V.S. et al. *Metodicheskiye rekomendatsii po provedeniyu polevykh opytov s kukuruзой* [Guidelines for field experiments with corn]. Dnepropetrovsk, VNIИ of corn VASKhNIL. 1980. 54 p. (In Russian)

13. Veletskiy I.N. *Tekhnologiya primeneniya gerbitsidov* [Herbicide applying technology]. L.: Agropromizdat, Leningrad branch, 1989. 176 p. (In Russian)

14. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experiment]. Moscow: Kolos, 1979. 416 p. (In Russian)

CORN YIELD DEPENDENCE ON WEEDS**V.N. BAGRINTSEVA, S.V. KUZNETSOVA, E.I. GUBA**FSBSI «All-Russian research scientific institute of corn»
357528, Russia, Pyatigorsk, 14-B Ermolov street

Annotation. Studies were carried out in 2019-2021 on the experimental field of the All-Russian research scientific institute of corn in the zone of sufficient moistening in the Stavropol region, to study the dependence of the grain yield of the corn hybrid Mashuk 355 MV on weeds using the herbicides Kreutzer, VDG and Adengo, KS. Tasks of the work included the determination of the weed species composition of the agrophytocenosis component, amount, phytomass and the correlation between corn yield and weeds. The species composition of the segetal vegetation was represented by annual monocotyledonous and dicotyledonous and some perennial weeds. Corn crops are seriously damaged by the dicotyledonous plant ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in the Stavropol region, under conditions of sufficient moistening. The most common and harmful among monocotyledonous class is yellow-foxtail grass (*Setaria glauca* L.). Weed counts showed a high herbicidal activity of the applied preparations. Data analysis of the corn grain yield showed that the lowest yield in the experiments was obtained without herbicides applying. The maximum increase in the grain yield of the hybrid was obtained in the variant with the introduction of the herbicide Kreutzer. Yield increase when using herbicide Kreutzer for 2019-2021 over the years amounted to 1.98; 1.22 and 0.21 t/ha. Increases of 1.44; 1.00; 0.52 t/ha were obtained from the action of the herbicide Adengo. A correlation analysis was carried out, to identify the weeds impact on the corn grain yield which revealed an inverse linear dependence – the less weeds amount and their weight in corn crops, the higher is the grain yield.

Keywords: corn, herbicides, weeds, yield

The article was submitted 13.04.2022

Accepted for publication 16.04.2022

For citation. Bagrintseva V.N., Kuznetsova S.V., Guba E.I. Corn yield dependence on weeds. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2022. No. 2 (106). Pp. 82–91. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-82-91

Information about the authors

Bagrintseva Valentina Nikolaevna, acting as a Head of the Corn cultivation technology Department, Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, FSBSI All-Russian Research Scientific Institute of Corn;

357528, Russia, Pyatigorsk, 14-B Ermolov street;

maize-tehno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7116-1974>

Kuznetsova Svetlana Vasilievna, Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Corn cultivation technology department of FSBSI All-Russian Research Scientific Institute of Corn;

357528, Russia, Pyatigorsk, 14-B Ermolov street;

maize-tehno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6774-0351>

Guba Elena Isaakovna, Junior Researcher, Corn cultivation technology department of FSBSI All-Russian Research Scientific Institute of Corn;

357528, Russia, Pyatigorsk, 14-B Ermolov street;

maize-tehno@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2548-8298>

ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПЕРИОД ПЕРЕХОДА ОБЩЕСТВА В СОСТОЯНИЕ ГЕТЕРОФАЗНОГО ИНТЕЛЛЕКТА

О.З. ЗАГАЗЕЖЕВА, С.Х. ШАЛОВА

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360002, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы развития региона в условиях внедрения цифровых технологий в социально-экономические системы для перехода общества в состояние гетерофазного интеллекта. Авторами рассматриваются особенности ведения сельского хозяйства в Кабардино-Балкарской Республике (КБР) и проводится анализ текущего состояния сельского хозяйства в мировой индустрии робототехники, замещения человеческого труда роботизированным. Исследуются социальные последствия возможности роботизации для аграрного сектора. Рассматриваются конкретные этапы, преодолеваемые в процессе перехода к цифровой экономике, а также модели развития экономики при цифровизации, возможные результаты, достижимые при внедрении цифровых технологий, и производительность, которую данный факт дает достичь. Выявляются риски и формируется перечень проблем, возникающих на переходном этапе цифровизации.

Ключевые слова: цифровизация, роботизация сельского хозяйства, цифровые технологии, сельскохозяйственная техника, цифровая экономика, устойчивое развитие, гетерофазный интеллект, социально-экономические системы

Статья поступила в редакцию 21.01.2022

Принята к публикации 21.03.2022

Для цитирования. Загазежева О.З., Шалова С.Х. Особенности эволюции социально-экономических систем в период перехода общества в состояние гетерофазного интеллекта // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 92–106. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-92-106

ВВЕДЕНИЕ

Развитие сельских территорий является целенаправленным процессом развития государства с сохранением данной способности в будущем, с качественным и справедливым градиентом развития экономической, экологической и социальной сфер жизнедеятельности региона, страны.

Актуальность темы состоит в необходимости преодоления различных кризисных ситуаций и дальнейшего развития цифровой экономики и влияния цифровизации на социально-экономические системы.

Внедрение новой сельскохозяйственной техники, включающей технические средства, предназначено для повышения производительности труда в сельском хозяйстве путем механизации и автоматизации отдельных операций или технологических процессов [1]. Актуальность работы связана с аспектом, что немаловажным будет отметить, что перечень современных приложений, направленных на использование коллективного поведения роботов, как физических, так и программных, является безмерно многогранным.

При этом внедрение цифровых технологий на данном этапе возможно только в существующую инфраструктуру сельского хозяйства. Прогнозируется, что внедрение новых технологий будет способствовать вытеснению трудовых ресурсов и повышению урожайности [2].

IFR указывает на растущую потребность в автоматизации производственных процессов, а также на развитие технологий, которые должны стать основной движущей силой в течение прогнозируемого периода увеличения продаж робототехники.

Статистика мировой индустрии робототехники в 2021 году продолжает расширяться, продажи роботов показывают, что данный факт может увеличить ежегодные продажи робототехники с 465 000 единиц в 2020 году до 584 000 единиц в 2022 году¹. Многогранное влияние робототехники в условиях цифрового развития характерно для сельского хозяйства и экономики. Данные эффекты касаются цифровизации общества, производственного сектора и государства, которые способствуют количественной и качественной модернизации.

Предметом исследования является цифровизация сельского хозяйства.

Объектом исследования являются особенности цифровизации сельского хозяйства, социально-экономических систем экономики в регионе.

Целью исследования является выявление главных особенностей цифровизации сельского хозяйства и преодоление переходного этапа общества к гетерофазному интеллекту.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие **задачи**:

1. Определить уровень готовности региона к трансформации цифровой среды на территории КБР.
2. Выявить перспективные направления в АПК КБР по внедрению и апробации цифровых технологий с целью перехода на новый высокотехнологичный уровень ведения сельскохозяйственной деятельности.

Методикой исследования являются анализ, синтез, прогноз развития экономических и социальных процессов в роботизации сельского хозяйства и перехода общества в состояние гетерофазного интеллекта.

Гетерофазный интеллект – система из различных по составу, свойствам и происхождению частей, которые участвуют в исполнении поставленных разнородных задач в разных секторах экономики, в частности в сельском хозяйстве².

Рациональным на территории КБР в настоящее время является применение его для обработки сельскохозяйственных территорий для повышения эффективности работы на полях и в садах с последующим ростом продуктивности почвы и плодоовощных сборов различного рода.

Вышеупомянутая робототехническая система пригодна для сельского хозяйства, в котором можно выделить только 2 основных направления роботизации:

1. Растениеводство – самое большое и обширное направление для внедрения робототехники и автоматизации.
2. Животноводство, включающее птицеводство, свиноводство и крупный рогатый скот.

В качестве примера рассмотрим такого рода цифровые фермы, для которых важным аспектом является персонифицированный подход к каждому животному. В основном данный факт касается вопросов наличия или отсутствия стрессов у каждого из животных, которые могут возникнуть в процессе их кормления. В частности, изменение кормовой базы

¹ <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-nearly-doubled-globally>

² Предложено авторами

на 10% от всего корма (допустим, у нас изначально 70% силоса, 10% соломы для скрепления массы и 20% добавок, минералов, комбикорма и т.д.) приводит к стрессу животного и снижает надой молока на 15–20% минимум. Доход фермера снижается одновременно с уменьшением объема надоя. В качестве рационального решения данной проблемы разработано автоматическое кормление животных. Следует отметить, что на настоящий момент в Российской Федерации действуют кормоцехи, в которых стоит огромный силос-миксер, а к нему подводятся корма, значимые для смешивания с целью достижения необходимого полноценного рациона для скота.

Таким образом, первоначально программируются нормы кормления с определенными типами кормов. Далее происходит порционная загрузка конкретного количества корма в автономном режиме в зависимости от численности животных в стаде. Конечной точкой в цифровой ферме является миксер, производящий равномерное смешивание для приведения к одинаковому потреблению питательных веществ каждого из захватов корма.

Максимально развитым направлением в сельском хозяйстве выступает растениеводство. Любое растениеводство начинается с почвы, что обеспечивает сам процесс выращивания, созревания растений, от нее очень многое зависит. Отмечается значимость и передвижных лабораторий, предоставляющих операцию химического анализа почвы.

Особую значимость имеют и спутниковые снимки. На данный момент есть огромное количество различных спутников, работающих в разных спектрах. Съемка со спутников помогает определить так называемые критические точки поля, которые отмечаются красным цветом. Для таких участков характерно голодание растений в силу пустой почвы, в связи с чем растения не развиваются. Критическая точка может свидетельствовать и о болезни растений, что особенно актуально при производстве сахарной свеклы. Со спутника можно увидеть различные нюансы. Компания-подрядчик выдаст каждому собственнику участка выписку, где будут указаны критические точки с возможностью отправки туда агронома для осмотра данных конкретных участков уже в ручном режиме, выявления проблемы. Таким образом, основополагающим фактором является перспектива отработки критических точек на начальных этапах развития растений, уменьшения потерь от недобора урожая и получения большей выгоды.

Особо интересный формат приобретают летающие дроны, также получившие развитие в сельскохозяйственном секторе. Большие площади полей не позволяют физически объехать всю территорию, причем при аналогично большом контуре данного участка есть вероятность проанализировать и проконтролировать состояние краев посевной площади, но не в центральном ее районе. Для данных операций пригодны для применения и работы-агродроны. В этом разрезе вопрос решается посредством совершения заказа у подрядной организации, способной провести съемку полей с конкретных дронов, или же их приобретения для индивидуального пользования с включением в свой штат человека, специализирующегося на проведении с их помощью анализа полей (рис. 1). Плюсы данной сельскохозяйственной агротехники – автономность, простота использования, осмотр не только краев, но и середины поля. Агродроны дают возможность отмечать критические точки и отрабатывать их вовремя – гарантия понимания истинных проблем (голодание растений, паразиты, заболачивание территорий), а также оперативного их разрешения для нейтрализации недоборов урожая в течение всего года. Данная модернизация всех реализуемых операций на сельскохозяйственном участке позволяет добиться увеличения урожайности, а также прибыльности хозяйства.

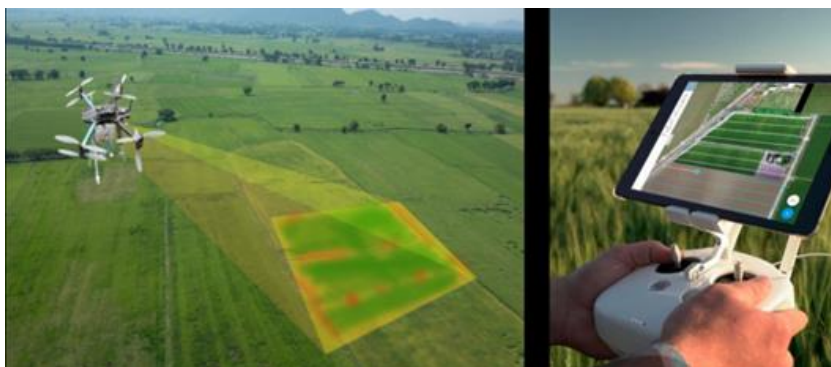


Рис. 1. Использование БПЛА

Важно отметить, что у каждого персонифицированного производителя в наличии большое количество различных технологий: у CCI, Greenstar, навигационные системы у Topcon и т.д. В настоящий момент времени следует обозначить высочайшую оснащенность техникой: минимальное количество мониторов на полях составляет 4–5, задействовано огромное количество кнопок, отвечающих за выполнение того или иного функционала (рис. 2).



Рис. 2. Оснащение сельхозтехники

Современной основополагающей потребностью в сельскохозяйственном секторе является высокая цифровая оснащенность хозяйства и переход его в состояние гетерофазного интеллекта. До начала внедрения новых технологий стоит вопрос, касающийся острой потребности не только в реализации работы над конкретными ошибками на частных участках земли, но и проведения модернизации той или иной техники, специализированной подготовки персонала к перечню последующих действий. Со стороны верхушки крупного хозяйства может быть много поручений, инициатив, может быть предусмотрено движение вперед, но механизатор-дояр-механик должен быть готовым работать для этого. Основополагающим фактором является момент объяснения каждому индивидуальному работнику, что современные технологии нужны не для слежки и контроля за ним. Рассмотрение процесса внедрения робототехники в сельскохозяйственный сектор должно базироваться на более эффективной работе, упрощении, без затрат огромного количества сил и здоровья для выполнения данных операций. Таким образом, сформированная модель модернизации способствует раннему окончанию работы с большим количеством времени для индивидуальных потребностей (семья, отдых, хобби, спорт и т.д.).

Агропроизводство представляет собой очень перспективное направление развития. Параллельно отмечается значимо большой объем урбанизации в мировом диапазоне: связано данное явление с расширением городов из-за притока сельского населения.

Выявляется уменьшение численности населения молодого возраста, задействованного для работы на тракторах и в молочных комплексах. Кроме того, за шестью дронами может осуществлять наблюдение один человек, которому можно обеспечить получение большего уровня заработной платы. Многие производители сельскохозяйственной техники переходят на автопилотирование, на роботизацию. В цифровых фермах представлен трактор Case, который отличается отсутствием кабины в принципе. Другие производители сельхозтехники активно стремятся к переходу на цифровую модернизацию³.

Во-первых, выбирая профессию, нужно принимать во внимание возможность ее автоматизации. В интернете можно найти специальный калькулятор, который поможет ее рассчитать. Например, работа помощника кассира может быть автоматизирована с вероятностью 98,3 %, помощника юриста – 94,5 %, официанта – 93,7 %, бухгалтера – 93,5 %, горничной – 68,8 %, программиста – 48%, преподавателя средней школы – 17,4 %, а вот учителя начальных классов – всего 0,4 %, потому что он не только учит, но также и воспитывает. Поэтому в случае отсутствия желания потерять работу выбор профессии должен иметь связь не с машинами, буквами и цифрами, а с общением и творчеством. Во-вторых, стоит необходимость осознания трудности поиска профессии, похожей на настоящую любовь, которая «раз и навсегда». Нужно быть готовым приобрести новую специальность и учиться в течение всей жизни⁴.

Неравенство в доходах в зависимости от плотности роботизации (исчисляется как отношение между количеством используемой техники в регионах (в конкретной отрасли) к количеству занятых в регионе и в конкретной отрасли). Использование промышленных роботов на заводах по всему миру ускоряется высокими темпами (рис. 3).

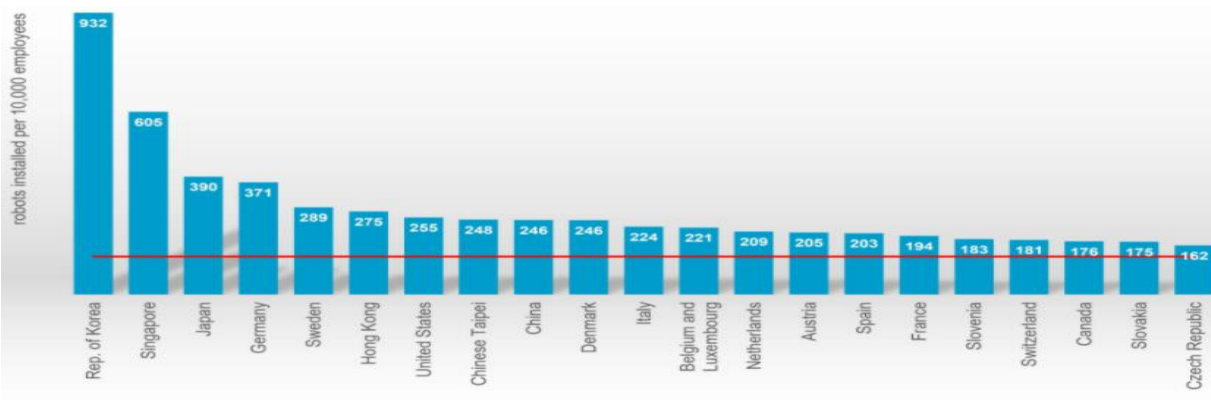


Рис. 3. Замещение 10 000 рабочих мест роботами в различных странах

Источник: IFR.

Таким образом, средняя численность роботов, замещающих 10 000 работников в мировых секторах производства, составило 126 штук, что является новым показателем среднего значения глобальной плотности роботов в обрабатывающей промышленности, превы-

³ <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/559448/>

⁴ <https://vyatskaya-eparhia.ru/news/eparchy/37179/>

шающим в 5 раз показатель 2015 года⁵. В пятерку самых автоматизированных стран мира входят Южная Корея, Сингапур, Япония, Германия, Швеция.

Социальные последствия роботизации:



Схема 1. Период перехода общества в состояние гетерофазного интеллекта для трудовых ресурсов

Роботы будут испытывать потребность в программном обслуживании при поломке, создавая рабочее место для специалиста в данном вопросе.

Продолжительность рабочего времени сократится до 15 часов в неделю: некоторые индивиды могут вовсе не работать при принятии безусловного основного дохода (БОД).

Тема БОД актуальна при условии формирования его из различных налоговых отчислений, а также его выплаты взамен прочих социальных выплат. К примеру, в Швейцарии проведение референдума на данную тематику выявило отсутствие интереса к развитию данного вопроса в стране.

В настоящее время отмечается три явных тренда.

БОД не вызывает интереса у людей из стран как с развитой экономикой с достаточным уровнем дохода, так и третьего мира ввиду низкого уровня выплат в данном направлении.

Эксперименты с выплатой БОД прямо сейчас проходят в Финляндии и других странах и городах мира. Поэтому нам остается ждать их результатов, только после этого имеет смысл говорить о БОД хоть сколько-нибудь серьезно.

Единственный метод остаться востребованным в ближайшем будущем – постоянно учиться и приобретать новые навыки. Важно делать это на протяжении всей жизни. Границы между профессиями будут все больше стираться, и нужно иметь набор разнообразных умений.

⁵ <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-nearly-doubled-globally>

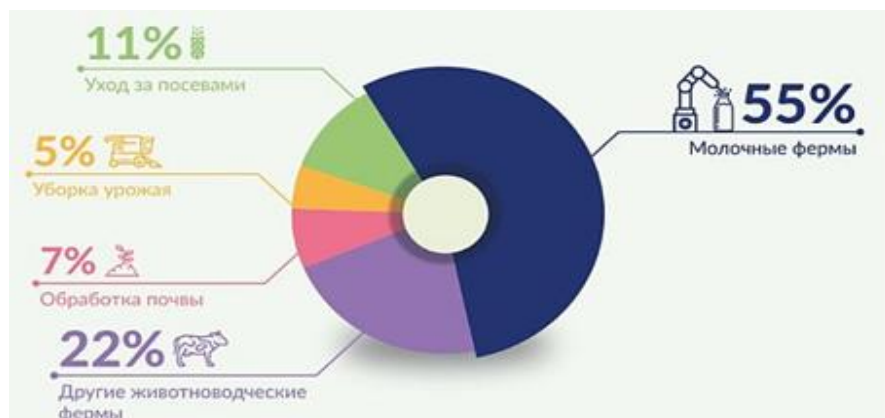


Рис. 4. Рынок сельскохозяйственных роботов

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Рост производительности – главный драйвер устойчивого экономического роста. Таким образом, в конечном итоге увеличение производительности – единственный способ сохранить рост доходов и доступ к товарам и услугам первой необходимости. С первой промышленной революции внедрение новых технологий способствовало повышению производительности в фирмах и в экономике в целом. Грубо говоря, технический прогресс – это основа роста производительности. Поэтому разработка и внедрение новых технологий в производственные процессы имеют важное значение для роста.

Цифровые технологии способствуют внедрению экологических инноваций, которые содействуют устойчивому развитию за счет сокращения воздействия на окружающую среду и оптимизации использования ресурсов. По мере развития и сближения данных технологий с биотехнологией и нанотехнологией они смогут генерировать экспоненциальные инновации, которые способствуют устойчивому развитию будущего. Цифровизация оказывает как положительное, так и отрицательное воздействие на окружающую среду. С одной стороны, это может дематериализовать экономику, облегчая предложение цифровых товаров и услуг, которые представляют собой все более значительную часть экономики и экспорта; повышает важность услуг, предоставляемых в цифровом виде; уменьшает передвижения, следовательно, и выбросы. Ожидается более глубокое изменение потребления с разработкой модели «продукт как услуга» (PaaS), позволяющей сравнивать желаемый результат использования продукта без его покупки. Мобильность как услуга (MaaS) использует эту модель для объединения транспортных услуг от государственных и частных поставщиков через единый шлюз, который создает и управляет путешествиями. Это снижает выбросы углерода и оптимизирует пространство, занимаемое транспортными средствами, помогая прогрессу и переходу к более устойчивым городам. В то же время новые бизнес-модели, такие как гиг-экономика, оптимизируют использование существующих ресурсов за счет увеличения возможностей использования капитальных благ. Так, например, поставки услуг по размещению могут расширяться без необходимости строительства новой гостиницы или предложения городских услуг по обеспечению мобильности могут быть увеличены за счет простоя транспортных средств: спрос на единицы не растет, и как следствие наблюдается экономия материалов и энергии. Между тем приложения для городской навигации сократят время в пути и выбросы. В производственном секторе внед-

рение искусственного интеллекта в принятии решений оптимизирует управление ресурсами и снижает воздействие на окружающую среду в таких областях, как эксплуатация природных ресурсов, производство, логистика и транспорт, а также потребление. Цифровизация также позволяет устранять посреднические действия, сокращая транзакционные издержки и звенья в цепочках создания стоимости, с последующей экономией энергии и затрат.

В исследовании Global e-Sustainability Initiative (GeSI) № SMARTer2030 было подсчитано, что за счет внедрения цифровых технологий в различных секторах экономики общие глобальные выбросы в эквиваленте углекислого газа (CO₂-экв.) могут сократиться на 12 гигатонн (Гт) к 2030 году, что обеспечит путь к устойчивому росту. Самый значительный вклад в это снижение будет способствовать решению мобильности, которые используются в производстве и сельскохозяйственной отрасли (схема 2).

Информация о дорожном движении в режиме реального времени, интеллектуальная логистика, освещение и другое в цифровом виде. Реализованные решения могут снизить выбросы CO₂-экв. на 3,6 Гт, включая сокращение выбросов в результате отказа от поездок. Умное производство, включая виртуальное производство, производство, ориентированное на клиента, круговые цепочки поставок и интеллектуальные услуги могут сэкономить 2,7 Гт CO₂-экв. Помимо снижения выбросов углерода, выгода будет включать увеличение на 30% урожайности сельскохозяйственных культур, экономия более 300 триллионов литров воды, сокращение на 25 миллиардов баррелей в год спроса на нефть и сокращение мирового автопарка на 135 млн автомобилей.

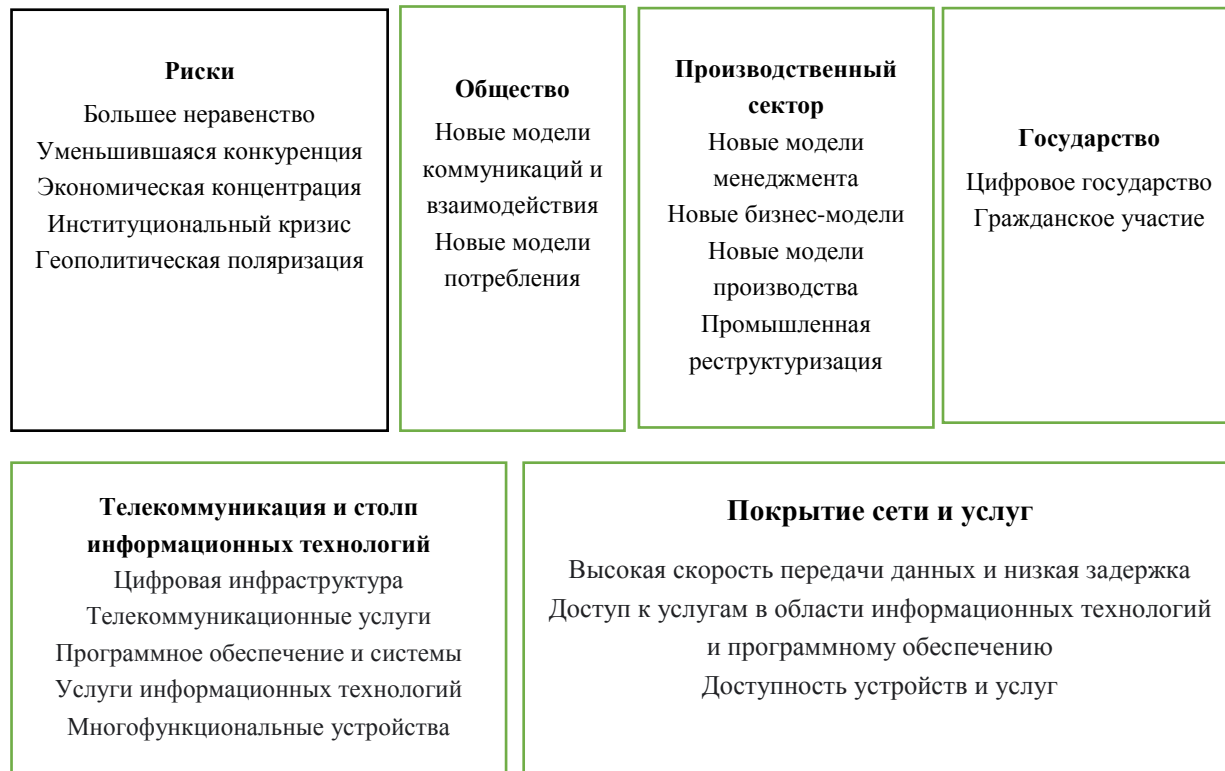


Схема 2. Цифровое развитие и его влияние на общество, производственный сектор и государство

ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ
В ПЕРИОД ПЕРЕХОДА ОБЩЕСТВА В СОСТОЯНИЕ ГЕТЕРОФАЗНОГО ИНТЕЛЛЕКТА

<p>Цифровая экономика Цифровые товары и услуги Приложения и цифровые платформы: торговые площадки, социальные сети, видеотрансляция Цифровой контент и медиа Совместная экономика</p>	<p>Информация и знания Интернет-товары и услуги Доступ к госуслугам Потребление по запросу и настройка Конфиденциальность и безопасность данных Новые рабочие места, новые навыки</p>	<p>Инновации и предпринимательство Доступ к рынку Оперативность в управлении, маркетинг и расширение Данные как стратегический актив Кибербезопасность и конфиденциальность данных</p>	<p>Цифровое правительство Цифровые инновации в государстве Цифровая налоговая эффективность Цифровое гражданство и участие граждан Открытые данные и прозрачность Кибербезопасность и конфиденциальность данных</p>
<p>Цифровая экономика Электронный бизнес Электронная коммерция Индустрия 4.0 Сельскохозяйственная техника (агритех), финансовые технологии (финтех), автомобильные технологии (автотех) и др. Умная экономика</p>	<p>Умные продукты Продукты как услуги Информированное и индивидуальное потребление Премия за ответственное потребление Конфиденциальность и безопасность данных Новые рабочие места, новые навыки</p>	<p>Промышленная реконфигурация Автоматизация и робототехника Сложное производство Цифровая трансформация производства (на основе данных о производительности) Кибербезопасность и конфиденциальность данных</p>	<p>Государственные цифровые инновации Управление государственными услугами (образование, здоровье, справедливость, безопасность) Управление для цифровых трансформаций (кибербезопасность, конкуренция, налоги, торговля и т. д.)</p>

Схема 3. Цифровизация в секторах экономики

Цифровая трансформация производственного сектора принимает форму нового менеджмента, бизнеса и производственных моделей, которые способствуют инновациям и выходу на новые рынки и разрушают традиционные отрасли. Расширение промышленного Интернета, интеллектуальных систем, виртуальных цепочек создания стоимости и искусственного интеллекта в производственных процессах ускоряет внедрение инноваций и способствует повышению производительности, что положительно влияет на экономический рост [3, 4]. Кроме того, все это способствует трансформации традиционных отраслей за счет автомобилестроительных технологий (автотех), сельскохозяйственных технологий (агритех), финансовых технологий (финтех) и других.

В частности, модели интеллектуального производства могут повысить конкурентоспособность с меньшими экологическими последствиями, поскольку компании используют цифровые инструменты для картирования и уменьшения своего следа, чтобы оценить их влияние на изменение климата, и модифицируют свои производственные процессы.

Аналогичный процесс должен иметь место в моделях публичного управления государственных органов, чтобы соответствовать требованиям граждан и улучшать действия правительства. Принятие этих технологий госучреждениями повысит эффективность и результативность предоставления таких услуг, как здравоохранение, образование и транспорт. Это также улучшило бы участие граждан в демократических процессах, повысило прозрачность в государственных операциях и способствовало бы более устойчивой практике. В частности, решения умного города, преобразующие из-за их потенциального социального, экономического и экологического воздействия, особенно в регионе, где 80% населения сосредоточено в городах [5].

Однако, несмотря на весь этот потенциал, цифровое развитие, которое не регулируется принципами инклюзивности и устойчивости, может усилить модели социальной изоляции, а также неустойчивую эксплуатацию и производство. Хотя цифровизация может внести важный вклад в три измерения устойчивого развития (рост, равенство и устойчивость), его чистое воздействие будет зависеть от того, насколько оно принято, и от своей

системы управления. В нынешней ситуации экономический и социальный кризис, вызванный пандемией COVID-19 и физическими мерами по дистанцированию, ускорил многие из обсуждаемых изменений, поскольку предпочтение было отдано онлайн-каналам в попытке поддерживать определенный уровень активности (см. схемы 3, 4). Данное ускорение цифровой трансформации производства и потребления кажется необратимым. Пандемия создала большую потребность в том, чтобы уменьшить цифровой разрыв и продемонстрировать важность технологий, например, в отношении отслеживания приложений [6]. Для продолжения восстановления необходимо использовать цифровые технологии, чтобы построить новое будущее за счет экономического роста, создания рабочих мест, сокращения неравенства и повышения устойчивости. Данные мероприятия являются необходимыми для достижения устойчивого развития и целей, поставленных в рамках устойчивого развития для достижения к 2030 году⁶ [7].



Схема 4. Модели развития экономики при цифровизации

Образование сложной системы, состоящей из простых составляющих (в том числе диалектический переход от количества к качеству, реализация синергетического подхода, появление системного эффекта и т.д.), данные структурные особенности, безусловно, должны привести к созданию систем, обладающих важными характеристиками:

- Повышение надежности, позволяющее установить отсутствие влияния утраты части членов коллектива на работоспособность системы в целом.

⁶URL: https://www.itu.int/en/ITU-D/RegionalPresence/CIS/Documents/Events/2017/09_Tashkent/Presentations/ITU%20Workshop%2019.09%20-%20Nikolay%20Kovtun%20presentation%203.pdf.

- Гибкость, позволяющая предусмотреть способности системы к реконфигурации, когда данное действие необходимо.
- Гарантия возможности потенциального развития, а также усложнения решаемых задач в процессе наращивания мощностей коллектива [8].

Актуальность работы связана с аспектом, что немаловажным будет отметить, что перечень современных приложений, направленных на использование коллективного поведения роботов, как физических, так и программных, является безмерно многогранным:

- командная работа роботов по диагностике труднодоступных объектов;
- мониторинг окружающей среды;
- коллективное решение задач роботами-спасателями;
- разведка и рекогносцировка;
- охранные функции, патрулирование и т.д.

Особенно важно коллективное взаимодействие роботов тогда, когда мы имеем дело с мини- и микророботами. Будучи крайне ограниченными в своих возможностях, эти роботы способны решить поставленную задачу лишь при их массовом применении.

Очевидно, что существует целый ряд специфических проблем, характерных для коллективной работы роботов, среди которых явно можно выделить следующие:

- Непредсказуемая динамика внешней среды вплоть до сознательного противодействия.
- Неполнота и противоречивость знаний роботов (агентов) о состоянии внешней среды и о других участниках.
- Многообразие вариантов путей достижения цели, структур коллектива, распределения ролей и т.д.
- Распределенный и динамический характер планирования действий коллектива.
- Проблемы, связанные с тем, что коллектив представляет собой совокупность физических объектов, действующих в реальной сложной среде (проблемы надежной коммуникации, распределенность коллектива в пространстве и проч.).
- Прочие технические проблемы (архитектура сети, протоколы, операционные средства и т.д.).

Примеров систем, реализующих коллективное поведение, действительно немало. В современной интеллектуальной групповой робототехнике различают следующие направления, интегрирующие указанные выше формализмы в различных комбинациях: адаптивное поведение и аниматы, робототехника, «основанная на поведении», эволюционная робототехника.

Современное сельское хозяйство связано с революцией, произошедшей в большой группе технологий, например, информатика, датчики, навигация, в течение последних десятилетий. В системах растениеводства есть полевые операции, которые довольно трудоемки либо из-за их сложности, либо из-за того, что они связаны с взаимодействием с чувствительными растениями/съедобными продуктами или из-за повторяемости, которую они требуют на протяжении всего производственного цикла сельскохозяйственных культур. Вышеперечисленные моменты являются ключевыми факторами для разработки сельскохозяйственных роботов.

Основные технологические достижения в сельском хозяйстве коренным образом изменили несколько процессов в системах растениеводства и животноводства в течение последних десятилетий. Данные достижения в основном связаны с минимизацией операционных и производственных затрат, сокращением воздействия на окружающую среду и оптимизацией всего производственного цикла. Ориентация на производство урожая к настоящему времени позволило разработать ряд моделей оптимизации и программных инстру-

ментов на уровне полевых операций. Этот прогресс, параллельно с технологическим прогрессом и оборудованием в полевой технике, предоставил радикальные решения нескольких проблем, с которыми сталкиваются современные фермеры. В системе растениеводства одна из наиболее важных проблем связана с трудоемкостью выполняемых человеком операций. Это в основном полевые роботы, задействованные в уборке чувствительных плодов и избавлении посевов от сорняков в междурядьях, а также контроль, который сложнее выполнить с помощью традиционного полевого оборудования при занятости этим рабочими. Данный факт привел к увеличению потребности в автономных тракторах и роботизированных платформах. Использование полевых роботов в настоящее время находится на стадии разработки и проведения активных исследований.

Применение полевых роботов в сельском хозяйстве является весьма сложным процессом в связи с необходимостью решения различных вопросов для обеспечения эффективного перехода к эре робототехники. Для создания роботизированного решения требуется разработать общую систему анализа полевых операций, который должен проводиться одновременно с анализом затрат и выгод. Такая система должна соответствовать очень специфическим требованиям, таким как легкость, небольшие размеры, автономность, интеллект, коммуникации, безопасность и адаптируемость для эффективного выполнения поставленной потенциальной задачи. Таким образом, требуется относительно меньший размер автономных машин по сравнению с обычными тракторами и орудиями для выполнения поставленных задач.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования выявлено, что цифровая экономика предусматривает достижение следующих первоначальных перспективных целей: социального благосостояния, устойчивого производства, устойчивого развития.

В цифровой экономике существует множество аналогичных рисков, появляющихся в долгосрочном процессе, касающихся общества, производственного сектора и государства в целом и включающих:

- Увеличение уровня неравенства всей численности населения КБР, задействованного в различных видах деятельности с учетом наличия в цифровой экономике и безработных.
- Цифровое неравенство между территориями. Стартовые различия в уровне материального благополучия, имеющиеся на разных территориях, напрямую влияют на темпы цифрового развития.
- Значительно меньшие возможности по интеграции в российское и мировое информационное пространство у населения, проживающего в небольших, отдаленных населенных пунктах и дотационных регионах.
- Необходимость увеличения затрат на защиту информации, оценку ее достоверности в связи со сложностью процессов цифровой трансформации и недостатком специалистов необходимой квалификации в сфере цифровых технологий. Вопросы цифровой безопасности должны рассматриваться в рамках каждого процесса жизнедеятельности населения и бизнес-процессов предприятий и организаций.
- Уменьшение уровня конкуренции в данном регионе по базовым направлениям, а также появление монополистов в реализации качественно и количественно значимых для КБР функций.
- Экономическая концентрация на определенных видах деятельности и ведения бизнеса.
- Институциональный кризис, возникающий в сложившихся условиях перехода общества к использованию гетерофазного интеллекта для улучшения рабочих процессов.

- Геополитическая поляризация, наглядно продемонстрированная на мировой арене.

Для дальнейшего развития цифровой экономики в КБР необходимо разработать системы прогнозирования состояния различных рынков, касающихся вышеупомянутых сторон. Также следует разработать и внедрять цифровые рынки для реализации производимой продукции в регионе и стране [9].

Основной научный результат. Выявлены особенности эволюции социально-экономических систем в период перехода к цифровой экономике. Во-первых, возникла угроза залпового высвобождения трудовых ресурсов из аграрного сектора вследствие его роботизации. Под воздействием этой угрозы ужесточаются демографические и социальные проблемы в аграрных районах. Во-вторых, цифровизация способствует преодолению кризисных ситуаций, постановке новых технологических задач, которые на этапе модернизации экономики формируют новые модели для онлайн-потребления, включающие модели бизнеса-онлайн и модели умной продукции. В-третьих, фундаментально роботизация направлена на ускорение производственных процессов с целью облегчения рабочих процессов и жизнедеятельности индивида. В-четвертых, для дальнейшего развития экономики и перехода к цифровой экономике необходима цифровая трансформация в регионах, включающая внедрение сети 5G, облачных вычислений, Интернета вещей, искусственного интеллекта, роботов. В-пятых, решающим условием успешного внедрения и функционирования новых технологий в агропромышленном комплексе является создание технологического потенциала в регионах для ускоренного перехода к интеллектуальным технологиям и робототехнике. Необходимо опережающее создание новых рабочих мест по ремонту и обслуживанию новейшей сельскохозяйственной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шалова С.Х.* Обзор интеллектуальной среды обитания для сельскохозяйственного производства в условиях цифровых трансформаций // Перспективные системы и задачи управления: материалы XV Всероссийской научно-практической конференции и XI молодежной школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах». Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство ЮФУ, 2020. С. 157–163.
2. *Шалова С.Х.* Обзор и анализ исследований в области систем обволакивающего интеллекта // Инженерный вестник Дона. 2016. № 4. С. 125.
3. *Ревенко Н.С.* Цифровая экономика США в эпоху информационной глобализации: актуальные тенденции // США и Канада: экономика, политика, культура. 2017. № 8 (572). С. 78–100.
4. *Голубецкая Н.П., Грибанов Ю.И., Ретин Н.В.* Трансформационные процессы: от индустриальной экономики к цифровой // Экономика и управление. 2018. № 2 (148). С. 29–35.
5. *Загазежева О.З., Шалова С.Х.* Перспективы развития сельского хозяйства на основе внедрения роботизированных технологий // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 5. С. 21–32.
6. *Грибанов Ю.И.* Цифровизация национальной экономики: вызовы и ответственность бизнеса (государственно-частное партнерство) // Динамика взаимоотношений различных областей науки в современных условиях: сборник статей международной научно-практической конференции. Ч. 1. Стерлитамак: АМИ, 2018. С. 42–50.
7. *Parker G.G., Alstynne Marshall W.V., Choudary S.P.* Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You. 2016. 256 p.

8. Грибанов Ю.И. Методология формирования цифрового ядра межотраслевой интеграции // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2018. № 4/2018. С. 27–33.

9. Загазежева О.З., Шалова С.Х. Перспективы развития КБР в условиях внедрения цифровых технологий в сельское хозяйство // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 6. С. 105–116.

Информация об авторах

Загазежева Оксана Зауровна, канд. экон. наук, зав. Инжиниринговым центром, Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360004, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

oksmil.82@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0903-4234>

Шалова Сатаней Хаутиевна, науч. сотр. Инжинирингового центра, Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360004, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

satanei@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2345-1309>

REFERENCES

1. Shalova S.Kh. Review of the intellectual habitat for agricultural production in the context of digital transformations. *Perspektivnyye sistemy i zadachi upravleniya: materialy XV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii i XI molodezhnoy shkoly-seminara «Upravleniye i obrabotka informatsii v tekhnicheskikh sistemakh»* [Perspective systems and management tasks: materials of the XV All-Russian scientific and practical conference and the XI youth school-seminar "Control and information processing in technical systems"]. Yuzhnyy federal'nyy universitet.[Southern Federal University, YUFU] Rostov-na-Donu; Taganrog: Izdatel'stvo YUFU [YUFU Publishing House], 2020. Pp. 157–163. (In Russian)

2. Shalova S.Kh. Review and analysis of research in the field of systems of enveloping intelligence. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don]. 2016. No. 4. P. 125. (In Russian)

3. Revenko N.S. US digital economy in the era of information globalization: current trends. *SSHA i Kanada: ekonomika, politika, kul'tura* [USA and Canada: economics, politics, culture]. 2017. No. 8 (572). Pp. 78–100. (In Russian)

4. Golubetskaya N.P., Griбанov Yu.I., Repin N.V. Transformational processes: from industrial economy to digital economy. *Ekonomika i upravleniye* [Economics and Management]. 2018. No. 2 (148). Pp. 29–35. (In Russian)

5. Zagazezheva O.Z., Shalova S.Kh. Prospects for the development of agriculture based on the introduction of robotic technologies. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2021. № 5. Pp. 21–32. (In Russian)

6. Griбанov Yu.I. Digitalization of the National Economy: Challenges and Responsibility of Business (Public-Private Partnership). Dynamics of Relationships between Various Fields of Science in Modern Conditions: *sbornik statei mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Collection of articles of the international scientific-practical conference]. P. 1. Sterlitamak: AMI. 2018. Pp. 42–50. (In Russian)

7. Parker G.G., Alstynе Marshall W.V., Choudary S.P. Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You. 2016. 256 p.

8. Gribanov Yu.I. Methodology for the formation of a digital core of intersectoral integration. *Sovremennaya nauka: aktual'nyye problemy teorii i praktiki. Seriya: Ekonomika i pravo* [Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Economics and Law]. Moscow: Nauchnyye tekhnologii. 2018. No. 4/2018. Pp. 27–33. (In Russian)

9. Zagazezheva O.Z., Shalova S.Kh. Prospects for the development of the KBR in the context of the introduction of digital technologies in agriculture. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2021. № 6. Pp. 105–116. (In Russian)

Original article

FEATURES OF THE EVOLUTION OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS IN THE PERIOD OF SOCIETY'S TRANSITION TO THE STATE OF HETEROPHASE INTELLIGENCE

O.Z. ZAGAZEZHEVA, S.Kh. SHALOVA

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360002, Russia, Nalchik, 2 Balkarova street

Annotation. The article discusses the prospects for the development of the region in the context of the introduction of digital technologies in socio-economic systems for the transition of society to a state of heterophase intelligence. The authors consider the features of agriculture in the KBR and analyze the current state of agriculture in the global robotics industry, the replacement of human labor with robotic. The social consequences of the possibility of robotization for the agricultural sector are investigated. The specific stages that are overcome in the process of transition to a digital economy, as well as models of economic development during digitalization, possible results achievable with the introduction of digital technologies and the productivity that this fact can achieve are considered. Risks are identified and a list of problems that arise during the transitional stage of digitalization is formed.

Keywords: digitalization, robotization of agriculture, digital technologies, agricultural machinery, digital economy, sustainable development, heterophasic intelligence, socio-economic systems

The article was submitted 21.01.2022

Accepted for publication 21.03.2022

For citation. Zagazezheva O.Z., Shalova S.Kh. Features of the evolution of socio-economic systems in the period of society's transition to the state of heterophase intelligence. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2022. No. 2 (106). Pp. 92–106. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-92-106

Information about the authors

Zagazezheva Oksana Zaurovna, Candidate of Economic Sciences, Head of the Engineering Center, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360004, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

oksmil.82@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0903-4234>

Shalova Satanei Khautievna, Researcher, Engineering Center, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360004, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

satanei@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2345-1309>

ПОТРЕБЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ СОРТАМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Х.А. МАЛКАНДУЕВ, Р.И. ШАМУРЗАЕВ, А.Х. МАЛКАНДУЕВА

Институт сельского хозяйства –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН
360004, Россия, Нальчик, ул. Кирова, 224

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований по изучению динамики содержания азота, фосфора и калия в растениях, формированию биологического урожая и содержания в нем элементов минерального питания, потреблению основных элементов питания сортами озимой пшеницы по фазам роста и развития. Исследования проводились в почвенно-климатических условиях степной зоны Кабардино-Балкарии на двух сортах озимой мягкой пшеницы – Москвич (стандарт) и Южанка – в 2012–2014 гг. Анализ содержания азота, фосфора и калия в листьях и колосьях показывает, что наибольшее количество данных элементов в вегетативных органах отмечено в начальные фазы роста растений, с постепенным снижением по мере созревания.

Потребление элементов питания показало, что азота в растениях накапливалось больше всего к фазе восковой спелости, а накопление фосфора завершалось к периоду молочной спелости. Калий потреблялся растениями более интенсивно в период выхода в трубку и колошения.

Установлено содержание элементов питания в зерне и побочной продукции (солома) по сортам озимой пшеницы, а также их вынос с урожаем. Общий вынос питательных веществ увеличивался с ростом урожая. По общему выносу элементов минерального питания сорт Южанка превышает стандарт, а по выносу на единицу продукции существенных различий между сортами не наблюдалось.

Ключевые слова: озимая пшеница, элементы питания, урожайность, минеральное питание, вынос питательных веществ

Статья поступила в редакцию 18.02.2022

Принята к публикации 10.03.2022

Для цитирования. Малкандуев Х.А., Шамурзаев Р.И., Малкандуева А.Х. Потребление основных элементов питания сортами озимой пшеницы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 107–117. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-107-117

ВВЕДЕНИЕ

Повышение урожайности озимой пшеницы зависит от обоснованного сочетания всех звеньев технологии возделывания и в первую очередь от оптимизации минерального питания [1, 2].

Система удобрений озимой пшеницы должна быть направлена на создание оптимального режима питания с учетом требований и конкретных условий возделывания данной культуры с целью наиболее полной реализации ее потенциальной продуктивности. Озимая пшеница в период вегетации на создание урожая расходует значительное количество питательных веществ, и чем выше урожай пшеницы, тем, как правило, она больше потребляет азота, фосфора, калия и других элементов питания. Зависимость выноса элементов питания растениями озимой пшеницы от величины урожая в различные годы

изучали Пруцков Ф.М., 1970; Афендулов К.П., Лантухова А.И., 1973; Пронько В.В., 2020; Адиньяев Э.Д., 1985; Петрова Л.Н., 2007; Губанов Я.В., Иванов Н.Н., 1988; Шатилов И.С., 1996 [3–9].

Доля удобрений в формировании урожая в засушливых районах без орошения составляет 10–15 %, в степной зоне при орошении – 40 % [10]. Для формирования высокого урожая с оптимальным химическим составом растения необходимо обеспечить в период вегетации сбалансированным поступлением элементов питания. Для этого определены потребности сельскохозяйственных культур в элементах питания в отдельные фазы их роста и развития, что имеет существенное практическое значение при установке лучших сроков внесения удобрений.

По данным Л.М. Державина и Р.Н. Попова (1984, ЦИНАО), высокоурожайные сорта требуют большего количества элементов питания [11]. Так, интенсивный сорт Мироновская 808 при урожайности 5,0 т/га выносит из почвы 150 кг азота с 1 га, а малоурожайные сорта – всего 40–50 кг. Разная количественная потребность и интенсивность поглощения растениями отдельных элементов питания должны учитываться при разработке системы применения удобрений. Определение потребности озимой пшеницы в основных элементах питания в отдельные фазы их роста и развития имеет большое практическое значение при расчете оптимального срока и способа внесения удобрений [12]. Вопросы потребления элементов минерального питания и влияние этого процесса на урожайность являются актуальными. В связи с этим для повышения эффективности использования минеральных удобрений и оптимизации приемов их применения необходимо изучение особенностей потребления основных элементов питания (азота, фосфора, калия) растениями озимой пшеницы, различающихся по морфологическим и биологическим признакам [13].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в степной зоне КБР. Объектами исследований были сорта озимой мягкой пшеницы Москвич (стандарт) и Южанка. Технология возделывания озимой пшеницы общепринятая для зоны. Норма высева – 5 млн всх. семян на 1 га. Посев осуществляли сеялкой Клен-1,5, уборка в фазу полной спелости комбайном Terrion-200. Площадь делянки – 50 м², повторность 4-кратная, предшественник – кукуруза на силос, удобрения в дозе (N₆₀P₉₀K₄₀) вносили под основную обработку почвы, подкормки проводили дважды – в фазу кущения и колошения с дозой аммиачной селитры (N₃₀). Содержание N и P в растительном материале определяли по методике Пиневица в модификации Куркаева, калий на пламенном фотометре. Вынос элементов питания (NPK) с урожаем пшеницы определяли расчетным методом с учетом содержания в основной и побочной продукции.

Степная зона характеризуется недостаточно устойчивым увлажнением. Среднегодовое количество осадков составляет 360–480 мм, из них на вегетационный период приходится 289–300 мм. Климат в зоне континентально-жаркий.

Период проведения исследований охватывал годы с различными метеорологическими условиями.

Так, в 2011–2012 году осенний период сложился благополучно, за август-ноябрь выпало 146 мм осадков, что на 15,7 мм больше среднемноголетних данных. Средняя температура составила 14,8 °С, что на 1,0 °С больше среднемноголетней. Такие условия осеннего периода положительно отразились на появлении всходов и осенней вегетации растений. В весенне-летний период (апрель-июнь) выпало 174,5 мм осадков, это ниже среднемноголетних данных на 4,5 мм, из них 77,1 мм выпало в апреле и 71,0 мм – в июне. Среднесуточная температура воздуха за этот период составила 19,9 °С.

В 2012–2013 году осадков за август-ноябрь выпало 161,9 мм, что на 31,6 мм больше среднемноголетних данных. Среднесуточная температура за осенний период составила 15,3 °С, что способствовало появлению дружных всходов и хорошей осенней вегетации озимой пшеницы. В весенне-летнюю (апрель-июнь) вегетацию количество выпавших осадков составило 196,9 мм, из них в мае выпало 88,4 мм, что положительно повлияло на рост и развитие озимой пшеницы.

Погодные условия 2013–2014 года характеризовались следующими особенностями: за осенний период выпало 92,5 мм, это на 3,6 мм меньше средних многолетних данных. Средняя температура осеннего периода составила 11,3 °С. За декабрь-март выпало 104,4 мм осадков, это на 11,8 мм больше среднемноголетних значений. За период весенне-летней вегетации (апрель-июнь) осадков выпало 156,8 мм, что на 22,8 мм меньше среднемноголетних данных. Средняя температура воздуха за этот период составила 17,7 °С при средней многолетней 17,4 °С.

Сумма осадков в мае составила 87,5 мм, что на 20,1 мм больше многолетних значений. Средняя температура воздуха равнялась 19,6 °С, что на 1,4 °С выше многолетних значений.

Таким образом, годы проведения исследований различались между собой как по количеству выпавших осадков, так и по температурному режиму, что позволило объективно оценить сорта по комплексу признаков.

Почвы в зоне представлены обыкновенными черноземами. Содержание гумуса колеблется от 3,0 до 3,5 %, подвижного фосфора – 15,6–28,7 мг/кг и обменного калия – 200–300 мг/кг, азота 17–21 мг/кг. Реакция почвы нейтральная (рН – 6,8–7,2). Гидротермический коэффициент – 0,9.

Анализы, учеты и наблюдения в исследованиях проводились в соответствии с общепринятыми методиками (Доспехов Б.А., 1985) и методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989) [14, 15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению потребления питательных веществ растениями озимой пшеницы в период вегетации являются необходимым условием повышения урожая и качества зерна. Знания о ходе поступления элементов минерального питания в растения позволят регулировать этот процесс в жизни растений.

Процесс накопления питательных веществ в растениях озимой пшеницы, а также их вынос с урожаем в большей мере изменяется от фаз развития и генетических особенностей сортов. Максимальное содержание элементов питания отмечено в начале вегетации растений (табл. 1).

В последующие фазы роста растений их содержание уменьшается, так как интенсивное накопление питательных веществ в начале вегетации сменяется процессом образования и накопления органического материала.

Азот занимает особое положение среди элементов минерального питания, получаемых растениями из почвы. В растениях и отдельных органах его содержится больше по сортам в фазу выхода в трубку (1,72–1,75 %), к фазе полной спелости оно постепенно снижается (1,23–1,25%). Наиболее интенсивное потребление азота в этот период связано с тем, что в ранние фазы растения потребляют наибольшее количество для образования органического вещества. В наших исследованиях в фазу восковой спелости содержание азота возрастало по сравнению с фазой молочной спелости.

Таблица 1

СОДЕРЖАНИЕ NPK В РАСТЕНИЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, % ОТ АБСОЛЮТНО СУХОГО ВЕЩЕСТВА (2012–2014 гг.)

Объект исследования	Выход в трубку			Колошение			Спелость								
							молочная			восковая			полная		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Целое растение	<u>1,72</u>	<u>0,61</u>	<u>2,61</u>	<u>1,45</u>	<u>0,56</u>	<u>1,80</u>	<u>1,10</u>	<u>0,51</u>	<u>0,80</u>	<u>1,30</u>	<u>0,38</u>	<u>0,71</u>	<u>1,23</u>	<u>0,35</u>	<u>0,56</u>
	1,75	0,65	2,80	1,50	0,58	1,85	1,15	0,52	0,85	1,37	0,42	0,76	1,25	0,40	0,61
Листья	<u>3,22</u>	<u>0,85</u>	<u>2,56</u>	<u>2,91</u>	<u>0,56</u>	<u>2,20</u>	<u>2,01</u>	<u>0,40</u>	<u>2,05</u>	-	-	-	-	-	-
	3,30	0,90	2,60	3,02	0,63	2,27	2,15	0,46	2,10	-	-	-	-	-	-
Стебли	<u>2,71</u>	<u>0,97</u>	<u>2,80</u>	<u>1,10</u>	<u>0,39</u>	<u>1,53</u>	<u>0,60</u>	<u>0,31</u>	<u>1,27</u>	<u>0,75</u>	<u>0,24</u>	<u>0,96</u>	<u>0,56</u>	<u>0,21</u>	<u>0,81</u>
	2,75	1,02	2,98	1,25	0,45	1,60	0,72	0,36	1,36	0,86	0,26	1,04	0,58	0,22	0,90
Отмершие листья	<u>1,98</u>	<u>0,71</u>	<u>1,51</u>	<u>1,40</u>	<u>0,51</u>	<u>1,87</u>	<u>1,70</u>	<u>0,61</u>	<u>1,70</u>	<u>1,56</u>	<u>0,46</u>	<u>0,29</u>	<u>1,35</u>	<u>0,38</u>	<u>0,19</u>
	2,02	0,75	1,56	1,56	0,59	2,00	1,75	0,65	1,76	1,62	0,52	0,35	1,46	0,40	0,23
Колосья	-	-	-	<u>1,95</u>	<u>0,60</u>	<u>1,25</u>	<u>1,58</u>	<u>0,80</u>	<u>0,83</u>	<u>1,72</u>	<u>0,55</u>	<u>0,50</u>	<u>1,85</u>	<u>0,68</u>	<u>0,63</u>
	-	-	-	1,98	0,70	1,30	1,63	0,83	0,87	1,76	0,60	0,56	1,88	0,70	0,67

*Примечание: в числителе данные по сорту Москвич, в знаменателе по сорту Южанка.

Аналогичные изменения в содержании азота в фазу восковой спелости А.И. Носатовский (1965) объясняет тем, что «при орошении и выпадении осадков озимая пшеница может потреблять питательные вещества вплоть до фазы полной спелости» [16]. Минимальное содержание N отмечено в стеблях, богаты им листья, колосья и отмершие листья. В последующие фазы роста и развития содержание азота уменьшается более плавно в листьях, стеблях – почти в два раза, в колосьях изменяется незначительно.

В наших исследованиях сорт Южанка несколько выделяется по содержанию азота во всем растении и его органах во все фазы развития. Фосфора в растениях содержится значительно меньше, чем азота. Содержание фосфора более высокое в целом растении и отдельных органах в фазу выхода в трубку (0,61–0,97 % и 0,65–1,02 %). В последующие фазы содержание его значительно уменьшается и к фазе полной спелости составляет по сорту Москвич 0,21–0,68 %, по сорту Южанка 0,22–0,70 %. Содержание фосфора к концу вегетации в листьях, стеблях и отмерших листьях уменьшалось почти в два раза, в колосьях его количество изменялось незначительно.

В целых растениях и отдельных его органах содержание калия изменялось аналогично изменениям N и P. Более высокое содержание его также отмечено в фазу выхода в трубку (1,51–2,80 % и 1,59–3,10 %). В последующие периоды вегетации содержание его снижается как в целом растении, так и в отдельных его частях. Содержание (K) в листьях несколько убывает в стеблях в 3 раза, в атрофированных листьях более чем в 6 раз и в колосьях – в 2 раза.

Результаты исследований показали, что растения озимой пшеницы предельное содержание N, P и K имели в период интенсивного роста. Наиболее интенсивно растения потребляют элементы минерального питания в начальный период вегетации растений [17, 18]. По мнению В.Г. Минеева, «...для получения высоких урожаев озимой пшеницы необходимо в ранние фазы обеспечить посевы необходимым количеством элементов питания. При анализе потребностей растений в элементах питания значимо не только общее количество питательных веществ, потребляемое растениями за весь период вегетации, но и динамика содержания и потребления этих веществ растениями» [17].

Данные результатов предыдущих лет исследования являются основой для рационального применения удобрений в период вегетации культуры по потребностям в конкретном элементе питания. Результаты наших исследований динамики потребления основных элементов питания в основные фазы развития растений озимой пшеницы приведены в таблице 2.

Таблица 2

ДИНАМИКА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЯМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (2012–2014 ГГ.)

Фазы	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
Москвич, ст.						
Выход в трубку	87,0	57,2	30,9	57,6	132,0	100,0
Колошение	105,3	69,3	40,6	75,7	130,7	99,0
Молочная спелость	115,7	76,1	53,6	100,0	84,2	63,6
Восковая спелость	152,0	100,0	44,2	82,5	82,6	62,6
Полная спелость	135,5	89,1	38,6	72,0	62,0	47,0
Южанка						
Выход в трубку	95,0	55,7	35,3	58,3	152,0	100,0
Колошение	123,3	72,1	47,7	78,8	152,0	100,0
Молочная спелость	133,9	78,5	60,5	100,0	98,9	65,1
Восковая спелость	170,6	100,0	52,3	86,4	94,6	62,2
Полная спелость	147,6	86,5	47,2	78,0	72,0	47,4

Как видно из результатов исследований, потребление элементов питания варьирует не только по фазам развития, но и по сортам (рис. 1–2).

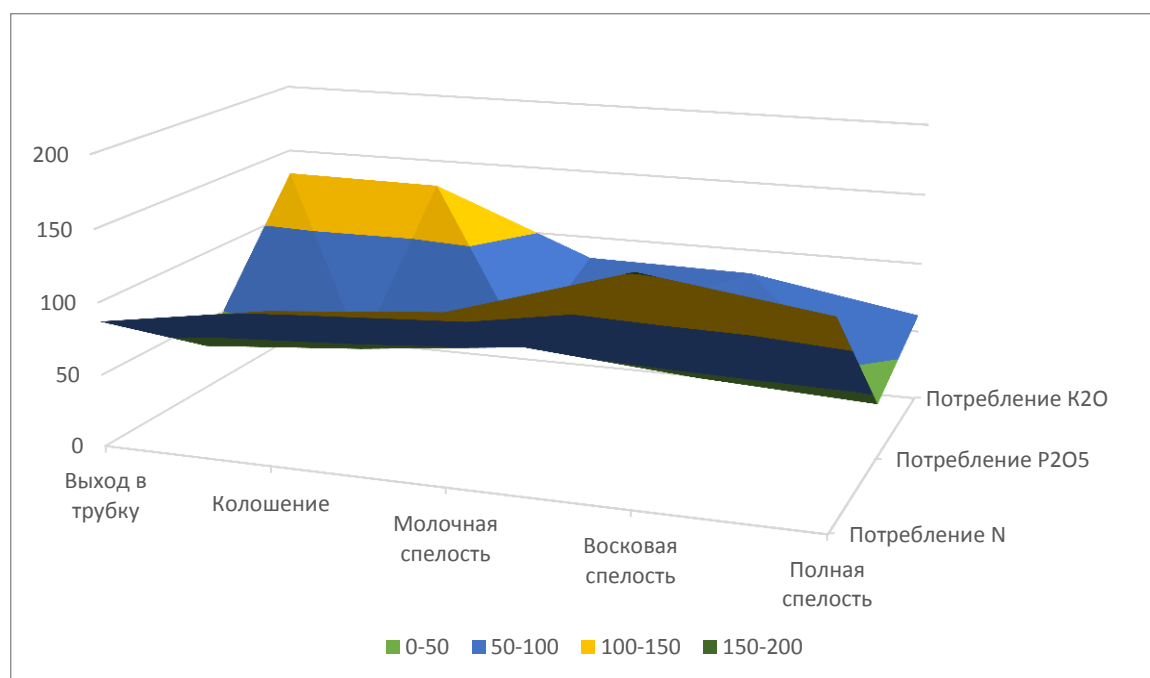


Рис. 1. Динамика потребления основных элементов питания в основные фазы развития озимой пшеницы сорта Москвич

Так, к молочной спелости растения ассимилировали N от 76,1 до 78,5 %. В растениях наибольшее содержание азота накапливалось к фазе восковой спелости. Оно снижалось по сортам к фазе полной спелости на 16,5 и 23 %.

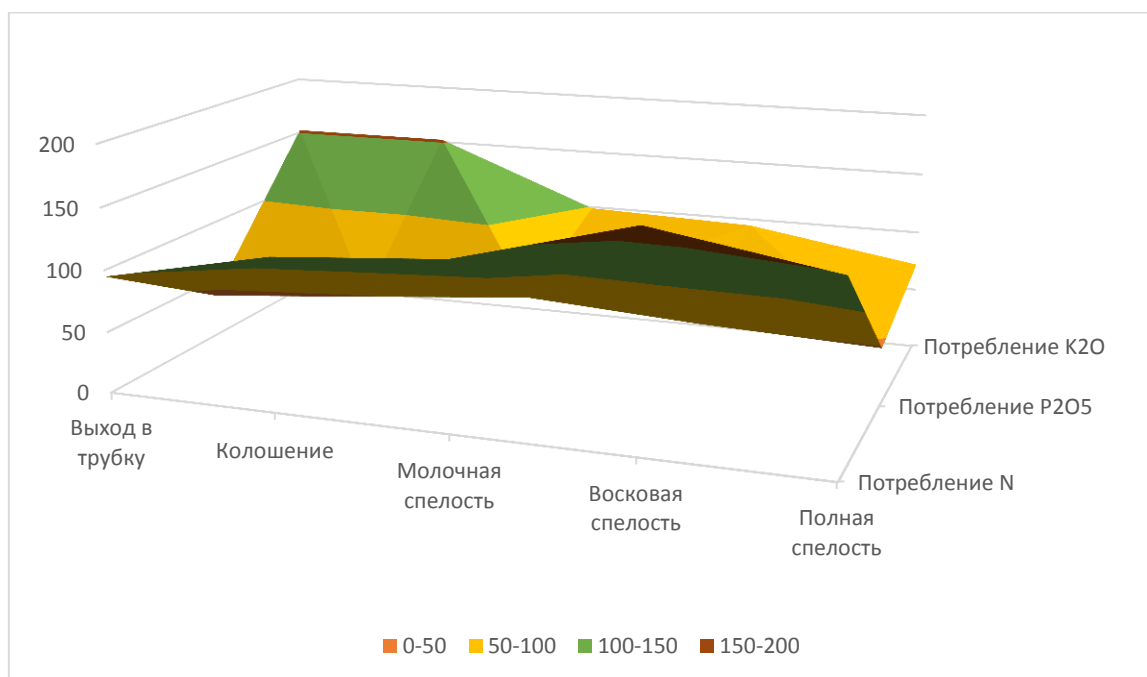


Рис. 2. Динамика потребления основных элементов питания в основные фазы развития озимой пшеницы сорта Южанка

К периоду молочной спелости завершилось поступление фосфора в растения. В последующем его содержание снижалось по сортам на 15,0 и 13,3 %.

Накопление фосфора более интенсивно идет до фазы колошения, в этот период он аккумулируется на 75 % и более от оптимального. Калий потребляется растениями более интенсивно в период выхода в трубку и колошения. К окончанию вегетации употребление K_2O дважды снижается по сравнению с предельным его накоплением.

Полученные данные показывают, что потребление питательных веществ идет наиболее интенсивно у сорта Южанка по сравнению с Москвичом. Поглощение N, P_2O_5 и K_2O значительно изменялось по сортам и биофазам развития. Наибольшее количество N было в фазу восковой спелости (152,0 и 176,6 кг/га), фосфора – в фазу молочной спелости (53,6 и 60,5 кг/га) и калия – в фазу выхода в трубку (132,0 и 152,0 кг/га).

По степени выраженности потребления элементы располагались от азота к калию и фосфору. При этом азот занимал главенствующее положение.

Содержание элементов минерального питания в зерне и соломе у сортов Москвич и Южанка в годы проведения исследований изменялось незначительно (табл. 3).

Так, в среднем за годы исследований содержание N в зерне у стандарта (сорт Москвич) составило 2,31 %, у сорта Южанка – 2,36 %; фосфора – 0,74 и 0,76 % соответственно; калия по сортам – 0,54 и 0,56 %.

Содержание элементов минерального питания в соломе в среднем по сортам составило: азота – 0,6 и 0,62 %, фосфора по – 0,25 % и калия – по 0,84 и 0,88 % соответственно.

Таблица 3

БИОЛОГИЧЕСКИЙ УРОЖАЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
И СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ (2012–2014 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га	Содержание, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2011–2012				
Москвич, ст.	<u>5,02*</u> 6,80	<u>2,21</u> 0,61	<u>0,60</u> 0,20	<u>0,45</u> 0,77
Южанка	<u>5,46</u> 7,21	<u>2,24</u> 0,63	<u>0,62</u> 0,18	<u>0,47</u> 0,80
2012–2013				
Москвич, ст.	<u>4,87</u> 6,62	<u>2,32</u> 0,59	<u>0,76</u> 0,38	<u>0,60</u> 0,90
Южанка	<u>5,23</u> 7,01	<u>2,36</u> 0,60	<u>0,80</u> 0,37	<u>0,64</u> 0,93
2013–2014				
Москвич, ст.	<u>4,72</u> 6,47	<u>2,30</u> 0,60	<u>0,86</u> 0,17	<u>0,57</u> 0,85
Южанка	<u>5,18</u> 7,00	<u>2,33</u> 0,62	<u>0,88</u> 0,20	<u>0,56</u> 0,87
Среднее за 2012–2014 гг.				
Москвич, ст.	<u>4,87</u> 6,63	<u>2,31</u> 0,60	<u>0,74</u> 0,25	<u>0,54</u> 0,84
Южанка	<u>5,30</u> 7,07	<u>2,36</u> 0,62	<u>0,76</u> 0,25	<u>0,56</u> 0,88
НСР ₀₅ (урожайность зерна)	0,23	–	–	–

*Примечание: в числителе показатели по зерну, в знаменателе по соломе.

В среднем за годы исследований биологический урожай был выше у сорта Южанка. Превышение над стандартом Москвич составило по зерну на 0,43 т/га, по соломе – на 0,44 т/га.

Вынос элементов минерального питания урожаем озимой пшеницы значительно изменяется по годам и сортам: общий вынос питательных веществ увеличивается с ростом урожая (табл. 4).

Аналогичную зависимость выноса элементов питания растениями озимой пшеницы от величины урожая отмечали и другие исследователи.

Проведенные исследования по выносу урожаем сортов озимой пшеницы Москвич и Южанка элементов минерального питания показали, что в 2012 году при урожае зерна 5,02 и соломы 6,8 т/га общий вынос элементов по Москвичу составил: (N) – 152,4, (P₂O₅) – 43,7 и (K₂O) – 75,0 кг/га. По Южанке при урожае зерна 5,46 т/га и соломы 7,21 т/га общий вынос веществ (N; P₂O₅; K₂O) был на уровне 167,7; 46,7 и 83,4 кг/га соответственно. При этом вынос элементов на 1 т зерна по сорту Москвич составил: N – 30,0 кг; P₂O₅ – 8,7 и K₂O – 14,9 кг; по сорту Южанка соответственно 31,0; 8,5; 13,7 кг.

В опытах 2013 и 2014 гг. показатели по общему выносу N у сортов Москвич и Южанка варьировали от 146,8–152,0 и 165,7–167,7 кг/га соответственно, по P₂O₅ – 51,6–62,1 и 59,6–67,7; по K₂O – 81,9–88,0 и 89,9–90,6. Вынос элементов с урожаем на единицу зерна в исследуемые годы (2013–2014) по сортам Москвич и Южанка составил: по N – 31,0–32,0 кг; P₂O₅ – 10,9–12,7; K₂O – 17,3–18,8 кг. При этом различий в выносе N у сортов не наблюдалось. В 2013 году вынос элементов (P₂O₅, K₂O) по сортам был выше, что составило

12,4–12,7 и 18,0–18,8 кг. В среднем за годы исследований сорт Южанка по общему выносу N превышал стандарт Москвич на 15,3 кг/га, по P₂O₅ на – 5,5 и K₂O – 9,0 кг/га. По выносу на единицу зерна существенных различий между изучаемыми сортами не наблюдалось.

Таблица 4

ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ С УРОЖАЕМ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
(2012–2014 гг.)

Показатели	Сорт	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2011–2012				
Общий вынос, кг/га	Москвич, ст.	152,4	43,7	75,0
	Южанка	167,7	46,7	83,4
Вынос на 1 ц зерна, кг	Москвич, ст.	3,0	0,87	1,49
	Южанка	3,1	0,85	1,37
Содержится в зерне, % от общего выноса	Москвич, ст.	72,2	69,0	32,0
	Южанка	72,9	72,3	30,7
2012–2013				
Общий вынос, кг/га	Москвич, ст.	152,0	62,1	88,0
	Южанка	165,4	67,7	98,7
Вынос на 1 ц зерна, кг	Москвич, ст.	3,1	1,27	1,80
	Южанка	3,2	1,24	1,88
Содержится в зерне, % от общего выноса	Москвич, ст.	74,3	59,6	32,9
	Южанка	74,6	61,7	33,9
2013–2014				
Общий вынос, кг/га	Москвич, ст.	146,8	51,6	81,9
	Южанка	164,1	59,6	89,9
Вынос на 1 ц зерна, кг	Москвич, ст.	3,1	1,09	1,73
	Южанка	3,2	1,15	1,73
Содержится в зерне, % от общего выноса	Москвич, ст.	73,9	78,7	32,8
	Южанка	73,5	76,5	32,2
2012–2014 гг.				
Общий вынос, кг/га	Москвич, ст.	150,4	52,5	81,6
	Южанка	165,7	58,0	90,6
Вынос на 1 ц зерна, кг	Москвич, ст.	3,1	1,07	1,67
	Южанка	3,2	1,08	1,66
Содержится в зерне, % от общего выноса	Москвич, ст.	73,5	69,1	32,6
	Южанка	73,7	70,2	32,3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наибольшее содержание азота и фосфора от общего выноса накапливалось в зерне, калия – в соломе. На основании полученных данных установлена динамика потребления, перераспределения и выноса азота, фосфора и калия у изученных сортов озимой пшеницы, которые зависели от условий возделывания, фазы развития растений и биологических особенностей.

Наблюдения за динамикой потребления элементов минерального питания в течение вегетации позволяют приурочить применение минеральных удобрений к периоду активного поглощения этих элементов растениями озимой пшеницы, что является одним из приемов повышения эффективности использования удобрений, повышения урожая зерна и улучшения его технологических свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сычев В.Г., Афанасьев Р.А., Кирсанов Г.А. и др. Возможности дистанционной диагностики минерального питания растений // Плодородие. 2020. № 2. С. 13–17.
2. Волосевич А.Н., Трубняков М.Д., Рыбаков А.О. и др. Динамика агрохимических показателей почвы в зависимости от применения азотсодержащих минеральных удобрений при возделывании озимых зерновых культур в условиях Северо-Запада РФ // Известия Великолукской ГСХА. 2019. № 1. С. 13–26.
3. Пруцков Ф.М. Озимая пшеница. Москва: Колос, 1970. С. 322–327.
4. Афендулов К.П., Лантухова А.И. Удобрения под планируемый урожай. Москва: Колос, 1973. 237 с.
5. Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф. и др. Влияние минеральных удобрений и погодных условий на вынос элементов питания зерновыми культурами в степи Поволжья // Плодородие. 2020. № 2. С. 17–20.
6. Адиньяев Э.Д. Динамика накопления сухого вещества и потребление основных элементов питания в зависимости от режима орошения озимой пшеницы // Труды Горского сельскохозяйственного института. 1974. Т. 35. С. 13–23.
7. Петрова Л.Н. Возделывание озимой пшеницы по интенсивной технологии в Ставропольском крае: рекомендации. Ставрополь: СНИИСХ, 1985. 79 с.
8. Губанов Я.В., Иванов Н.Н. Озимая пшеница. Москва: Агропромиздат, 1988. С. 209–303.
9. Шатилов И.С. Руководство по программированию урожая. Москва: Россельхозиздат, 1996. 150 с.
10. Пруцков Ф.И., Осипов И.П. Интенсивная технология возделывания зерновых культур. Москва: Колос, 1990. С. 166–175.
11. Державин Л.М. Особенности минерального питания и применение удобрений // Зерновое хозяйство. 1985. № 2. С. 7–21.
12. Усачев В.А., Андреев Н.Н., Плечов Д.В. Влияние макроэлементов и регуляторов роста на динамику содержания азота, фосфора, калия и серы в растениях озимой пшеницы сорта Бирюза в условиях лесостепи среднего Поволжья // Вестник Ульяновской ГСХА. 2016. № 1. С. 25–32.
13. Гудиев О.Ю., Зеленская Т.Г., Касаткина А.О. и др. Потребление азота, фосфора и калия растениями различных сортов озимой пшеницы в зависимости от условий минерального питания // Земледелие. 2019. № 7. С. 24–27.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 352 с.
15. Головачев В.И., Кириловская Е.В. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Калинин: Калининская типография, 1989. Вып. 2. 194 с.
16. Носатовский А.И. Пшеница. Москва: Колос, 1965. 568 с.
17. Минеев В.Г. Удобрения озимой пшеницы. Москва: Колос, 1973. 208 с.

Сведения об авторах

- Малкандуев Хамид Алиевич**, д-р с.-х. наук, вед. науч. сотр., Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;
360004, Россия, Нальчик, ул. Кирова, 224;
kbniiish2007@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4946-3818>
- Шамурзаев Рустам Ильясович**, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;
360004, Россия, Нальчик, ул. Кирова, 224;
tama8333@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0169-6826>

Малкандуева Аминат Хамидовна, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;
360004, Россия, Нальчик, ул. Кирова, 224;
malkandyewaax@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4306-3733>

REFERENCES

1. Sychev V.G., Afanasiev R.A., Kirsanov G.A. et al. Possibilities of remote diagnostics of plant mineral nutrition. *Plodorodiye* [Fertility]. 2020. No. 2. Pp. 13–17. (In Russian)
2. Volosevich A.N., Trubnyakov M.D., Rybakov A.O. et al. Dynamics of agrochemical indicators of the soil depending on the use of nitrogen-containing mineral fertilizers in the cultivation of winter grain crops in the conditions of the North-West of the Russian Federation. *Izvestiya Velikolukskoy GSKHA* [News of Velikoluksk State Agricultural Academy]. 2019. No. 1. Pp. 13–26. (In Russian)
3. Prutskov F.M. *Ozimaya pshenitsa* [Winter wheat]. Moscow: Kolos, 1970. Pp. 322–327. (In Russian)
4. Afendulov K.P., Lantukhova A.I. *Udobreniya pod planiruyemyy urozhay* [Fertilizers for the planned harvest]. Moscow: Kolos, 1973. 237 p. (In Russian)
5. Pronko V.V., Yaroshenko T.M., Klimova N.F. et al. The influence of mineral fertilizers and weather conditions on the removal of nutrients by grain crops in the Volga steppe. *Plodorodiye* [Fertility]. 2020. No. 2. Pp. 17–20. (In Russian)
6. Adinyaev E.D. The dynamics of accumulation of dry matter and the consumption of basic nutrients depending on the irrigation regime of winter wheat. *Trudy Gorskogo sel'skohozyajstvennogo instituta* [Proceedings of the Gorsky Agricultural Institute]. 1974. Vol. 35. Pp. 13–23. (In Russian)
7. Petrova L.N. *Vozdelyvaniye ozimoy pshenitsy po intensivnoy tekhnologii v Stavropol'skom krae* [Cultivation of winter wheat according to intensive technology in the Stavropol Territory]: recommendations. Stavropol: SNIISKH, 1985. Pp. 13–18. (In Russian)
8. Gubanov Ya.V., Ivanov N.N. *Ozimaya pshenitsa* [Winter wheat]. Moscow: Agropromizdat, 1988. Pp. 209–303. (In Russian)
9. Shatilov I.S. *Rukovodstvo po programmirovaniyu urozhayev* [Harvest Programming Guide]. Moscow: Rosselkhozizdat, 1996. 150 p. (In Russian)
10. Prutskov F.I., Osipov I.P. *Intensivnaya tekhnologiya vzdelyvaniya zernovykh kul'tur* [Intensive technology of cultivation of grain crops]. Moscow: Kolos, 1990. P. 166–175. (In Russian)
11. Derzhavin L.M. Features of mineral nutrition and the use of fertilizers. *Zernovoye khozyaystvo* [Grain economy]. 1985. No. 2. Pp. 7–21. (In Russian)
12. Usachev V.A., Andreev N.N., Plechov D.V. Influence of macroelements and growth regulators on the dynamics of nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur content in winter wheat plants of the Biryuza variety in the conditions of the forest-steppe of the middle Volga region. *Vestnik Ul'yanovskoy GSKHA* [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy]. 2016. No. 1. Pp. 25–32. (In Russian)
13. Gudiev O.Yu., Zelenskaya T.G., Kasatkina A.O., Okrut S.V., Stepanenko E.E. Consumption of nitrogen, phosphorus and potassium by plants of various varieties of winter wheat depending on the conditions of mineral nutrition. *Zemledeliye* [Agriculture]. 2019. No. 7. Pp. 24–27. (In Russian)
14. Dosphehov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experience]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 352 p. (In Russian)
15. Golovachev V.I., Kirilovskaya E.V. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Methods of state testing of agricultural crops variety]. Kalinin: Kalinin Publishing House, 1989. No. 2. 194 p.

16. Nosatovsky A.I. *Pshenitsa* [Wheat]. Moscow: Kolos, 1965. 568 p.
17. Mineev V.G. *Udobreniya ozimoy pshenitsy* [Fertilizers of winter wheat]. Moscow: Kolos, 1973. 208 p.

Original article

CONSUMPTION OF BASIC NUTRIENTS BY WINTER WHEAT VARIETIES

Kh.A. MALKANDUEV, R.I. SHAMURZAEV, A.Kh. MALKANDUEVA

Institute of Agriculture –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street

Annotation. The article presents the results of studies on the dynamics of the content of nitrogen, phosphorus and potassium in plants, the formation of a biological crop and the content of mineral nutrition elements in it, the consumption of basic nutrients by winter wheat varieties during growth and development phases. The studies were carried out in the soil and climatic conditions of the steppe zone of Kabardino-Balkaria on two varieties of winter soft wheat: Moskvich (standard) and Yuzhanka in 2012-2014. An analysis of the content of nitrogen, phosphorus and potassium in leaves and ears shows that the largest amount of these elements in the vegetative organs was noted in the initial phases of plant growth, gradually decreasing as they mature. The consumption of nutrients showed that nitrogen accumulated in plants most of all by the phase of wax ripeness, and the accumulation of phosphorus was completed by the period of milky ripeness. Potassium was consumed by plants more intensively during the period of tube growth and heading.

The content of nutrients (NPK) in grain and by-products (straw) for winter wheat varieties, as well as their removal with the harvest, has been established. The total removal of nutrients increased with the growth of the crop. In terms of the total removal of mineral nutrition elements, the Yuzhanka variety exceeds the standard, and in terms of the removal per unit of production, there were no significant differences between the varieties.

Keywords: winter wheat, nutrients, productivity, mineral nutrition, nutrient removal

The article was submitted 18.02.2022

Accepted for publication 10.03.2022

For citation. Malkanduev Kh.A., Shamurzaev R.I., Malkandueva A.Kh. Consumption of basic nutrients by winter wheat varieties. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2022. No. 2 (106). Pp. 107–117. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-107-117

Information about the authors

Malkanduyev Khamid Alievich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Institute of Agriculture – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

malkandyewaax@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4946-3818>

Shamurzaev Rustam Ilyasovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Institute of Agriculture – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

tama8333@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0169-6826>

Malkanduyeva Aminat Khamidovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Institute of Agriculture – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

malkandyewaax@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4306-3733>

УДК 631.51.01

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-118-126

EDN: NMWHZC

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЗАСОРЕННОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА

М.Р. МУСАЕВ, Ш.Ш. ОМАРИЕВ, А.У. КУРАМАГОМЕДОВ,
А.А. МАГОМЕДОВА, З.М. МУСАЕВА

Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова
367032, Россия, Махачкала, ул. М. Гаджиева, 180

Аннотация. В статье приведены результаты полевого опыта за 2017–2021 гг. по изучению влияния различных способов обработки почвы, норм удобрений и крутизны склона на урожайность сельскохозяйственных культур, возделываемых на склоновых землях предгорного Дагестана. В результате установлено следующее: максимальная урожайность зерна овса и ячменя по всем вариантам противоэрозионных обработок почвы получена при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$; прибавки урожая овса колебались от 1,7 до 7,3; ячменя – от 3,7 до 6,0 ц/га. Целевание на глубину 40–50 см способствует переносу с внутрпочвенным стоком значительной части семян сорных растений с поверхности поля в нижележащие горизонты. При крутизне склона 8° засоренность культур севооборота в аналогичных вариантах была ниже, чем при крутизне склона 4° . С увеличением норм удобрений возрастала засоренность посевов зернотравяного севооборота, особенно при минимальной обработке склона 4° . Показано, что наиболее эффективным является лущение с чизелеванием на глубину 38–40 см перед посевом озимой пшеницы.

Ключевые слова: обработка почвы, удобрения, озимая пшеница, овес, ячмень, многолетние травы, эрозия, сорная растительность, урожайность

Статья поступила в редакцию 11.04.2022

Принята к публикации 15.04.2022

Для цитирования. Мусаев М.Р., Омариев Ш.Ш., Курамагомедов А.У., Магомедова А.А., Мусаева З.М. Влияние различных способов обработки почвы на засоренность и урожайность культур севооборота // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 118–126. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-118-126

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В склоновых агроландшафтах при возделывании озимой пшеницы очень велики потери органического вещества вследствие минерализации гумуса и проявления водной эрозии, вызываемой ливневыми осадками и стоком талых вод. Ливневые осадки в период, когда на поле отсутствует растительный покров, вызывают смыв почвы, достигающий в отдельные годы 40–50 т/га. В результате деградационных процессов ухудшаются физико-химические свойства, уменьшается микробиологическая активность почвы [1–3].

Техногенная направленность современных систем земледелия с масштабным применением агрохимикатов и бессистемный подход к процессам интенсификации сельскохозяйственного производства обусловили целый ряд негативных последствий. Они проявляются в существенно возросших объемах потерь плодородия, разрушения и деградации почв, экологической уязвимости производства, снижении урожайности и высокой зависимости валовых сборов зерна [4–7].

Целью данной работы является сравнительный анализ влияния обычной, обычной с щелеванием и минимальной обработок, а также удобрений, крутизны склона на засоренность посевов, почвы и урожай сельскохозяйственных культур зернотравяного севооборота.

Задачи исследований:

- установить влияние способа обработки почвы и крутизны склона на засоренность культур севооборота;
- установить влияние способа обработки почвы на засоренность почвы;
- установить влияние способа обработки, внесения удобрений и крутизны склона на урожайность культур севооборота.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2017-2021 гг. в предгорной зоне республики Дагестан в стационарном трехфакторном опыте по схеме: фактор А – система обработки: 1 – обычная на 20–22 см; 2 – то же с щелеванием на 40–50 см; 3 – минимальная (лущение на 6–8 см); фактор Б – удобрения: 1 – внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$; 2 – внесение $N_{90}P_{90}K_{90}$; фактор В – крутизна склона: 1 – 4^0 ; 2– 8^0 . Опыт заложен в 2016 г. В 5-польном севообороте во времени: овес (2017), ячмень с подсевом многолетних трав (2018), многолетние травы 1-го года пользования (2019), многолетние травы 2-го года пользования (2020), озимая пшеница (2021). Высевали районированные по региону сорта: овес – сорт Кубанский; озимая пшеница – сорт Гром; ячмень – сорт Стимул; многолетние травы (люцерна) – сорт Кевсала. Закладке опыта предшествовали уравнивательные посева ячменя. Размещение вариантов рендомизированное. Повторность опыта 3-кратная. Площадь стоковых площадок 1200 м^2 . Экспозиция склонов южная.

Щелевание проводили при наступлении первых устойчивых заморозков. Предпосевная обработка почвы под указанные культуры, за исключением многолетних трав, включала культивацию на 6–8 см и предпосевную обработку агрегатом РВК-3,6. Система удобрения рассчитана на положительный баланс азота, фосфора и калия $N_{120}P_{150}K_{100}$ с учетом содержания всех элементов питания в пахотном слое. При определении степени засоренности посевов малолетними сорняками на каждой делянке выделяли по 8 площадок $0,25 \times 0,25\text{ м}$. Многолетние сорняки учитывали на площадках ($2 \times 1\text{ м}$) – по 2 на каждой делянке. В посевах зерновых культур учет был 2-кратным во всех повторениях опыта: в фазе кущения (перед применением гербицидов) и молочно-восковой спелости. В посевах многолетних трав засоренность учитывали перед уборкой. Во второй срок определяли также и сухую массу сорных растений. При учете семян сорняков в почве использовали метод малых проб. Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Из таблицы 1 видно, что в посевах овса в фазу кущения наибольшая засоренность (177 шт./м^2) была в варианте с обычной вспашкой при крутизне склона 4^0 на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$; наименьшая (108 шт./м^2) – в варианте с обычной вспашкой при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$ на склоне крутизной 8^0 . Вариант обычной вспашки с щелеванием занял промежуточное положение по этому показателю. При внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$ засоренность была заметно меньше, чем при $N_{60}P_{60}K_{60}$, что связано с большей плотностью стеблестоя овса. Следует отметить, что повышение численности многолетними сорняками в вариантах с минимальной и обычной обработками объясняется прежде всего измельчением корней многолетних сорняков в поверхностном горизонте почвы и высокой жизнеспособностью корневой системы в нижних горизонтах почвы.

Таблица 1

КОЛИЧЕСТВО (ШТ./М²) И СУХАЯ МАССА (Г/М²) СОРНЯКОВ В ПОСЕВАХ ОВСА
(СРЕДНЕЕ ЗА 2017–2021 ГГ.)

Вариант обработки почвы	11 июня				31 июля					
	всего	в т.ч. многолетних			всего		в т.ч. многолетних		сухая масса	
		4 ⁰	8 ⁰	4 ⁰	8 ⁰	4 ⁰	8 ⁰	4 ⁰	8 ⁰	4 ⁰
Обычная (контроль)	$\frac{177}{156}$	$\frac{145}{108}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{32}{27}$	$\frac{21}{24}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1,9}{23,4}$	$\frac{4,2}{13,9}$
То же + щелевание	$\frac{160}{150}$	$\frac{137}{127}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{29}{25}$	$\frac{22}{21}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{1,4}{17,4}$	$\frac{1,8}{10,0}$
Минимальная	$\frac{158}{131}$	$\frac{119}{124}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{31}{26}$	$\frac{22}{15}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{3,9}{20,5}$	$\frac{6,7}{14,7}$

В числителе – N₆₀P₆₀K₆₀, в знаменателе – N₉₀P₉₀K₉₀

Сухая масса сорняков была несколько больше по обычной и минимальной обработкам, а самой высокой (23,4 г/м²) – по обычной вспашке при N₉₀P₉₀K₉₀ и крутизне склона 4°.

В 2018 г. при возделывании ячменя с подсевом многолетних трав наблюдалась тенденция к увеличению засоренности во всех вариантах противоэрозионных обработок на обоих фонах удобрения, особенно при крутизне склона 4° (табл. 2). В фазу кушения ячменя наибольшая засоренность малолетними сорняками (287–310 шт./м²) отмечена в варианте с обычной вспашкой + щелевание по обоим фонам удобрения при крутизне склона 4°, несколько меньшая (168–191 шт./м²) – на склоне 8°. Менее засоренными малолетними сорняками (101 шт./м²) оказались деланки с минимальной обработкой при внесении N₆₀P₆₀K₆₀. Во всех случаях в этот срок учета на склоне 8° засоренность была ниже, чем на склоне 4°. Во 2-й срок учета в вариантах с противоэрозионными обработками засоренность посевов ячменя оказалась ниже, чем при обычной вспашке. Однако за счет увеличения количества многолетних видов возросла сухая масса сорных растений, особенно по фону N₉₀P₉₀K₉₀ и при минимальной обработке почвы.

Таблица 2

КОЛИЧЕСТВО (ШТ./М²) И СУХАЯ МАССА (Г/М²) СОРНЯКОВ В ПОСЕВАХ ЯЧМЕНЯ
С ПОДСЕВОМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ (СРЕДНЕЕ ЗА 2017–2021 ГГ.)

Вариант обработки почвы	12 мая				10 августа					
	всего		в т.ч. многолетних		всего		в т.ч. многолетних		сухая масса	
	4 ⁰	8 ⁰	4 ⁰	8 ⁰	4 ⁰	8 ⁰	4 ⁰	8 ⁰	4 ⁰	8 ⁰
Обычная (контроль)	$\frac{270}{256}$	$\frac{164}{156}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{79}{83}$	$\frac{86}{106}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{9}{11}$	$\frac{72,7}{87,1}$	$\frac{74}{91,2}$
То же + щелевание	$\frac{287}{310}$	$\frac{168}{191}$	$\frac{8}{11}$	$\frac{16}{5}$	$\frac{61}{82}$	$\frac{64}{78}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{69}{110,8}$	$\frac{72,3}{105,9}$
Минимальная	$\frac{215}{252}$	$\frac{101}{153}$	$\frac{18}{12}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{86}{111}$	$\frac{77}{103}$	$\frac{8}{21}$	$\frac{25}{33}$	$\frac{67,3}{105,4}$	$\frac{96,7}{126,4}$

В числителе – N₆₀P₆₀K₆₀, в знаменателе – N₉₀P₉₀K₉₀

В 2018–2019 гг. в посевах многолетних трав количество сорняков значительно уменьшилось (табл. 3), когда среди многолетних сорняков преобладали такие виды, как хвощ полевой, осот полевой, вьюнок полевой; среди малолетних – одуванчик лекарственный, подмаренник цепкий, пастушья сумка и др. Посевы многолетних трав количественно понизили образование сухой массы сорной растительности. Незначительное влияние на изучаемый фактор оказали нормы вносимых удобрений по всем вариантам противоэрозионной обработки. Исходя из сказанного следует сделать вывод, что посеы многолетних трав, служат эффективным способом борьбы с сорной растительностью.

Таблица 3

КОЛИЧЕСТВО (ШТ./М²) И СУХАЯ МАССА (Г/М²) СОРНЯКОВ В ПОСЕВАХ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ (СРЕДНЕЕ ЗА 2017–2021 ГГ.)

Вариант обработки почвы	1-й год пользования						2-й год пользования, 1-й укос, 29 июня		
	1-й укос, 28 июня			2-й укос, 5 августа			всего	в т.ч. много-летних	сухая масса
	всего	в т.ч. много-летних	сухая масса	всего	в т.ч. много-летних	сухая масса			
Крутизна склона 4 ⁰									
Обычная (контроль)	$\frac{5}{6}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{6,6}{16,4}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{16}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{27}{27,1}$
То же + щелевание	$\frac{7}{4}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{32,4}{14,6}$	$\frac{0}{10}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{0}{5}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{7,6}{9}$
Минимальная	$\frac{4}{6}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{16,9}{22,2}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{3,1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
Крутизна склона 8 ⁰									
Обычная (контроль)	$\frac{14}{13}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{103}{62,5}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{34,1}{36,1}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{31,1}{51,3}$
То же + щелевание	$\frac{5}{13}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{14,9}{34,1}$	$\frac{2}{13}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2,10}{50,5}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{38}{26,6}$
Минимальная	$\frac{20}{8}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{71,9}{14,1}$	$\frac{6}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{97,9}{17,7}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{138}{120}$

Известно, что озимая пшеница, как и многолетние травы, обладает высокой конкурентной способностью противостоять сорнякам в борьбе за свет, влагу и пищу [8–10]. В нашем опыте посеы озимой пшеницы на склоне 4⁰ были сильнее засорены в варианте с минимальной обработкой на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ (102 шт./м², в т. ч. 80 многолетних) и меньше всего (35 шт./м², в т. ч. 4 многолетних) в варианте обычная вспашка + щелевание на склоне 8⁰.

Вносимые нормы удобрений активировали рост не только пшеницы, но и сорной растительности. Отмечено, что с повышением норм NPK увеличилась их численность и масса, в частности многолетних видов. Так, по обычной вспашке на склоне 4⁰ численность сорняков и их масса при внесении N₆₀P₆₀K₆₀ составили 68 шт./м² и 30,9 г/м², при N₉₀P₉₀K₉₀ – 81 шт./м² и 40 г/м². Однако в варианте с обычной вспашкой + щелевание при той же крутизне склона и внесении N₉₀P₉₀K₉₀ численность сорняков оказалась наименьшей – 54 шт./м², а сухая масса их, напротив, наибольшей – 64,5 г/м².

Наибольшая засоренность многолетними, наиболее злостными сорняками, наблюдалась в вариантах с обычной и минимальной обработками в верхней и нижней частях склона при его крутизне 4⁰ по фону N₉₀P₉₀K₉₀. Следовательно, можно отметить, что в посевах

озимой пшеницы из трех вариантов обработки склоновых земель наибольшее стимулирующее воздействие на сорную растительность оказывает минимальная обработка, удобрения влияют на рост не только культурных растений, но и сорняков, с увеличением крутизны склона засоренность посевов заметно снижается.

Определение запаса семян сорняков в слое почвы 0–40 см под озимой пшеницей показало, что за период опыта он заметно сократился. Так, на склоне крутизной 4° по обычной вспашке при N₆₀P₆₀K₆₀ число семян сорняков в почве снизилось на 25,7 %; при N₉₀P₉₀K₉₀ – на 26,6 %; по обычной вспашке с щелеванием – соответственно на 31,9 и 19,5%; по минимальной обработке – на 28,9 и 37,7 %; на склоне 8° – соответственно на 32,5 и 48,9 %; 35,7 и 32,2 %; 33,8 и 32,9 %. В почве варианта обычная вспашка + щелевание оно увеличилось на склоне 4° при N₆₀P₆₀K₆₀ на 55,1 %; при N₉₀P₉₀K₉₀ – на 46,6 %; на склоне 8° при внесении N₉₀P₉₀K₉₀ возросло на 42,4 %, при N₉₀P₉₀K₉₀ несущественно уменьшилось – на 2,4 %.

Значительно увеличилось число семян сорняков (более чем в 1,5 раза) в щели, образующейся после прохода щелевателя, особенно в средней и нижней частях склона крутизной 4 и 8° (до 334,5 и 337,8 млн/га). Это связано с лучшей водопроницаемостью почвы и внутрипочвенным стоком талых вод в данном варианте.

Максимальную урожайность овса показал вариант обычная вспашка + щелевание, при N₉₀P₉₀K₉₀ и крутизне 8°, минимальный показатель по урожайности отмечен в вариантах с минимальной и обычной обработками при N₆₀P₆₀K₆₀ и склоне крутизной 8°. Урожайность была наиболее высокой в варианте обычная вспашка + щелевание при N₉₀P₉₀K₉₀.

Максимальная урожайность зерна овса и ячменя по всем вариантам противоэрозионных обработок почвы получена при внесении N₉₀P₉₀K₉₀: прибавки урожая овса колебались от 1,7 до 7,3; ячменя – от 3,7 до 6,0 ц/га.

Урожайность многолетних трав 1-го года пользования в условиях 2019 г. значительно не различалась по вариантам противоэрозионных обработок почвы. Стоит отметить небольшое увеличение урожайности по вариантам обычная вспашка + щелевание с минимальной обработкой при крутизне склона 4°. Иная картина отмечена во 2-й год пользования в условиях 2020 г., урожайность зеленой массы многолетних трав в варианте обычная вспашка + щелевание получена меньше, чем в других вариантах.

Таблица 4

УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР, Ц/ГА
(СРЕДНЕЕ ЗА 2017–2021 ГГ.)

Вариант обработки почвы	Овес		Ячмень		Многолетние травы				Озимая пшеница	
	4°	8°	4°	8°	1-го года посева		2-го года посева		4°	8°
					4°	8°	4°	8°		
Обычная (контроль)	28	26,8	25,9	26,3	92,7	85	73,3	62,9	39,9	40,9
	29,7	31,9	31,9	30,1	97,3	96,1	73,2	62,2	40,9	42,2
То же + щелевание	28	26,8	31,3	30,1	93,1	86,6	70,9	55,4	40,1	41,4
	29,7	31,9	36,9	35	99,9	95,5	71,8	61,7	40,9	42,7
Минимальная	28,6	26,2	28,9	28,7	94	86,9	75,9	59,3	40,5	42,4
	30,5	33,5	32,9	31,7	98,9	94,3	78,2	61,1	41,4	43,9
НСР ₀₅ , по фактору А, ц/га	3,32	3,12	2,81	2,64	9,1	8,5	8,94	7,83	1,22	0,94
НСР ₀₅ , по фактору Б, ц/га	2,82	2,43	1,53	1,41	6,9	5,6	5,47	4,24	0,50	0,37

В условиях 2021 г. противоэрозионные обработки не оказали существенного влияния на урожай зерна озимой пшеницы. Увеличение урожайности в варианте с минимальной обработкой на 1,5–1,7 ц/га по сравнению с ее уровнем в варианте с обычной вспашкой объясняется дополнительным проведением чизелевания на глубину 38–40 см в этом варианте (усиление почвозащитной роли минимальной обработки) при подъеме пласта многолетних трав 2-го года пользования.

Незначительную эффективность внесения $N_{90}P_{90}K_{90}$ в сравнении с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ можно объяснить полеганием озимой пшеницы. Малый эффект обычной вспашки с щелеванием связан с гибелью части растений из-за разрыва корневой системы, вызванного проведением щелевания по всходам при промерзании почвы на 3–5 см. Эффективность минеральных удобрений в посевах многолетних трав, особенно 2-го года пользования, и озимой пшеницы заметно ниже их эффективности при возделывании яровых зерновых культур – овса и ячменя.

ВЫВОДЫ

Применение обычной вспашки с щелеванием несколько снизило засоренность многолетними сорняками посевов овса. При возделывании ячменя с подсевом многолетних трав заметно возросли количество многолетних сорняков и их сухая масса, особенно в варианте с минимальной обработкой.

Выращивание многолетних трав резко снизило общую засоренность, но при этом увеличилась доля многолетних сорняков, особенно по обычной и минимальной обработкам. Засоренность почвы семенами сорняков после полной ротации зернотравяного севооборота во всех изучаемых вариантах обработок заметно снизилась по сравнению с исходной.

Щелевание на глубину 40–50 см способствует переносу с внутрипочвенным стоком значительной части семян сорных растений с поверхности поля в нижележащие горизонты.

При крутизне склона 8° засоренность культур севооборота в аналогичных вариантах была ниже, чем при крутизне склона 4° . С увеличением норм удобрений возрастала засоренность посевов зернотравяного севооборота, особенно по минимальной обработке склона 4° .

ЛИТЕРАТУРА

1. Баламирзоев М.А., Мирзоев Э., Аджиев А.М. и др. Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования. Махачкала: Дагестанское книжное издательство, 2008. 335 с.
2. Джапаров Б.А., Халилов М.Б., Гимбатов А.Ш. Эффективные приемы предпосевной подготовки почвы под озимую пшеницу в предгорной зоне Дагестана // Проблемы развития АПК региона. 2014. № 1(17). С. 2–5.
3. Васильев С.А., Васильев А.А., Затылков Н.И. Противоэрозионная контурная обработка почвы машинно-тракторными агрегатами на агроландшафтах склоновых земель // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5. С. 43–51.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Керимов Я.Г. Изменение агрохимических результатов плодородия и смыва поверхности при различных противоэрозионных обработках // Плодородие. 2012. № 2. С. 18–19.
6. Магомедов Н.Н. Продуктивность озимой твердой пшеницы на лугово-каштановых почвах Терско-Сулакской подпровинции Дагестана // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 1(9). С. 44–48.

7. Малкандуев Х.А., Тутукова Д.А. Урожайность и качество зерна новых сортов озимой пшеницы в зависимости от агротехники // Земледелие. 2011. № 4. С. 45–46.

8. Омариев Ш.Ш. Система основной обработки почвы на эрозионно-опасных землях // Развитие научного наследия великого ученого на современном этапе: сборник международной научно-практической конференции, Дагестанский государственный аграрный университет. Махачкала, 2021. С. 152–155.

9. Magomedova Z.I., Musaev M.R., Magomedova A.A. [et al.] Improving the fertility of the salted lands of the western caspian region by cultivating sorghum crops // EurAsian Journal of BioSciences. 2020. Vol. 14. No 1. Pp. 191–194.

10. Магомедов Н.Р., Омариев Ш.Ш., Омаров А.М. и др. Продуктивность люцерны в зависимости от приемов обработки лугово-каштановой почвы в условиях орошения // Известия Дагестанского ГАУ. 2019. № 3(3). С. 107–110.

Информация об авторах

Мусаев Магомед Расулович, д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой землеустройства и кадастров, Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова;

367032, Россия, Махачкала, ул. М. Гаджиева, 180;

musaev5858@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3170-2086>

Омариев Шамиль Шамхалович, канд. с.-х. наук, доц., Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова;

367032, Россия, Махачкала, ул. М. Гаджиева, 180;

kizzz@list.ru; Abdulajudo001@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9428-6465>

Курамагомедов Абдулла Умаханович, канд. с.-х. наук, доц., Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова;

367032, Россия, Махачкала, ул. М. Гаджиева, 180;

Магомедова Аминат Ахмедовна, канд. с.-х. наук, доц., Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова;

367032, Россия, Махачкала, ул. М. Гаджиева, 180;

daggau_aminat@mail.ru

Мусаева Зарема Магомедовна, канд. с.-х. наук, доц., Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова;

367032, Россия, Махачкала, ул. М. Гаджиева, 180;

zareмка_76@mail.ru

REFERENCES

1. Balamirzoev M.A., Mirzoev E., Adzhiev A.M. et al. *Pochvy Dagestana. Ekologicheskie aspekty ih racional'nogo ispol'zovaniya* [Soils of Dagestan. Ecological aspects of their rational use]. Makhachkala: Dagestanskoe knizhnoe izdatel'stvo [Dagestan Book Publishing House], 2008. 335 p. (In Russian)

2. Dzhaparov BA., Khalilov M.B., Gimbatov A.Sh. Effective methods of pre-sowing soil preparation for winter wheat in the foothill zone of Dagestan. *Problemy razvitiya APK regiona* [Problems of development of the agro-industrial complex of the region]. 2014. No. 1(17). Pp. 2–5. (In Russian)

3. Vasiliev S.A., Vasiliev A.A., Zatytkov N.I. Anti-erosion soil contouring with machine-tractor units on agrolandscapes of sloping lands. *Vestnik NGIEI* [Bulletin of NSEEI –Nizhni Novgorod State Engineering-Economic Institute]. 2018. No. 5. Pp. 43–51. (In Russian)

4. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experiment]. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian)

5. Kerimov Ya.G. Changes in agrochemical results of fertility and surface washout during various anti-erosion treatments. *Plodorodie*. [Fertility] 2012. No. 2. Pp. 18–19. (In Russian)
6. Magomedov N.N. Productivity of winter durum wheat on meadow-chestnut soils of the Tersko-Sulak provincial province of Dagestan. *Problemy razvitiya APK regiona* [Problems of development of the agro-industrial complex of the region]. 2012. No. 1(9). P. 44–48. (In Russian)
7. Malkanduev Kh.A., Tutukova D.A. Yield and quality of grain of new varieties of winter wheat depending on agricultural technology. *Zemledelie* [Agriculture]. 2011. No. 4. Pp. 45–46. (In Russian)
8. Omariyev Sh.Sh. The system of basic tillage on erosion-hazardous lands. *Razvitie nauchnogo naslediya velikogo uchyonogo na sovremennom etape: sbornik mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Development of the scientific heritage of the great scientist at the present stage: Proceedings of the international scientific and practical conference]. Dagestanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet [Dagestan State Agrarian University]. Mahachkala, 2021. Pp. 152–155. (In Russian)
9. Magomedova Z.I., Musaev M.R., Magomedova A.A. [et al.] Improving the fertility of the salted lands of the western Caspian region by cultivating sorghum crops. *EurAsian Journal of BioSciences*. 2020. Vol. 14. No 1. Pp. 191–194.
10. Magomedov N.R., Omariev Sh.Sh., Omarov A.M. Alfalfa productivity depending on the methods of processing meadow-chestnut soil under irrigation conditions. *Izvestiya Dagestanskogo GAU* [Dagestan State Agricultural University Proceedings]. 2019. No. 3(3). Pp. 107–110. (In Russian)

Original article

THE INFLUENCE OF VARIOUS METHODS OF TILLAGE ON THE WEEDINESS AND YIELD OF CROP ROTATION CROPS

M.R. MUSAEV, Sh. Sh. OMARIEV, A.U. KURAMAGOMEDOV,
A.A. MAGOMEDOVA, Z.M. MUSAEVA

Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov
367032, Russia, Makhachkala, 180 M. Gadzhiev street

Abstract. The article presents the results of field experience for 2017–2021 on the study of various methods of tillage, fertilizer rates and slope steepness on the yield of agricultural crops cultivated on the slope lands of foothill Dagestan. As a result, the following is established: the maximum grain yield of oats and barley for all variants of anti-erosion soil treatments was obtained by applying $N_{90}P_{90}K_{90}$; oat yield increases ranged from 1.7 to 7.3; barley – from 3.7 to 6.0 kg/ha. Crevice to a depth of 40–50 cm contributes to the transfer of a significant part of weed seeds from the field surface to the underlying horizons with intra-soil runoff. At the steepness of the slope 8° , the contamination of crop rotation crops in similar variants was lower than at the steepness of the slope 4° . With an increase in fertilizer rates, the contamination of grain-grass crop rotation crops increased, especially with minimal processing of the slope 4° . It showed that peeling with chiseling to a depth of 38–40 cm before sowing winter wheat is the most effective.

Keywords: tillage, fertilizers, winter wheat, oats, barley, perennial grasses, erosion, weed vegetation, yield

The article was submitted 11.04.2022

Accepted for publication 15.04.2022

For citation. Musaev M.R., Omariev Sh.Sh., Kuramagomedov A.U., Magomedova A.A., Musaeva Z.M. The influence of various methods of tillage on the weediness and yield of crop rotation crops. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2022. No. 2 (106). Pp. 118–126. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-118-126

Information about the authors

Musaev Magomed Rasulovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Land Management and Cadastre, Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov;

367032, Russia, Makhachkala, 180 M. Gadzhieva street;

musaev5858@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3170-2086>

Omariev Shamil Shamkhalovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov;

367032, Russia, Makhachkala, 180 M. Gadzhieva street;

kizzz@list.ru; Abdulajudo001@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9428-6465>

Kuramagomedov Abdulla Umakhanovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov;

367032, Russia, Makhachkala, 180 M. Gadzhieva street;

Magomedova Aminat Akhmedovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov;

367032, Russia, Makhachkala, 180 M. Gadzhieva street;

daggau_aminat@mail.ru

Musaeva Zarema Magomedovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov;

367032, Russia, Makhachkala, 180 M. Gadzhieva street;

zaremska_76@mail.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЫ ВНУТРИ ТУРИСТСКОЙ ДЕСТИНАЦИИ: ИНФОРМАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

О.А. ЗЕЛЕНСКАЯ, А.М. САРАЛИДЗЕ

Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
600000, Россия, г. Владимир, ул. Горького, 87

Аннотация. На основе теоретического обобщения и ситуационного анализа в работе раскрывается смысл институционального подхода к проблеме использования современных форм взаимодействия крупного и малого бизнеса в туризме. Выделены преимущества управления развитием предпринимательской сетевой структуры с использованием информационно-экономического инструментария. Авторами сделана попытка дополнить теоретические основы проектирования экономического пространства предпринимательской сетевой структуры в пределах туристской дестинации.

Ключевые слова: дестинация, информационные потоки, франчайзинг, предпринимательская сетевая структура, техноценоз, управление, туризм

Статья поступила в редакцию 11.04.2022

Принята к публикации 16.04.2022

Для цитирования. Зеленская О.А., Саралидзе А.М. Проектирование информационного пространства предпринимательской сетевой структуры внутри туристской дестинации: информационно-экономический аспект // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 127–138. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-127-138

ВВЕДЕНИЕ

Состояние туристической отрасли и спад ее деятельности в целом принимают угрожающие масштабы для экономики регионов. Определение эффективных направлений развития туристских дестинаций в современных экономических условиях обуславливает необходимость обращения к институциональным основам инструментальных средств управления развитием экономики региона, а также осмысления и обновления существующих подходов к теории и практике управления экономическими агентами малых форм собственности в туризме. Смысл институционального подхода состоит в том, чтобы не ограничиваться анализом экономических категорий и процессов в чистом виде, а расширить область исследования, включая институты, вовлекающие внеэкономические факторы, влияющие на организационные процессы при проектировании экономического пространства дестинации.

Центральной практической проблемой является поиск эффективной модели управления предприятиями, занятыми в туристическом бизнесе, путем объединения в предпринима-

тельские сетевые структуры, при том, что понятие «сети» не ограничивается какой-либо организационной или правовой формой. Именно предпринимательская сетевая интеграция, все чаще встречающаяся в современной экономике, и является перспективным направлением развития сетевых образований. Предпринимательская сетевая структура является наиболее широкой категорией, чем существующие понятия сетевых образований, так как в ней наряду с экономическими и производственными могут быть представлены и другие интересы (научные, социальные и т. д.).

На сегодняшний день внутренний туризм является самым доступным видом туризма в России. По сравнению с 2019 г. его популярность выросла почти в 5 раз, а по данным сервиса «Яндекс. Путешествия», количество запросов на внутренние туры в июне 2021 г. составило больше 80 % от их общего числа. Популярными направлениями остаются традиционно города: Москва, Санкт-Петербург, Владимир, Сочи, Анапа.

Наиболее объективной представляется оценка Минкультуры России рынка развития туризма в субъектах Российской Федерации, которая представляет собой рейтинг среди 85 регионов страны. Для более полной оценки деятельности регионов в сфере туризма в оценочные критерии были включены важные показатели, такие как:

- состояние туристской региональной инфраструктуры;
- обеспеченность средствами размещения туристов;
- эффективность управления предприятий туристской отрасли;
- экономические механизмы стимулирования процесса развития туризма в регионе;
- механизмы и направления привлечения инвестиций;
- количество успешно реализованных инвестиционных проектов;
- развитие транспортной инфраструктуры;
- способы продвижения региональных туристских продуктов;
- наличие в регионе туристских информационных центров;
- участие региона в российских и международных выставках;
- результаты маркетинговых мероприятий в направлении разработки и продвижения туристских брендов, турпродуктов и др.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Особенно интересным представляется мнение, которое позволяет использовать формализованные методы, а именно метод пространства параметров, в процессе проектирования предпринимательской сетевой структуры разного рода, в том числе и внутри туристской дестинации. Такой инструмент вполне применим для формирования экономически обоснованных управленческих решений при определении границ системы хозяйственных образований.

Согласно тексту «Программы развития туризма во Владимирской области» необходимо отметить факторы, препятствующие улучшению целевых показателей:

- отсутствие адекватной логистики с привязкой к туристической инфраструктуре региона;
- отсутствие туров длительного пребывания туристов в регионе;
- слабая диверсификация туров;
- нехватка квалифицированного персонала;
- отсутствие единого туристического бренда Владимирской области;
- слабая конкурентоспособность относительно регионов-соседей;
- отсутствие федеральных и региональных финансово-механических инвестиционных проектов;

- отсутствие единого реестра объектов туристской индустрии, историко-культурного наследия, паспортизации маршрутов.

Владимирская область, по данным рейтинга, занимает 29-е место с относительно высоким показателем развития туризма в области – 56,4 (табл. 1).

Таблица 1

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ И ПРОГНОЗНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ
«РАЗВИТИЕ ТУРИЗМА ВО ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ»

Наименование целевого показателя	Ед.	2019 прошедший	2020 прошедший	2021 базовый	2022	2023	2024	2025
1. Турпоток	тыс. чел.	4196,942	2098,471	4460,73	4616,64	4826,48	5036,34	5330,11
2. Объём платных услуг (оказываемых туристическими организациями)	млн руб.	2927,2	1463,6	3132,1	3219,92	3368,28	3512,64	3717,54

К наиболее специфичным факторам по отношению к исследуемой дестинации можно отнести: отсутствие маркетинга территории, недостаток включения в туры объектов культуры, плохое состояние дорог, отсутствие системы проведения информационно-рекламных туров и мероприятий.

Мониторинг туристического рынка Владимирской области показал, что большинство предприятий сферы туризма работают в качестве турагента. Далее были проанализированы основные показатели эффективности деятельности турфирм, полученные по результатам анкетирования 100 руководителей туристических предприятий.

Согласно представленным данным более 50 % турфирм обслуживают турпоток в пределах до 3000 человек в год.

На туристском рынке Владимирской области достаточно высок уровень конкуренции при ограниченном предложении видов туризма. Некоторые ниши, со специальными видами туризма, а именно: спортивный туризм, образовательный, инклюзивный, аграрный, экстремальный, деловой и др. – представлены очень слабо либо вообще не представлены. Этот сегмент рынка является не занятым, что нужно учитывать малым предприятиям при входе на туристский рынок Владимирской области. При этом есть основания утверждать, что в перечне услуг турфирм нет предложений специализированных туров, ориентированных на определенные возрастные группы.

В поиске возможностей приблизиться к решению актуальной проблемы обеспечения финансирования туризма как реального сектора региональной экономики Владимирской области в компетентных кругах региона складывается неоднозначное отношение к повсеместной формализации системы многофункциональных контрактов, которая способна повысить отдачу самофинансирования как основного и единственного из доступных и активно используемых источников эффективного развития малых туристических предприятий.

При этом в условиях более полного использования дестинаций как экономического сектора Владимирской области наметилась тенденция эффективного развития регионального туристического рынка. Представляется целесообразным приоритетной задачей его адекватной институционализации определить создание институциональной основы для замены источников экономического роста внешнего происхождения компонентами внутреннего рынка. Такое фундаментальное преобразование инструментов управления про-

цессами саморазвития и адаптации к сложившимся условиям хозяйствования в значительной мере направлено в первую очередь на укрепление таких экономических институтов, которые способны уменьшить влияние негативных факторов на целевые показатели в целом, а также систематизировать и активизировать взаимодействие крупного и малого бизнеса в туризме региона.

В контексте нашего исследования необходимо отметить, что в настоящее время в исследуемом регионе сформировалась четкая картина отраслевого распределения взаимодействия крупного и малого бизнеса (рис. 1).

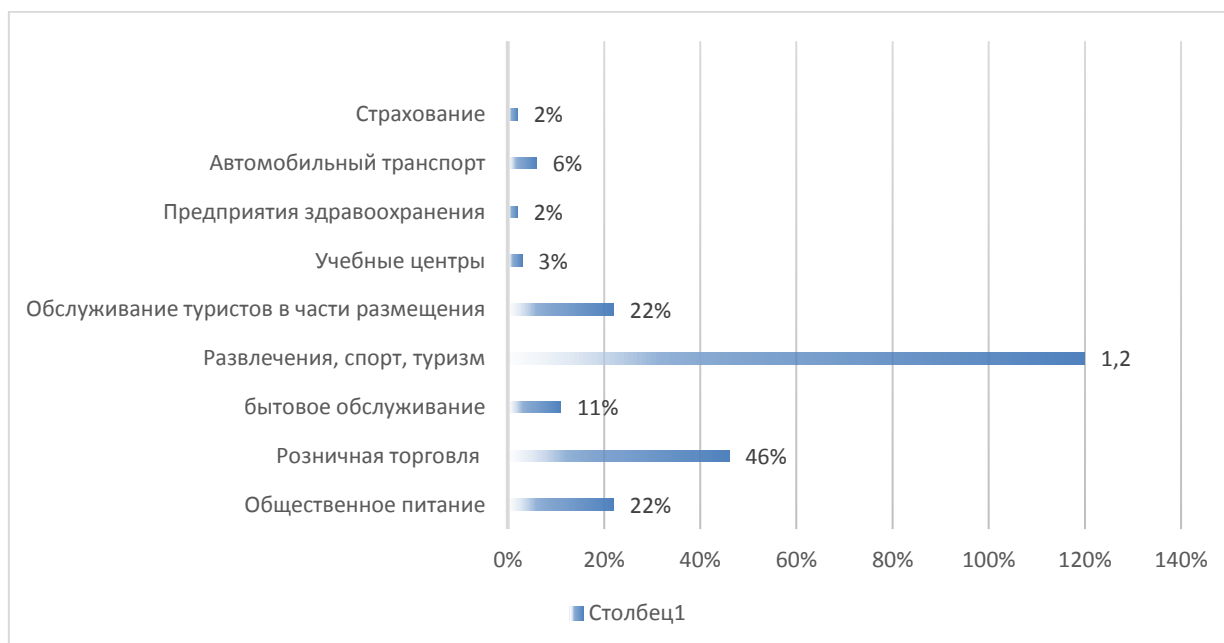


Рис. 1. Распределение взаимодействия крупного и малого бизнеса по видам бизнеса во Владимирской области

Примечательно то, что особенностью экономической деятельности предприятий малых форм собственности в целом, занятых в туристической отрасли в частности, является их высокая адаптивная способность, т.е. наличие экономической возможности как быстро реагировать на внутренние организационные изменения, так и приспособляться к динамично развивающимся условиям внешней среды. Уместно также говорить о наличии для таких предприятий лучших возможностей реализации потенциала в области стратегического планирования и экспериментального внедрения инноваций.

Для экономических агентов – представителей крупного бизнеса в туризме подобные изменения экономических условий неприемлемы, поскольку влекут за собой серьезные финансовые вложения, не исключая потери.

Являясь неотъемлемой составляющей региональной экономики Владимирской области, предприятия малых форм собственности, занятые в туристской индустрии, берут на себя некоторые специфичные функции, определяющие экономические особенности ведения бизнеса в исследуемой дестинации. Именно такие предприятия находятся на поверхности исследований как инфраструктурного обеспечения туристических потоков, так и направлений их увеличения, и способны повлиять в целом на результат факторного анализа взаимодействия крупного и малого бизнеса в туризме (табл. 2).

Таблица 2

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯВШИЕ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРУПНОГО И МАЛОГО БИЗНЕСА В ТУРИЗМЕ
(СОСТАВЛЕНО АВТОРАМИ НА ОСНОВЕ [1])**

Виды факторов	Препятствующие факторы	Способствующие факторы
Экономико-технологические факторы	Недостаток ресурсов (кадры, финансы, сырье) для достижения оптимального уровня взаимодействия	- наличие ресурсной базы; - наличие прогрессивных технологий; - хорошая устойчивость к внешним и внутренним изменениям; - возможность внедрения инноваций
Политико-правовые факторы	- отсутствие законодательного регулирования; - политическая нестабильность в регионе	- сформировавшийся управленческий аппарат; - наличие нормативно-правовой базы
Организационно-управленческие факторы	- бюрократия; - отсутствие бизнес-стратегии развития; - нарушение управленческого взаимодействия в организационной структуре	- гибкость организационной структуры; - демократический стиль управления; - наличие предпринимательской бизнес-стратегии; - обмен информацией в структуре управления
Социально-психологические факторы	- сопротивление изменениям; - доминирование личных интересов над интересами общества и государства; - частая смена власти	- общественное признание; - устойчивый предпринимательский климат; - признание действующей власти

Среди форм взаимодействия малого, среднего и крупного бизнеса основное распространение получили лизинг, франчайзинг, аутсорсинг, венчурные компании, ассоциированные компании. При этом франчайзинг стал новым экономическим явлением для российского туристического бизнеса. Такая форма сотрудничества в туризме повлияла на институциональные основы туристских предприятий, породила новые способы и экономические механизмы образования предприятий малых форм собственности, занятых в данной отрасли.

Еще недавно значительная часть туристских предприятий малых форм собственности (порядка 30%) была образована в результате реорганизации крупных организаций путем их разделения на несколько экономических агентов, что означало, по сути, перетекание средств из крупного бизнеса в малый бизнес.

Вторая группа туристских предприятий малых форм собственности была образована на принципах автономии как аффилированные элементы головной организации, и такая форма сотрудничества была направлена на решение одной задачи – повышение эффективности деятельности головного предприятия.

Третья группа малых предприятий была преобразована в сеть при крупном объединении или организации. Этим путем прошло большинство предприятий туристской индустрии, и на них мы намерены заострить внимание. Именно предпринимательская сетевая интеграция, все чаще встречающаяся в современной экономике предпринимательства, в том числе и в региональном аспекте развития туристских дестинаций, является институциональной основой процесса эффективного развития туристских

территорий, начиная от стадии предпринимательской инициативы до мощного производственного процесса.

Неоднозначное отношение исследователей к проблеме образования предпринимательских сетевых структур, сложившееся сегодня в научных кругах, требует углубленной проработки существующих институциональных подходов к этому экономическому явлению. Следует отметить, что в рамках указанного направления исследований с проекцией на развитие туристских дестинаций яснее представить процесс можно, агрегируя проблемы в три основных блока:

- анализ потенциальных кризисных ситуаций;
- оценка потенциала возможностей и влияние противодействий;
- разработка стратегии.

Предпринимательскую сетевую структуру в индустрии туризма можно идентифицировать как группу предприятий – участников процесса обслуживания туристов согласно сформированному турпакету, которые могут относиться к различным отраслевым рынкам, но объединяться для эффективного использования специфических преимуществ и ресурсов для совместной реализации предпринимательских инициатив, используя преимущественно горизонтальные связи, но не исключая вертикальных взаимодействий. Такое экономическое образование может объединить совокупность сетевых партнеров, имеющих единую предпринимательскую стратегию, а также единую цель, четкую внутреннюю структуру, высокую степень информационной взаимосвязи.

Для совершенствования инструментария управления развитием туристских территорий необходимо разработать методологию управления процессом эффективного развития предпринимательских структур как теоретически обоснованную систему интеграции производственных, инновационных, исследовательских институтов с другими участниками рынка, включая государство. Наиболее эффективным способом решения этой актуальной проблемы является управление самим процессом формирования эффективно развивающихся предпринимательских структур как консолидированных групп, созданных на основе общности экономических и иных интересов.

Для повышения обоснованности управленческих решений менеджмент ставит перед собой сложную задачу, которая заключается в управлении негативными процессами и придании им определенной направленности путем воздействия на неустойчивость через точки устойчивости (стабильности), а не путем подавления или воздействия на саму неустойчивость.

Абстрактную модель движения к устойчивому развитию туристских дестинаций можно представить схематически (рис. 2).

В современных условиях развития туристического бизнеса, кроме распространенных форм взаимодействия, стали появляться специфические формы их организации: мультипрофильные корпорации, ассоциируемый туризм, франчайзинг. Чтобы предприятие отрасли туризма малой формы собственности успешно развивалось, а крупный бизнес являлся «мощным экономическим фундаментом», необходимо их системное взаимодействие между собой посредством применения современных форм и методов, с образованием экономических систем нового типа – сетевых структур.

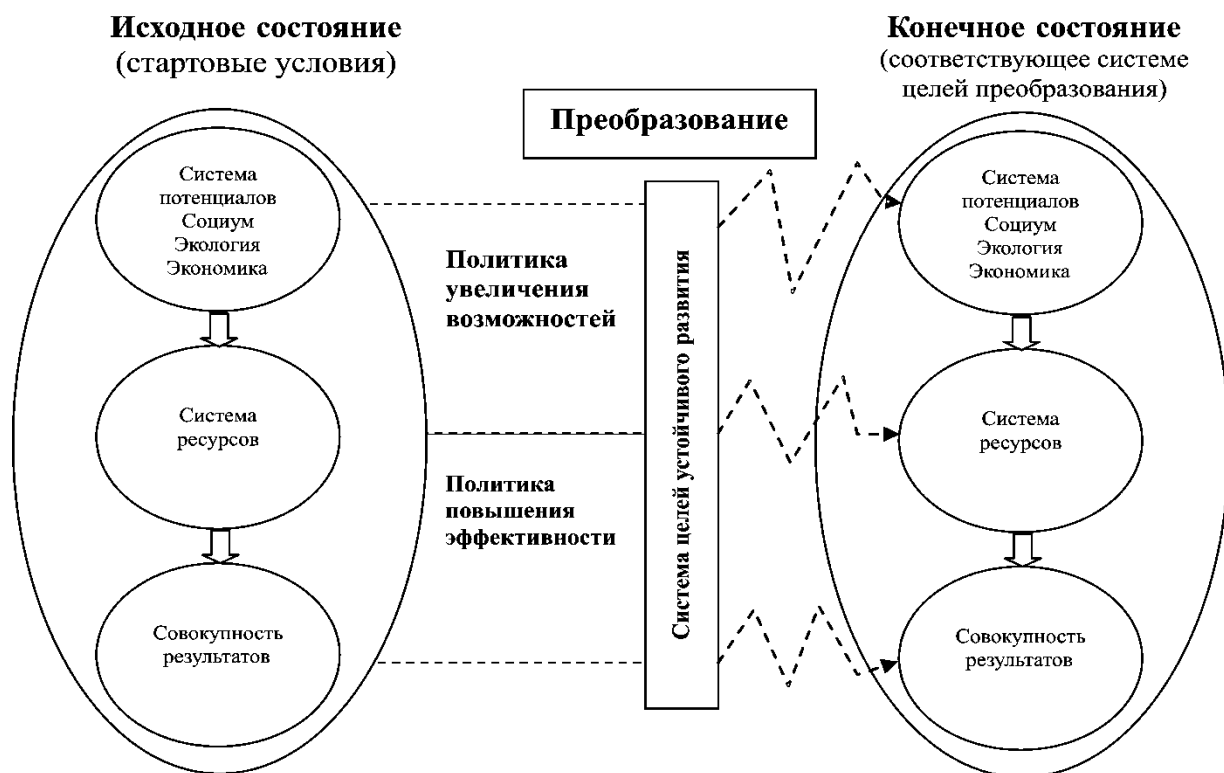


Рис. 2. Примерная модель абстрактного представления об устойчивом развитии туристской дестинации (составлено авторами на основе [2])

Резюмируя итоги исследования, связанные с условиями эффективного развития предпринимательских сетевых структур, необходимо учитывать наличие институциональных рутин и прежде всего по совместному пользованию неисчерпаемого и легко тиражируемого ресурса – информации, обеспечивающего взаимный положительный эффект, а также трудовых, инвестиционных и поисковых рутин, определяющих экономическое окружение туристского предприятия (макросреда и микросреда), и целевую аудиторию реализации услуг.

По нашему мнению, франчайзинговая система экономических отношений (рис. 3) между представителями крупного и малого бизнеса в туризме обладает целым рядом преимуществ в сложившихся условиях ведения бизнеса:

- для предприятий малых форм собственности в туристской индустрии франчайзинг предопределяет кратчайший путь к образованию и устойчивому развитию бизнеса на принципах организации «готового дела»;
- такие предприятия обладают повышенной адаптивной способностью и экономической устойчивостью, опираясь на информационные и финансовые ресурсы представителей крупного бизнеса;
- в рамках туристской дестинации появляется возможность создания единой региональной или межрегиональной сети туристических предприятий, преследующих одну цель;
- максимальное удовлетворение потребности турпотока в основных и сопутствующих услугах;
- франчайзеру такая форма взаимодействия дает возможность быстрого расширения, то есть устойчивого развития.

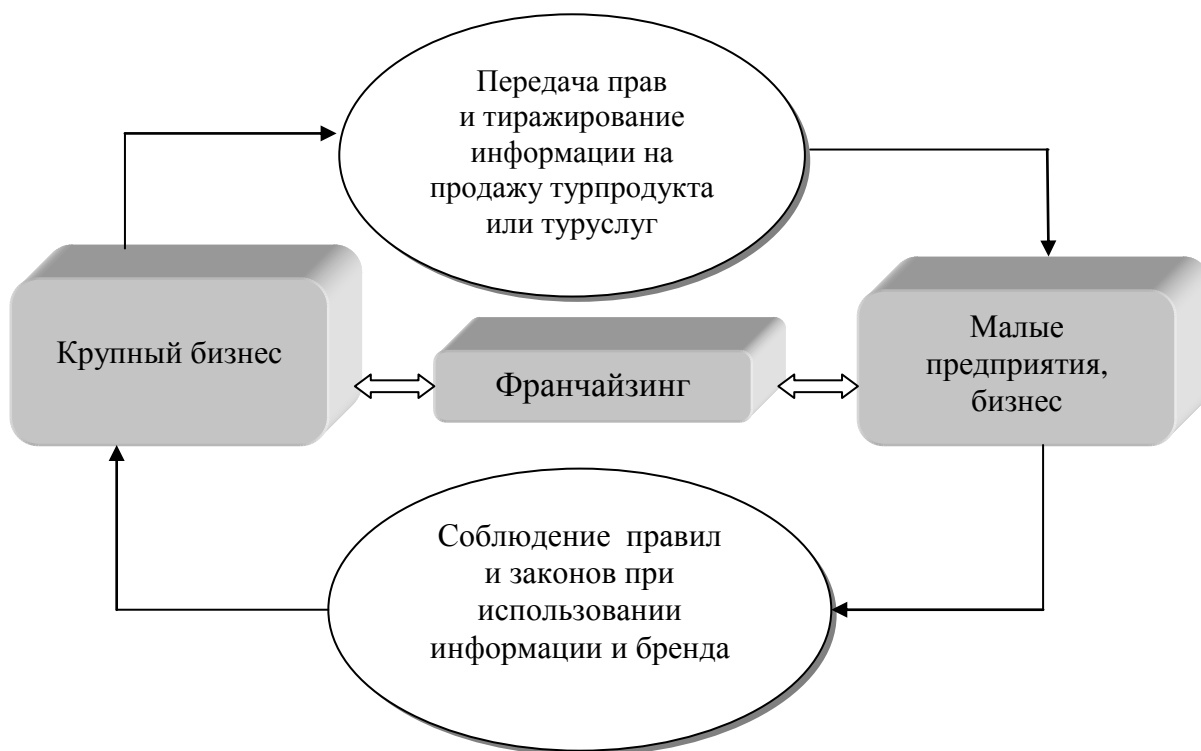


Рис. 3. Схема взаимодействия крупного и малого бизнеса в туризме по системе франчайзинга

Таким образом, франчайзинг представляет собой наиболее благоприятную форму сетевого структурного взаимодействия как для действующих, так и для начинающих предпринимателей туристской отрасли. Примечательно то, что в нашей стране такой способ организации бизнеса вошел в практику лишь в 1993 году. С 1995 по 1999 год, в течение первых четырех лет существования франчайзинга в России, на ее территории возникли 42 экономических агента, использующих в своем бизнесе франчайзинговые системы, то есть в среднем по 10 организаций каждый год переходили на такие условия ведения бизнеса. С 2000 по 2001 год количество франшиз почти удвоилось, а только за один 2002 год появилось 29 новых франшиз.

В настоящее время больше половины российских франчайзинговых систем можно отнести к «небольшим» (по классификации журнала Economist к таковым относятся системы менее чем с 30 франчайзинговыми пакетами). 28% франшиз принадлежат крупным предприятиям, насчитывающим более 100 пакетов.

Ведущие ученые-экономисты в работах по проектированию систем управления [3] в качестве основополагающей рассматривают концепцию, основанную на том, что структура любой экономической системы определяется совокупностью технологических структур, которые задают состав элементов, формирующих структуру системы, и образующиеся между ними связи при выполнении поставленных целей. На наш взгляд, в сложившихся экономических условиях ведения бизнеса в туризме существующая некая декомпозиция действий, связанная с использованием потенциала региона и отдельных экономических агентов, требует построения четкой логической схемы последовательности целей, наилучшим образом организующей процесс проектирования. Опираясь на вышеописанные факторы, способные ока-

зять влияние на эффективность взаимодействия предприятий в составе сетевой структуры в процессе описания методологии, можно сформулировать основные задачи проектирования предпринимательской сетевой структуры.

1. Построение такой схемы можно считать первой задачей методологии проектирования предпринимательской сетевой структуры организаций, занятых в сфере обслуживания туристических потоков.

2. Стремление к широкому использованию информационных технологий требует формализации процедур, а это в свою очередь – экономико-математической модели как процесса, так и объекта проектирования. Разработка таких моделей составляет вторую задачу методологии.

3. Методы и алгоритмы выполнения проектных процедур и операций – это третья задача методологии проектирования предпринимательской сетевой структуры.

Исходным пунктом формирования предпринимательской сетевой структуры на основе франчайзинга является проектирование его информационного пространства. Многообразие туристических услуг, в том числе и в рамках одного турпакета, предлагаемого туристу в пределах дестинации, обуславливает разнообразие информационных потоков в «цепочке» взаимодействия сетевой предпринимательской структуры. Для организации-франчайзера, предлагающей предприятию-франчайзи взаимодействие, необходимо понимать, по каким признакам и на основе общности каких интересов будет основано сотрудничество и сформирован пакет. Следовательно, можно классифицировать потоки по различным свойствам, выражающим экономическую сущность информации и ее влияние на эффективное развитие предпринимательской сетевой структуры, а именно:

- выделить информационные потоки в зависимости от их физической сущности на вещественные или энергетические;
- определить интенсивность потоков вещества и энергии внутри предпринимательской сетевой структуры;
- разделить потоки по характеру информационных связей;
- ранжировать потоки в соответствии с пропускной способности каналов связи;
- рассчитать реальную величину потока информации.

Процесс проектирования предпринимательской сетевой структуры наглядно можно представить:

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ – множество целей проектирования;

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – множество признаков проектируемой структуры;

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ – множество структурных решений;

$V = \{v_1, v_2, \dots, v_l\}$ – множество оценок параметров.

Далее строим функцию проектирования:

$$F : (\psi \circ \varphi(A_0)) \rightarrow V, \quad (1)$$

где φ – отношение бинарного типа между подмножествами A и P ;

ψ – отношение бинарного типа между составляющими элементами множеств P и X ($\varphi \subset (A \times P)$; $\psi \subset (P \times X)$; $A_0 \subseteq A$).

Выражение (1) в этом случае можно рассматривать как целевую функцию проектирования при заданных исходных параметрах [4].

Такая концепция основывается на предположении об однозначности связей целей проектирования $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ с соответствующими признаками $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, что в полной мере соответствует условиям определенности и стабильности «пакетов» франчайзинга входящих в структуру.

По своим свойствам, таким как эволюционность устойчивого развития; внедрение системных инноваций; сохранение результатов модернизационных процессов; преемственность структурного развития – множества производственных систем, составляющих предпринимательскую сетевую структуру, можно отнести к техноценозу, развивающемуся в масштабах туристской дестинации. Не вызывает сомнения тот факт, что этим процессом нужно управлять, причем, техноценоз не поддается общеизвестным методам управления, а зарождается, живет и развивается в соответствии со своими внутренними закономерностями и требует особого подхода к управлению. Попытки раскрыть суть эффективного управления техноценозом внутри туристской дестинации пересекаются в точке управления ресурсами, направленными на обеспечение конкретного процесса (в нашем случае – реализация услуги) с целью получения максимального экономического эффекта.

Институциональное значение франчайзинга и его достоинства в процессе управления техноценозом предпринимательской сетевой структуры туристской индустрии переоценить сложно, но можно утверждать, что он:

- способствует повышению общего уровня экономической культуры предпринимательских отношений в туризме;
- сепарирует новые идеи, методы и технологии в туристской деятельности;
- дает возможность привлечения в экономику иностранных инвестиций.

Однако мы не можем умолчать об одном существенном недостатке применения системы франчайзинга в туризме, по причине которого франчайзинговые сделки приходится считать асимметричными, – это соблюдение условий франчайзера, согласно которым предпринимательская инициатива франчайзи ограничивается и не используется в полной мере активностью предпринимателя. Возникает необходимость дальнейшей проработки механизмов управления взаимоотношениями контрагентов, которые позволяли бы отрегулировать предпринимательскую деятельность предприятия, использующего франшизу.

Выводы

В качестве выводов нашего исследования можно отметить:

- крупные игроки рынка туристических услуг при разработке стратегий развития стремятся к расширению зоны влияния в данном сегменте рынка как путем инвестирования собственных средств, так и за счет привлечения капитала предприятий малых форм собственности. При этом туристические малые предприятия, используя хорошую репутацию и престижный бренд, начинают свою предпринимательскую деятельность, экономя при этом на продвижении товара или услуги на рынке;

- в процессе формирования предпринимательских связей между участниками сетевых образований принимают участие множество признаков, являющихся в том числе и сдерживающими факторами на пути разработки единого методологического подхода к формированию самой сетевой структуры, а существующие взгляды на этот процесс полны сомнений и в первую очередь в том, что организационная структура сетевого образования такого рода находится в прямой зависимости от устойчивости развития бизнес-процессов, организаций, входящих в структуру и потоки информации;

- проблемой построения системы контрактных отношений и формирования предпринимательской сетевой структуры на основе франчайзинга является расхождение

интересов между представителями крупного и малого бизнеса франчайзера и франчайзи, возникающее на фоне ограниченности ресурсов и информации. Предлагаемый информационный метод проектирования предпринимательской сетевой структуры предполагает обладание франчайзи более полной по сравнению с франчайзером информацией как о деталях порученных ему задач, так и о собственных возможностях их реализации, и обуславливает наименьшие издержки.

Практика развития туристического бизнеса Владимирской области доказала: франчайзинг – это прогрессивный метод организации и эффективного развития экономической системы предпринимательского типа. Это хорошая возможность организовать собственное дело для начинающего предпринимателя и для эффективного взаимодействия активных экономических элементов, связанных прочными информационными потоками, направленными на развитие прочности связей. Главным фактором сохранения темпов устойчивого развития является наличие институциональных рутин по совместному использованию неисчерпаемого и легко тиражируемого ресурса – информации, обеспечивающему взаимный положительный эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колбачев Е.Б. Управление производственными системами на основе совершенствования и развития информационно-экономических ресурсов. Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2003. 496 с.
2. Белый И.И. Современные методы устойчивости производственной системы // Глобализация экономики и российские производственные предприятия: материалы Международной научно-практической конференции, Новочеркасск: ЮРГТУ, 2003. № 2. Ч. 2. С. 51–56.
3. Клейнер Г.Б. Предприятие – упущенное звено в цепи институциональных преобразований в России // Проблемы теории и практики управления. 2002. № 2. С. 22–26.
4. Зеленская О.А. Информационно-экономическое обеспечение деятельности промышленного кластера: монография. Новочеркасск: НОК, 2011. 268 с.

Сведения об авторах:

Зеленская Ольга Александровна, канд. экон. наук, доцент, начальник Управления стратегического партнерства, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых;

600000, Россия, Владимир, ул. Горького, 87;

zelen-vikto@ramler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1463-4480>

Саралидзе Анзор Михайлович, канд. экон. наук, доцент, ректор, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых;

600000, Россия, г. Владимир, ул. Горького, 87;

oid@vlsu.ru

REFERENCES

1. Kolbachev E.B. *Upravleniye proizvodstvennymi sistemami na osnove sovershenstvovaniya i razvitiya informatsionno-ekonomicheskikh resursov* [Management of production systems based on the improvement and development of information and economic resources]. Rostov-n/D: SKNTS VSh, 2003. 496 p.

2. Bely I.I. Modern methods of sustainability of the production system. *Globalizatsiya ekonomiki i rossiyskiye proizvodstvennyye predpriyatiya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-*

prakticheskoy konferentsii [Globalization of the economy and Russian manufacturing enterprises: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Novocherkassk: YuRGTU, 2003. No. 2. Part 2. Pp. 51–56.

3. Kleiner G.B. The enterprise is a missing link in the chain of institutional transformations in Russia. *Problemy teorii i praktiki upravleniya* [Problems of theory and practice of management]. 2002. No. 2. Pp. 22–26.

4. Zelenskaya O.A. *Informatsionno-ekonomicheskoye obespecheniye deyatel'nosti promyshlennogo klastera: monografiya* [Information and economic support of industrial cluster activity: monograph]. Novocherkassk: NOK, 2011. 268 p.

MSC: 91; 93

Original article

DESIGNING THE INFORMATION SPACE OF AN ENTREPRENEURIAL NETWORK STRUCTURE INSIDE A TOURIST DESTINATION: INFORMATION AND ECONOMIC ASPECT

O.A. ZELENSKAYA, A.M. SARALIDZE

Vladimir State University
named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs
600000, Russia, Vladimir, 87 Gorky street

Abstract. On the basis of theoretical generalization and situational analysis, the paper reveals the meaning of the institutional approach to the problem of using modern forms of interaction between large and small businesses in tourism. The advantages of managing the development of an entrepreneurial network structure using information and economic tools are highlighted. The authors made an attempt to supplement the theoretical foundations for designing the economic space of an entrepreneurial network structure within a tourist destination.

Keywords: destination, information flows, franchising, entrepreneurial network structure, technocenosis, management, tourism

The article was submitted 11.04.2022

Accepted for publication 16.04.2022

For citation. Zelenskaya O.A., Saralidze A.M. Designing the information space of an entrepreneurial network structure inside a tourist destination: information and economic aspect. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2022. No. 2 (106). Pp. 127–138. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-127-138

Information about the authors

Zelenskaya Olga Alexandrovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Strategic Partnership, Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs;

600000, Russia, Vladimir, 87 Gorky street;

zelen-vikto@ramler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1463-4480>

Saralidze Anzor Mikhailovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Rector, Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs;

600000, Russia, Vladimir, 87 Gorky street;

oid@vlsu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ИЗ ЭКОНОМИКО-ЛАНДШАФТНЫХ ЗОН ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КБР*

А.О. ГУРТУЕВ, З.З. ИВАНОВ

Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

Аннотация. В статье рассматриваются причины эмиграции из горных территорий Юга России. В современном мире, характеризующемся глобализацией экономических связей и высокой мобильностью труда, большое значение приобретает исследование особенностей межрегиональных миграционных потоков, их влияния на развитие социо-эколого-экономических систем регионов. Актуальность этих проблем повышается для полиэтничных регионов, где наблюдаются как высокая сохранность этнокультурных традиций, так и размывание этноландшафтных границ. Дано авторское определение понятия «горная территория», проанализировано влияние комплекса экзогенных и эндогенных факторов на формирование и развитие экономико-ландшафтных зон горной территории КБР. Проведено экономико-ландшафтное зонирование горных территорий КБР, выделено 4 зоны: западная горная зона, центральная горная зона, нальчикская горная зона, восточная горная зона. Проведен анализ отраслевой структуры валового регионального продукта (ВРП) экономических систем выделенных зон. Оценена эмиграция из экономико-ландшафтных зон горных территорий КБР. Определена теснота связи между долей населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума и уровнем эмиграции.

Ключевые слова: миграция, экономико-ландшафтные зоны, горные территории, структура ВРП, корреляционная связь

Статья поступила в редакцию 11.04.2022

Принята к публикации 16.04.2022

Для цитирования. Гуртуев А.О., Иванов З.З. Исследование миграционных потоков из экономико-ландшафтных зон горных территорий КБР // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 139–146. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-139-146

ВВЕДЕНИЕ

В эпоху глобализации и трансформации жизнедеятельности человека все большего внимания заслуживают вопросы изучения этнокультурного разнообразия, особенности освоения территорий разными культурами и этносами, влияния миграционных потоков на сохранность социально-экологических и экономико-ландшафтных ареалов. Актуальность этих проблем повышается по мере стирания этноландшафтных границ. В этом аспекте особый интерес вызывают регионы, в которых наряду с полиэтничностью отмечается вы-

© Гуртуев А.О., Иванов З.З., 2022

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант №20-010-00269 А «Механизм управления развитием горных регионов на основе новой архитектуры локальных социально-экономических систем»

сокая сохранность этнокультурных традиций и продолжается воспроизводство специфических социально-экологических систем – этнокультурных ландшафтов [6]. Одним из таких регионов, безусловно, является Кабардино-Балкарская Республика.

Проблема оптимизации миграционных потоков является актуальной в первую очередь для макрорегионов (федеральных округов, государств, экономических союзов, таможенных союзов и т.д.), внутри которых существуют регионы со значительными различиями в экономическом развитии. Если, кроме этого, регионы принадлежат к различным культурам, религиям и языковым группам, проблемы, вызываемые миграцией, усложняются. Для миграционных потоков из горных территорий Юга России характерно все вышеперечисленное.

Заметим, что проблемы оттока населения трудового возраста из горных территорий СКФО усиливаются из-за низкого качества жизни в горах, меньшей плотности населения, полного отсутствия иммиграции (исключение составляют туристы) [5].

Определим горную территорию – местность с пересеченным рельефом и относительными превышениями в 500 метров и более над уровнем моря, природно-климатические условия которой формируют неповторимые локальные биологические, экологические, социальные, экономические и культурные системы.

Вопросы миграционных процессов являются предметом изучения многих научных исследований и практических разработок. В то же время работ по зонированию горных территорий на основе характеристик социально-экономических систем и этноландшафтов, исследованию эмиграционных потоков из экономико-ландшафтных зон горных территорий, в частности их оценке, направлению и возрастной структуре потоков, влиянию на численность населения муниципальных образований не так много. В контексте нашей проблемы следует особо отметить исследование Г.Е. Авакяна, по мнению которого «под горной территорией нужно понимать пространство, на котором все количественные и качественные изменения происходят по вертикальным поясам, где профиль, характер и условия ведения сельскохозяйственного производства и особенно производительность совокупного общественного труда резко отличаются от равнины и особенно низинных областей» [1].

При современных темпах и масштабах освоения территорий важную роль призваны играть методы планировочного регулирования антропогенных нагрузок при формировании систем населенных мест. Методологической основой решения экологических проблем расселения служат работы А.Н. Гуни [4].

Изучение проблем социально-экономического развития, расселения и демографии горных территорий опиралось на работы Р.А. Бураева [3], Н.А. Аракчеева, А.Д. Бадова и др. [2]

ЭКОНОМИКО-ЛАНДШАФТНЫЕ ЗОНЫ КБР

Формирование и развитие экономико-ландшафтных зон горной территории КБР зависит от комплекса внешних (экзогенных) и внутренних (эндогенных) факторов, которые переплетены и трудно делимы. Эндогенные факторы зонирования горной территории республики включают:

1. Высокое природно-климатическое разнообразие и, следовательно, необходимость разнообразных способов хозяйственной адаптации.
2. Особенности расселения: низкая плотность и небольшая общая численность населения горной территории. Сосредоточение населенных пунктов в низменностях вдоль рек.

3. Горы всегда представляют собой природный барьер для социально-экономического и культурного взаимодействия разделенных ими территорий. Изолированность локальных социально-экономических систем.

4. Природно-ресурсный потенциал экономико-ландшафтных зон горной территории КБР. В горах часто встречаются полезные ископаемые, весьма ценные и необходимые на промышленно более развитых территориях (равнинах). В дальнейшем роль данного фактора будет только возрастать по мере исчерпания одних ресурсов (например, рудных, лесных) и осознания глобальной значимости других (например, водных, рекреационных, гидроэнергетических) [6].

5. Структура ВРП экономико-ландшафтных зон горных территорий КБР.

Экзогенные факторы зонирования горной территории республики включают:

1. Изменение численности населения и его миграция.
2. Объем инвестиций и влияние новых технологий на развитие социально-экономических систем горных территорий.
3. Изменение климата и водного режима гор.
4. Государственное управление развитием социально-экономических систем горных территорий. Государство определяет правила природопользования, регулирует земельные отношения, реализует государственные социально-экономические проекты.
5. Глобализация и изменение рыночной конъюнктуры влияют на структуру и характер народнохозяйственного комплекса горных территорий.

Таблица 1

ОЦЕНКА МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ИЗ ЗОН ГОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ КБР, ЧЕЛ.
(НА ОСНОВЕ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ)

№	Регионы	Нальчик	Москва	Санкт-Петербург	Ростов-на-Дону	Краснодар	Ставропольский край	Другие регионы
1	I зона	2000	6000	600	500	300	4500	100
2	II зона	8000	9000	1500	800	800	500	1400
3	III зона	2000	2000	1000	400	400	100	100
4	IV зона	3000	3500	500	200	400	100	1300

Следует отметить, что от 15 до 20% эмиграционного потока – это студенты, обучающиеся в других регионах. Из II зоны 1400 человек в другие регионы – это трудовые эмигранты в северные и восточные регионы страны. Из IV зоны другие 1300 эмигрантов – в Северную Осетию и восточные регионы РФ.

Численность населения КБР составляет 869 тыс. человек, из них 209 тыс. чел. проживают в горной территории республики [8]. Нами выделено четыре экономико-ландшафтные горные зоны:

1. Западная горная зона, которая включает северный склон Эльбруса, Малкинское ущелье и предгорье (500–700 м над уровнем моря) вдоль трассы Кавказ.
2. Центральная горная зона, которая включает Национальный парк Приэльбрусье, город Тырнауз и все сельские поселения Эльбрусского района, часть Баксанского и Чегемского районов до трассы Кавказ.
3. Нальчикская горная зона: муниципальные образования на юге от г. Нальчика до Кавказского хребта.
4. Восточная горная зона – от Нальчикской горной зоны до Республики Северная Осетия-Алания (Хуламское ущелье, Черекское ущелье, бассейны рек Лескен и Урух).



Рис. 1. Экономико-ландшафтное зонирование горной территории КБР

Западная горная зона включает 19 муниципальных образований (один поселок и 18 сельских поселений), расположенных в бассейне реки Малка. Локальные социально-экономические системы Западной горной экономико-ландшафтной зоны характеризуются традиционным укладом и мелкотоварным аграрным производством, преимущественно животноводством. Численность населения на 1 января 2020 г. составляет 49506 человек. Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума – 31,5%. По нашим оценкам, трудовая и образовательная миграция составляет около 14000 человек, которые работают в Нальчике и за пределами республики (около 2000 – студенты, 12000 – трудовые ресурсы до 45 лет). Природно-ресурсный потенциал Западной горной зоны КБР характеризуется большим количеством месторождений минерально-сырьевых ресурсов (алюминиевые, свинцово-цинковые, железные, золото-кварцевые и т.д.), но из-за малых мощностей рудных слоев не разрабатываются. В хозяйственный оборот вовлечены месторождения строительных материалов. Имеющиеся рекреационные ресурсы (северный склон Эльбруса, нарзанские источники, водопады, ущелья и т.д.) используются только в летнее время из-за отсутствия инфраструктуры (всего одна гостиница без отопления – летнего использования). Основным природным богатством региона считаются земельные ресурсы, большую часть которых составляют пастбища. Во времена СССР они использовались коллективными хозяйствами как отгонные пастбища. После развала колхозов и совхозов обширные пастбищные угодья используются местными жителями и фермерами на арендной основе. Структура ВРП: АПК – 37%; строительство, транспорт и связь – 19%; добывающий и обрабатывающий сектор – 14%; торгово-финансовый сектор – 11%; госсектор – 10%; рекреационный сектор – 9%.

Центральная горная экономико-ландшафтная зона включает 23 муниципальных образования, в том числе: 1 город (Тырныауз), 3 поселка и 19 сельских поселений. Численность населения на начало 2020 г. составляет 87153 человека. Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума – 26,5%. Трудовая и образовательная миграция состав-

ляет около 22000 человек, которые работают в Нальчике и других регионах РФ (около 3500 – студенты, 18500 – трудовые ресурсы до 45 лет). Природно-ресурсный потенциал очень богатый и разнообразный – Национальный парк Приэльбрусье, Чегемские водопады, полезные ископаемые: вольфрам, молибден, гипс, пепел, гранит, туф, песок, электроэнергетика и многое другое. Количество туристов составляет около 450 тысяч в год. Сельхозземли представлены пастбищами (62%) и пахотными угодьями (38%). Структура ВРП Центральной горной зоны: добывающий и обрабатывающий сектор – 21%; АПК – 19%; рекреационный сектор – 18%; строительство, транспорт и связь – 16%; торгово-финансовый сектор – 14%; госсектор – 12%.

Нальчикская экономико-ландшафтная зона по площади самая маленькая и включает 7 муниципальных образований. Из-за близости к столице КБР – городу Нальчику – все 7 населенных пунктов являются относительно крупными, с численностью населения от 3,6 до 12 тыс. человек (общая численность зоны – 42734 тыс. чел.). Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума – 11,95%. Природно-ресурсный потенциал однообразный, но богатый (лес и строительные материалы). Сельхозземли представлены пастбищами (22%) и пахотными угодьями (78%). Структура ВРП Нальчикской горной зоны: строительство, транспорт и связь – 26%; торгово-финансовый сектор – 24%; добывающий и обрабатывающий сектор – 19%; госсектор – 14%; АПК – 9%; рекреационный сектор – 8%.

Восточная экономико-ландшафтная зона включает 13 муниципальных образований: 1 поселок, 12 сельских поселений. Численность населения на 1 января 2020 г. составляет 29785 человек. Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума – 34%. Природно-ресурсный потенциал богатый (строительные материалы, лес, электроэнергетика и т. д.). Сельхозземли представлены пастбищами (35%) и пахотными угодьями (65%). Структура ВРП Восточной горной зоны: АПК – 41%; добывающий и обрабатывающий сектор – 17%; рекреационный сектор – 18%; торгово-финансовый сектор – 10%; госсектор – 9%; строительство, транспорт и связь – 8%.

Таблица 2

Доля населения с денежными доходами
ниже величины прожиточного минимума (в %)

№	Регион	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
1	КБР, в т.ч.	23,8	15,7	21,1	25,8	24,7	24,2	24,01
2	I зона	29,3	26,1	28,4	33,4	32,0	31,7	31,5
3	II зона	26,5	16,2	24,5	26,9	26,6	26,4	26,45
4	III зона	14,2	9,3	10,7	12,9	12,6	12,1	11,95
5	IV зона	31,9	27,4	31,9	36,5	34,2	33,9	34,0

Мы допускаем, что доля населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума на местах является основным фактором, определяющим уровень и направление эмиграции из экономико-ландшафтных зон горной территории КБР. Чтобы проверить данную гипотезу, проведем корреляционный анализ.

Таблица 3

ЭМИГРАЦИЯ ИЗ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КБР

Экономико-ландшафтная зона	Численность населения, чел.	Численность населения, зарегистрированного, но реально не проживающего на территории зоны	
		чел.	%
Западная горная зона	49506	14000	28,3
Центральная горная зона	87153	22000	25,2
Нальчикская горная зона	42734	6000	14
Восточная горная зона	29784	9000	30,2
ИТОГО	209000	51000	24,4

Формула расчета коэффициента корреляции построена таким образом, что если связь между признаками имеет линейный характер, коэффициент Пирсона точно устанавливает тесноту этой связи [3].

Линейный коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \quad (1)$$

Для определения корреляции между долей населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума и уровнем эмиграции построим вспомогательные таблицы:

I	1	2	3	4
x	31,5	24,45	11,95	34
y	14	22	6	9

x	y	xy	X ²	Y ²
31,5	14	441	992,25	196
24,45	22	581,9	699,6	484
11,95	6	71,7	142,8	36
34	9	306	1156	81
$\Sigma=103,9$	$\Sigma=51$	$\Sigma=1400,6$	$\Sigma=2990,65$	$\Sigma=797$

$r = 0,366$ или 36,6 %.

Следовательно, между долей населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума существует линейная положительная умеренная связь. Также на принятие решения переехать влияют следующие факторы: отсутствие рабочих мест, среднедушевые денежные доходы, уровень заработной платы, удаленность от центра, ограниченность природных ресурсов, низкий уровень развития образования, здравоохранения и ЖКХ.

Выводы

Представлено определение понятия горной территории как местности, характеризующейся определенной совокупностью рельефа, экологической, социально-культурной и экономической систем.

С развитием глобализации и информатизации, что можно рассматривать как этап эволюции социально-экономических систем, происходит изменение геосоциального и геоэкономического пространства. На территории КБР нами выделено четыре экономико-ландшафтные горные зоны: Западная, Центральная, Нальчикская и Восточная. Проведен анализ структуры ВРП выделенных экономико-ландшафтных зон.

По результатам полевых исследований установлены причины, уровень и направления эмиграции из зон горной территории КБР.

Определена линейная корреляционная связь между долей населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума и уровнем эмиграции. Она показывает, что 37 случаев эмиграции из 100 вызваны низкими денежными доходами населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян Г.Е. Подходы к определению горных территорий: проблемы горного хозяйства и расселения. М.: ИГАН СССР, 1989. 214 с.
2. Аракчеева Н.А., Бадов А.Д. и др. Народонаселение. Владикавказ: Проект-Пресс, 1998. 232 с.
3. Бураев Р.А. Социально-экономическая география Кабардино-Балкарии. Нальчик: Эль-Фа, 2005. 325 с.

4. Гуня А.Н. Ландшафтные основы анализа природных и природно-антропогенных изменений высокогорных территорий. Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 2010. 198 с.
5. Гуртуев А.О., Деркач Е.Г., Иванов З.З. Простая вероятностная модель влияния информационной неполноты на величину и структуру миграционных потоков // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2008. № 3. С. 36–41.
6. Дирин Д.А., Лубенец Л.Ф., Назаров И.И. Факторы и закономерности формирования и эволюции этнокультурных ландшафтов Алтая // Мир науки, культуры, образования. 2012. № 6 (37). С. 465–469.
7. Клейнер Г.Б. Эволюция институциональных систем. Москва: Наука, 2004. 300 с.
8. Федеральная служба государственной статистики. Регионы России. Социально-экономические показатели – 2021 г. https://gks.ru/bgd/regl/b21_14p/Main.htm
9. Шилова З.В., Шилов О.И. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. Киров: Издательство ВГГУ, 2015. 158 с.

Информация об авторах

Гуртуев Алим Оюсович, канд. экон. наук, вед. науч. сотр., зав. отделом экономики инновационных процессов, Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;
alemao@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2067-8129>

Иванов Заур Зуберович, канд. экон. наук, ст. науч. сотр. отдела экономики инновационных процессов, Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;
zaurivanov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0217-8078>

REFERENCES

1. Avakyan G.E. *Podkhody k opredeleniyu gornykh territoriy: problemy gornogo khozyaystva i rasseleniya* [Approaches to the definition of mountain areas: Problems of mountain region's economy and population settlement]. M.: IGAN SSSR, 1989. 214 p.
2. Arakcheeva H.A., Badov A.D. and others. *Narodonaseleniye* [Population]. Vladikavkaz: Proekt-Press, 1998. 232 p.
3. Buraev R.A. *Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya Kabardino-Balkarii* [Socio-economic geography of Kabardino-Balkaria]. Nalchik: EI'-Fa, 2005. 325 p.
4. Gunya A.N. *Landshaftnyye osnovy analiza prirodnykh i prirodno-antropogennykh izmeneniy vysokogornykh territoriy* [Landscape bases for the analysis of natural and natural-anthropogenic changes in high-mountain territories]. Nalchik: Izdatel'stvo KBNTS RAN, 2010. 198 p.
5. Gurtuev A.O., Derkach E.G., Ivanov Z.Z. A simple probabilistic model of the influence of information incompleteness on the magnitude and structure of migration flows. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2008. No. 3. Pp. 36–41.
6. Dirin D.A., Lubenets L.F., Nazarov I.I. Factors and patterns of formation and evolution of ethno-cultural landscapes of Altai. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [World of science, culture, education]. 2012. No. 6 (37). Pp. 465–469.
7. Kleiner G.B. *Evolyutsiya institutsional'nykh sistem* [The evolution of institutional systems]. Moscow: Nauka, 2004. 300 p.
8. Federal State Statistics Service. Regions of Russia. Socio-economic indicators – 2021. https://gks.ru/bgd/regl/b21_14p/Main.htm

9. Shilova Z.V., Shilov O.I. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika: uchebnoye posobiye* [Probability Theory and Mathematical Statistics: Textbook]. Kirov: Izdatel'stvo VGGU, 2015. 158 p.

Original article

RESEARCH OF MIGRATION FLOWS FROM DIFFERENT ECONOMIC-LANDSCAPE ZONES OF MOUNTAIN AREAS OF KBR*

A.O. GURTUEV, Z.Z. IVANOV

Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street

Annotation. In the article we study the reasons for emigration from the mountainous territories of South Russia. The modern world is characterized by the globalization of economic relations and high labor mobility. So to study the features of interregional migration flows, their impact on the development of socio-ecological and economic systems of regions is of a great importance. The urgency of these problems increases for multi-ethnic regions, where both the high incentive to preserve ethno-cultural traditions and the real blurring of ethnic landscape boundaries are observed. We give our definition of the term "mountainous territory" and analyze the influence of a complex of exogenous and endogenous factors on the formation and development of economic and landscape zones of the mountainous territories of the KBR. The economic and landscape zoning of the mountainous territories of the KBR was carried out, and 4 zones were identified - the western mountain zone, the central mountain zone, the Nalchik mountain zone, and the eastern mountain zone. An analysis of the industrial structure of the selected zones' GDP was carried out. Emigration from the economic and landscape zones of the mountainous territories of the KBR was estimated. The tightness of the relationship between the share of the population with monetary incomes below the subsistence level and the level of emigration has been determined.

Keywords: migration, economic landscape areas, mountainous areas, GDP structure, correlation

The article was submitted 11.04.2022

Accepted for publication 16.04.2022

For citation. Gurtuev A.O., Ivanov Z.Z. Research of migration flows from different economic-landscape zones of mountain areas of KBR. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2022. No. 2 (106). Pp. 139–146. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-139-146

Information about the authors

Ivanov Zaur Zuberovich, Candidate of Economics Sciences, Leading Researcher, Department of Economics of Innovative Processes of the Institute of Computer Science and Problems of Regional Management – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

zaurivanov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0217-8078>

Gurtuev Alim Oyusovich, Candidate of Economics Sciences, Senior Researcher, Head. the Department of Economics of Innovative Processes of the Institute of Computer Science and Problems of Regional Management – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;
alemao@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2067-8129>

* The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant No. 20-010-00269 A "Mechanism for managing the development of mountain regions based on the new architecture of local socio-economic systems"

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ АВТОРАМИ В ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН»

1. Журнал «Ивестия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» публикует оригинальные научные, обзорные, аналитические статьи отечественных и зарубежных авторов, рецензии на книги и статьи, персоналии по следующим группам специальностей: 01.01.00 – Математика; 01.04.00 – Физика; 05.11.00 – Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы; 05.13.00 – Информатика, вычислительная техника и управление; 06.01.00 – Агрономия; 06.02.00 – Ветеринария и зоотехния; 07.00.00 – История и археология; 08.00.00 – Экономические науки; 10.01.00 – Литературоведение; 10.02.00 – Языкознание народов РФ (с указанием конкретного языка или языковой семьи); 22.00.00 – Социология; 23.00.00 – Политология; 25.00.00 – Науки о земле. Журнал предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов. Периодичность – шесть выпусков в год. Журнал публикует статьи на русском и английском языках объемом не менее 8 и не более 20 страниц. Работы, превышающие объем, принимаются к публикации по специальному решению главного редактора журнала.

2. К публикации в журнале «Ивестия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» принимаются статьи, содержащие новые результаты. Статьи должны быть посвящены актуальным проблемам науки, содержать **четкую** постановку цели и задач исследования, строгую научную аргументацию, обобщения и выводы, представляющие интерес своей новизной, научной и практической значимостью. Журнал также публикует специальные выпуски, посвященные конференциям разного уровня по тематике журнала, обзорные статьи. Не допускается направление в редакцию статей, уже опубликованных или посланных на публикацию в другие журналы. Результаты иных авторов, использованные в статье, следует должным образом отразить в ссылках. Представляя статью в журнал, авторы обязаны выполнять все требования по оформлению.

3. Направляя статью в журнал, каждый из авторов подтверждает, что она соответствует наивысшим стандартам публикационной этики для авторов и соавторов, разработанным COPE (Committee on Publication Ethics), см. <http://publicationethics.org/about>. Всем статьям, опубликованным в журнале, присваиваются идентификаторы цифрового объекта (DOI) для лучшего поиска и идентификации. Поступающие в редакцию статьи проходят проверку на плагиат через систему *Антиплагиат* (<https://www.antiplagiat.ru>), для принятия они должны иметь не менее 75% уникальности текста.

4. Принятые к публикации в журнале «Ивестия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» статьи проходят слепое рецензирование (при необходимости двойное слепое рецензирование), редакционную подготовку, после чего окончательный макет направляется на корректуру. Окончательный вариант предоставляется автору на вычитку.

5. Полнотекстовые версии статей, публикуемых в журнале, размещаются в Интернете в свободном доступе на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU. Статьи по математике, физике, информатике, математическому моделированию в экономике и по наукам о земле размещаются на сайте www.mathnet.ru (<http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=izkab&optionlang=rus>).

6. Публикации в журнале для сотрудников КБНЦ РАН бесплатные, для сторонних авторов – 500 руб. за страницу.

7. Требования к рукописи статьи. Материалы предоставляются в редакционно-издательский отдел. Все страницы, включая рисунки, таблицы и список литературы, следует пронумеровать. В тексте статьи **обязательно** указывается:

- УДК <https://teacode.com/online/udc/>; ORCID; тип статьи (научная, обзорная, аналитическая,...);

- название статьи на русском и английском языках;

- фамилия и инициалы автора (авторов) на русском и английском языках; электронная почта авторов (если несколько авторов, то указать * автора, ответственного за переписку);

- полное официальное название учреждения с указанием полного почтового адреса на русском и английском языках, адрес электронной почты (E-mail) **организации**;

- аннотация на русском и английском языках – не более 150-250 слов, в ней четко должны отражаться новизна, актуальность и методика научного исследования;

- ключевые слова на русском и английском языках – не более 10-15 слов;

- основной текст статьи (примерная схема): введение, цели и задачи исследования, методы исследования, результаты исследования, выводы (заключение).

В аннотации не допускается использование громоздких формул, ссылок на текст работы или список литературы.

Сведения об авторах: фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность, название подразделения, полное название места работы (может быть более одного), рабочий адрес, контактный телефон.

8. Список литературы должен содержать только те источники, на которые имеются ссылки в тексте работы, расположенные в порядке цитирования, и не более 20. Ссылки на неопубликованные работы, результаты которых используются в доказательствах, не допускаются. Не рекомендуется использовать ссылки на авторефераты, диссертации, газеты, интернет-сайты журналов, электронные газеты. Список литературы печатается в конце статьи, оформляется в соответствии с правилами, предусмотренными журналом. Все остальные источники, использованные при написании статьи, выносятся в сноски в конце каждой страницы (при необходимости). В списке литературы необходимо указывать не менее 25 % от общего количества источников за последние 5 лет (как самого автора, так и сторонних авторов, работающих в данном направлении). Исключение составляют статьи, которые посвящены исследованиям конкретных документов.

В списке литературы должны быть указаны источники по образцу:

• статья – Фамилия И.О. Название статьи // Название журнала. Год. Том. Номер. С. ...-... DOI...

• книга – Фамилия И.О. Название книги: монография. том *. Город: Издательство, Год. ... с.

• коллективная монография – Название книги / Фамилия И.О. автора; под ред. Фамилия И.О. Город: Издательство, Год. ... с.

• статья в сборнике конференций – Фамилия И.О. Название статьи // Название конференции: материалы конференции * / Название организации. Город, Год. С. ...-... DOI...

• статья в электронном издании – Название статьи [Электронный ресурс] / Фамилия И.О. // Название журнала, Год. Том. Номер. С. ...-... URL:... (дата обращения: число, месяц, год).

9. Список литературы **полностью** дублируется на **английском языке** независимо от того, имеются в нем иностранные источники или нет. Список References используется международными библиографическими базами (Scopus, WoS и др.) для учета цитирования авторов.

Пояснения по формированию списка литературы и References.

Если статья, на которую указывает ссылка, была переведена на английский язык и опубликована в английской версии журнала, необходимо указывать ссылку из переводного источника! Указания (учебное пособие, монография, перевод, количество томов и т.д.) в References можно опускать. При цитировании оригинального источника на английском языке в названии с прописной буквы пишется первое слово. В названии журнала пишется каждое полноразличное слово с прописной буквы.

Библиографические описания публикаций в References составляют в следующей последовательности:

журнальная статья

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie stat'i [Title of article]. Zaglavie jurnala [Title of Journal]. Year. Vol. ... No. ...iss. ... Pp. ...-... (In Russian);

монография, книга, глава из книги, препринт

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie [Title of book]. Gorod, Izdanie. Year. Pages p. (In Russian);

статья в материалах конференции

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie [Title of paper]. Nazvanie konferensii. Gorod, Organizacia. Year. Pages p. (In Russian);

статья в электронном издании

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie [Title of paper]. Nazvanie zhurnala, Year, Pages p, available at: <http...> (accessed Data Year).

Журнал «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» при оформлении руководствуется ГОСТ 7.0.7 – 2021, ГОСТ Р 7.0.12.

На сайте <http://www.translit.ru/> можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу. Для этого, выбрав вариант системы **Board of Geographic Names (BGN)**, получаем изображение всех буквенных соответствий.

10. Требования к электронному носителю:

- к статье прилагается электронный вариант в формате Microsoft Office Word 2007, Windows XP, Windows 7, 10;

- статья должна быть набрана в формате А4 с полями: верхнее и нижнее – 2,0 см; левое – 2,5 см; правое – 2 см;

- статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 14, полуторный интервал;

- таблицы, алгоритмы, рисунки, схемы и т.п. должны быть выполнены в формате А4 книжной ориентации.

11. Решение о публикации или отклонении авторских материалов принимается редколлегией в соответствии с правилами рецензирования статей. Для экспертной оценки статей привлекаются ведущие специалисты по основным научным направлениям (рубрикам) выпуска журнала.

12. Редакция не вступает в дискуссию с авторами отклоненных материалов.

13. В каждом выпуске публикуется, как правило, не более одной статьи одного и того же автора.

14. Статьи, оформленные без соблюдения указанных правил, не рассматриваются.

**FORMATTING RULES FOR ARTICLES TO BE
SUBMITTED BY AUTHORS TO THE JOURNAL
"NEWS OF THE KABARDINO-BALKARIAN
SCIENTIFIC CENTER OF RAS"**

1. The journal «News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS» publishes original scientific, review, analytical articles by domestic and foreign authors, reviews of books and articles, personalities in the following groups of specialties: 01.01.00 – Mathematics; 01.04.00 – Physics; 05.11.00 – Instrument making, metrology and information-measuring devices and systems; 05.13.00 – Informatics, Computer Engineering and Management; 06.01.00 – Agronomy; 06.02.00 – Veterinary and Animal Science; 07.00.00 – History and Archeology; 08.00.00 – Economic Sciences; 10.01.00 – Literary criticism; 10.02.00 – Linguistics of the peoples of the Russian Federation (indicating a specific language or language family); 22.00.00 – Sociology; 23.00.00 – Political Science; 25.00.00 – Sciences about the Earth. The journal is intended for researchers, teachers, postgraduate students, undergraduates, students. Frequency – six issues per year. The journal publishes articles in Russian and English with a volume of no less than 8 and no more than 20 pages. Papers exceeding that volume may be accepted for publication by special decision of the Editor-in-chief of the journal.

2. Articles are accepted for publication in the journal «News of the Kabardino-Balkarian scientific center of RAS» if they contain new results. Articles should be devoted to topical problems of science, contain a **clear** statement of the goal and objectives of the study, rigorous scientific argumentation, generalizations and conclusions that are of interest for their novelty, scientific and practical significance. The journal also publishes special issues devoted to conferences of various levels on the subjects of the journal, review articles. It is not allowed to send to the editorial office articles that have already been published or sent for publication to other journals. The results of other authors used in the article should be duly reflected in the references. Submitting an article to the journal, authors are obliged to fulfill all the requirements for their formatting.

3. By submitting an article to the journal, each author confirms that it meets the highest standards of publication ethics for authors and co-authors, developed by COPE (Committee on Publication Ethics), see <http://publicationethics.org/about>. All articles published in the journal are assigned digital object identifiers (DOIs) for better search and identification. Articles submitted to the editorial office are checked for plagiarism through the *Antiplagiat* system (<https://www.antiplagiat.ru>); for acceptance they must have at least 75% of the uniqueness of the text.

4. Articles accepted for publication in the journal «News of the Kabardino-Balkarian scientific center of RAS» undergo blind review (if necessary, double blind review), editorial preparation, after which the final layout is sent for proofreading. The final version is provided for proofreading to the author.

5. Full-text versions of articles published in the journal are posted on the Internet in free access on the website of the Scientific Electronic Library eLIBRARY.RU. Articles on mathematics, physics, computer science, mathematical modeling in economics and geosciences are posted on the website www.mathnet.ru (<http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=izkab&optionlang=rus>).

6. Publications in the journal for KBSC RAS employees are free, for outside authors – 500 rubles per page.

7. Requirements for the manuscript of the article. Materials are submitted to the Editorial and Publishing Department. All pages, including figures, tables and references, should be numbered. The following indications in the text of the article are **mandatory**:

- UDC <https://teacode.com/online/udc/>; ORCID; type of article (scientific, review, analytical, ...);
- the title of the article in Russian and English;
- surname and initials of the author(s) in Russian and English; e-mail of authors (if there are several authors, then indicate * the author responsible for the contact correspondence);
- the full official name of the institution, indicating the full postal address in Russian and English, the electronic mail address (E-mail) of the **organization**;
- annotation in Russian and English – no more than 150-250 words; it should clearly reflect the novelty, relevance and methodology of scientific research;
- keywords in Russian and English – no more than 10-15 words;
- main text of the article (approximate scheme): introduction, goals and objectives of the research, research methods, research results, conclusions.

The annotation should not contain cumbersome formulas, references to the text of the work or the list of references.

Information about the authors: last name, first name, patronymic, academic degree, academic title, position, department name, full name of the place of work (there may be more than one), work address, contact phone number.

8. The list of references should contain only those sources to which there are references in the text of the work, arranged in the order of citation, no more than 20 altogether. References to unpublished works, the results of which are used in the proofs, are not allowed. It is not recommended to use references to abstracts, dissertations, newspapers, Internet sites of magazines, electronic newspapers. The list of references is printed at the end of the article, drawn up in accordance with the rules provided by the journal. All other sources used in the article are placed in footnotes at the end of each page (if necessary). At least 25% of the total number of sources in the list of references should be of the last 5 years (both the author's himself and other authors working in this direction). The exception is made for articles that are devoted to the study of specific documents.

In the list of references, sources should be indicated according to the sample:

- article – Surname and initials of the name and patronymic. Title of the article // Title of the journal. Year. Volume. Number. Pp. ... - ... DOI ...
- book – Surname and initials of the name and patronymic. Book title: monograph. volume *. City: Publisher, Year. ... p.
- collective monograph – Title of the book / Surname and initials of the name and patronymic of the author; editor - Surname and initials of the name and patronymic. City: Publisher, Year. ... p.
- article in the collection of conference materials – Surname and initials of the name and patronymic. Title of the article // Title of the conference: materials of the conference * / Name of the organization. City, Year. Pp. ... - ... DOI
- article in the electronic edition – Title of the article [Electronic resource] / Surname and initials of the name and patronymic. // Journal name, Year. Volume. Number. Pp.... -... URL:... (date of access: date, month, year).

9. The list of references is **fully** duplicated in **English**, regardless of whether it contains foreign sources or not. The References list is used by international bibliographic databases (Scopus, WoS, etc.) to keep track of citations of authors.

Explanations on the formation of the list of literature and References.

If the article to which the reference points was translated into English and published in the English version of the journal, you must provide the link from the translated source! Descriptions (tutorial, monograph, translation, number of volumes, etc.) in References may be omitted. When citing an original source in English, the first word is capitalized in the title. Each full-valued word is capitalized in the title of the journal.

Bibliographic descriptions of publications in References are in the following sequence:

magazine article

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie stat'i [Title of article]. Zaglavie jurnala [Title of Journal]. Year. Vol. ... No. ... issue. ... Pp. ...-... (In Russian);

monograph, book, chapter from a book, preprint

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie [Title of book]. Gorod [City], Izdanie [Publisher]. Year. Pages p. (In Russian);

article in conference materials

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie [Title of paper]. Nazvanie konferensii [Title of the conference]. Gorod [City], Organizacia [Organization]. Year. Pages p. (In Russian);

article in electronic edition

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie [Title of paper]. Nazvanie zhurnala [Title of journal], Year, Pages p, available at: <http...> (accessed Data Year).

The journal «News of the Kabardino-Balkarian scientific center of RAS» is formatted according to State Standard GOST 7.0.7 - 2021, GOST R 7.0.12.

On the site <http://www.translit.ru/> you can use the program of transliteration of the Russian text into the Latin alphabet for free. For this, choosing the option of the **Board of Geographic Names (BGN)** system, one can get an image of all letter matches.

10. Requirements for electronic media:

- an electronic version in the format of Microsoft Office Word 2007, Windows XP, Windows 7, 10 is attached to the article;

- the article should be typed in A4 format with margins: top and bottom – 2.0 cm; left – 2.5 cm; right – 2 cm;

- the article should be typed in Times New Roman, size 14, one and a half spacing;

- tables, algorithms, figures, diagrams, etc. must be in A4 format, portrait orientation.

11. The decision to publish or reject author(s) materials is made by the editorial board in accordance with the rules for reviewing articles. Leading experts in the main scientific directions (headings) of the journal are involved in the expert assessment of the articles.

12. The editorial office does not enter into discussions with the authors of the rejected materials.

13. As a rule, no more than one article by the same author is published in each issue.

14. Articles violating these formatting rules are not considered.

ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

№ 2 (106) 2022

Журнал входит в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени доктора и кандидата наук»

Компьютерная верстка – *Токова А.И.*

Техническое редактирование – *Токова А.И.*

Корректор – *Канукоева Л.Б.*

Подписано в печать 29.04.2022 г. Дата выхода в свет: 12.05.2022 г.
Формат бумаги 60x84 ¹/₈. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 17.9. Тираж 300 экз.
Цена свободная

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-14936 от 20.03.2003 г. в Министерстве Российской Федерации
по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Учредитель: Кабардино-Балкарский научный центр РАН

Адрес редакции и издателя: 360010, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2
Отпечатано в редакционно-издательском отделе КБНЦ РАН по адресу:
360010, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2