



Международный
сельскохозяйственный журнал
Издаётся с 1957 года

ДВУХМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ О ДОСТИЖЕНИЯХ
МИРОВОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

BIMONTHLY SCIENTIFIC-PRODUCTION JOURNAL ON ADVANCES
OF WORLD SCIENCE AND PRACTICES IN THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX



Журналу присвоены
международные стандартные
серийные номера ISSN:
2587-6740 (print),
2588-0209 (on-line, eng)



«Международный сельскохозяйственный журнал» включен в перечень ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук (ВАК-2023, категория научной значимости К1)



Публикации в журнале направляются в базу данных Международной информационной системы по сельскохозяйственной науке и технологиям AGRIS ФАО ООН

Журнал включен в список лучших российских журналов, цитируемых на совместной платформе Web of Science и e-Library.ru (RSCI)



Публикации размещаются в системе Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) Журнал входит в ядро РИНЦ



Подписку на журнал можно оформить в Электронном каталоге «Пресса России» по ссылке <https://www.ppressa-rf.ru/cat/1/edition/i94062/>.
Подписной индекс — 94062.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
А.А. Фомин

Научно-методическое обеспечение раздела
«Земельные отношения и землеустройство»
ФГБОУ ВО ГУЗ

Заместитель главного редактора Т. Казёнова
Редактор выпуска Г. Якушкина
Ответственный секретарь И. Мамонтова
Дизайн и верстка И. Котова
Реклама М. Фомина
Издательство: Е. Сямина, Е. Цинцадзе,
С. Комелягина, С. Гамбурцев, Н. Пугачев
e-science@list.ru

Учредитель и издатель: ООО «Электронная наука»

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-49235 от 04.04.2012 г.

Свидетельство Московской регистрационной Палаты № 002.043.018 от 04.05.2001 г.

Редакция: 105064, Москва, ул. Казакова, 10/2
тел.: (985) 983-41-64; e-mail: info@mshj.ru;
www.mshj.ru

Адрес для почтовой корреспонденции:
105064, Москва, а/я 62

Дата выхода в свет 15.10.2023 г. Тираж 5500
Цена договорная

© Международный сельскохозяйственный журнал

EDITOR
А.А. Fomin

Scientific and methodological support section
«Land relations and land management»
State University of Land Management

Deputy editor T. Kazennova
Editor G. Yakushkina
Executive secretary I. Mamontova
Design and layout I. Kotova
Advertising M. Fomina
Publishing: E. Syamina, E. Tsintsadze,
S. Komelyagina, S. Gamburtsev, N. Pugachev
e-science@list.ru

Founder and publisher: ООО «E-science»

Certificate of registration media
PI № FS77-49235 of 04.04.2012

Certificate of Moscow registration Chamber
№ 002.043.018 of 04.05.2001

Editorial office: 105064, Moscow, Kazakova str., 10/2
tel: (985) 983-41-64; e-mail: info@mshj.ru;
www.mshj.ru

Address for postal correspondence:
105064, Moscow, box 62

Date of issue 15.10.2023. Edition 5500
The price is negotiable

© International agricultural journal

**Награды
«Международного
сельскохозяйственного
журнала»:**

**Неоднократно вручались
медали и дипломы
Российской агропромышленной
выставки «Золотая осень»**



**За вклад в развитие
аграрной науки вручена
общероссийская награда
«За изобилие
и процветание России»**



**Лауреат национальной
премии имени П.А. Столыпина
«Аграрная элита России»**



Земельные отношения и землеустройство

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ / EDITORIAL BOARD

- ВОЛКОВ С.Н.**, председатель редакционного совета, зав. кафедрой Государственного университета по землеустройству, академик РАН, д-р экон. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ. Россия, Москва.
VOLKOV SERGEY, Chairman of the editorial Council, head of the department of State university of land use planning, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor, honored scientist of the Russian Federation. Russia, Moscow
- Вершинин В.В.**, д-р экон. наук, проф. Россия, Москва.
Vershinin Valentin, Dr. Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow
- Гордеев А.В.**, академик РАН, д-р экон. наук, проф. Россия, Москва.
Gordeyev Alexey, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow
- Долгушкин Н.К.**, глав. уч. секретарь Президиума РАН, академик РАН, д-р экон. наук, проф. Россия, Москва.
Dolgushkin Nikolai, chapters. academic Secretary of the Presidium of Russian Academy of Sciences, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow
- Белобров В.П.**, д-р с.-х. наук, проф. Россия, Москва.
Belobrov Viktor, Dr. of agricultural Science, Prof. Russia, Moscow
- Бунин М.С.**, д-р экон. наук, проф., заслуж. деятель науки РФ. Россия, Москва.
Bunin Mikhail, Dr. Ekon. Sciences, Professor, honoured. science worker of the Russian Federation. Russia, Moscow
- Завалин А.А.**, академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». Россия, Москва.
Zavalin Alexey, Acad. RAS, Dr. of agricultural Science, Professor. Russia, Moscow
- Замотаев И.В.**, д-р геогр. наук, проф., Институт географии РАН. Россия, Москва.
Zamotaev Igor, Dr. Georg. Sciences, Professor, Institute of geography RAS. Russia, Moscow
- Иванов А.И.**, чл.-кор. РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт». Россия, Санкт-Петербург.
Ivanov Alexey, corresponding member cor. RAS, Dr. of agricultural Sciences, Professor. Russia, Saint-Petersburg
- Коробейников М.А.**, вице-през. Международного союза экономистов, чл.-кор. РАН, д-р экон. наук, проф. Россия, Москва.
Korobeynikov Mikhail, Vice-PR. International Union of economists, member.-cor. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow
- Никитин С.Н.**, зам. директора ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ», д-р с.-х. наук, проф. Россия, Ульяновск.
Nikitin Sergey, Dr. of agricultural science, Professor. Russia, Ulyanovsk
- Романенко Г.А.**, член президиума РАН, академик РАН, д-р экон. наук, проф. Россия, Москва.
Romanenko Gennady, member of the Presidium of the Russian Academy of Sciences, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow
- Петриков А.В.**, академик РАН, д-р экон. наук, проф. Россия, Москва.
Petrikov Alexander, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow
- Ушачев И.Г.**, академик РАН, д-р экон. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ. Россия, Москва.
Ushachev Ivan, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor, honored scientist of the Russian Federation. Russia, Moscow
- Савин И.Ю.**, чл.-кор. РАН, д-р с.-х. наук, зам. директора по науч. работе Почвенного института им. В.Докучаева РАН. Россия, Москва.
Savin Igor, corresponding member cor. RAS, Dr. of agricultural Sciences. Russia, Moscow
- Папаскири Т.В.**, д-р экон. наук, проф., врио ректора Государственного университета по землеустройству. Россия, Москва.
Papaskiri Timur, Dr. Econ. Sciences, professor, acting rector of State university of land use planning. Russia, Moscow
- Серова Е.В.**, д-р экон. наук, проф., директор по аграрной политике НИУ ВШЭ. Россия, Москва.
Serova Eugenia, Dr. Ekon. Sciences, prof., Director of agricultural policy NRU HSE. Russia, Moscow
- Узун В.Я.**, д-р экон. наук, проф. РАНХиГС. Россия, Москва.
Uzun Vasily, Dr. Ekon. Sciences, Professor of Ranepa. Russia, Moscow
- Шагайда Н.И.**, д-р экон. наук, проф., директор Центра агропродовольственной политики Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ. Россия, Москва.
Shagaida Nataliya, Dr. Ekon. Sciences, prof., Director of the Center of agricultural and food policy Russian academy of national economy and public administration. Russia, Moscow
- Широква В.А.**, д-р геогр. наук, зав. отделом истории наук о Земле Института истории науки и техники имени С.И. Вавилова РАН, проф. кафедры почвоведения, экологии и природопользования Государственного университета по землеустройству. Россия, Москва.
Shirokova Vera, Dr. Georg. Sciences, Professor of Department of soil science, ecology and environmental Sciences State university of land use planning. Russia, Moscow
- Хлыстун В.Н.**, академик РАН, д-р экон. наук, проф. Россия, Москва.
Khlystun Viktor, member of the Academy. RAS, Dr. of Econ. PhD, Professor. Russia, Moscow
- Закшевский В.Г.**, академик РАН, д-р экон. наук, проф. Россия, Воронеж.
Zakshevsky Vasily, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Voronezh
- Чекмарев П.А.**, академик РАН, д-р с.-х. наук, заместитель президента РАН.
Chekmarev P. A., Acad. RAS, doctor of agricultural Sciences, Deputy President of the Russian Academy of Sciences
- Цыпкин Ю.А.**, д-р экон. наук, проф., зав. кафедрой ФГБОУ ВО «ГУЗ». Россия, Москва.
Tsyppkin Yuri, Dr. Econ. Sciences, Professor, Head of the department of State university of land use planning, Russia, Moscow
- Липски С.А.**, д-р экон. наук, врио проректора по научной работе, заведующий кафедрой земельного права, Государственный университет по землеустройству. Россия, Москва.
Lipski Stanislav, Dr. Econ. Sciences, acting vice-rector for scientific research, head of the department of land law, State University of Land Use Planning. Russia, Moscow
- Гусаков В.Г.**, вице-президент БАН, академик БАН, д-р экон. наук, проф. Белоруссия, Минск.
Gusakov Vladimir, Vice-President of the BAN, Acad. The BAN, Dr. Ekon. Sciences, Professor. Belarus, Minsk
- Пармакли Д.М.**, проф., д-р экон. наук. Республика Молдова, Кишинев.
Permalii Dmitry, Dr. Ekon. Sciences. The Republic Of Moldova, Chisinau
- Ревишвили Т.О.**, академик АСХН Грузии, д-р техн. наук, директор Института чая, субтропических культур и чайной промышленности Грузинского аграрного университета г. Озургети, Грузия.
Revishvili Temur, Acad. of the Academy of agricultural sciences of Georgia, Dr. Techn. Sciences, director of the Institute of tea, subtropical crops and tea industry of Agricultural university of c. Ozurgeti, Georgia
- Мамедов Г.М.**, д-р филос. по аграр. наукам, зам. директора по научной работе Института почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана. Азербайджанская Республика, Баку.
Mamedov Goshgar, Dr. of philos. in agricultural sciences, Deputy Director for science of Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan. Republic of Azerbaijan, Baku
- Перемислов И.Б.**, доктор делового администрирования, профессор делового администрирования в Университете Аргоси. США, Феникс.
Peremislov Igor, DBA – Doctor of Business Administration, Professor of Business Administration in Argosy University. USA, Phoenix
- Сегре Андреа**, декан, проф. кафедры международной и сравнительной аграрной политики на факультете сельского хозяйства в университете. Италия, Болонья.
Segre Andrea, Dean, Professor of the chair of international and comparative agricultural policy at the faculty of agriculture at the University. Italy, Bologna
- Чабо Чаки**, проф., заведующий кафедрой и декан экономического факультета Университета Корвинуса. Венгрия, Будапешт.
Cabo Chuckie, Professor, head of Department and Dean of the faculty of Economics of Corvinus. Hungary, Budapest
- Холгер Магел**, почетный проф. Технического Университета Мюнхена, почет. през. Международной федерации геодезистов, през. Баварской Академии развития сельских территорий. ФРГ, Мюнхен.
Holger Magel, honorary Professor of the Technical University of Munich, honorary President of the International Federation of surveyors, President of the Bavarian Academy of rural development. Germany, Munich

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS



ЗЕМЕЛЬНЫЕ ОТНОШЕНИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО LAND RELATIONS AND LAND MANAGEMENT

- Антропов Д.В., Кириллов Р.А., Чибиркина Е.А.** Тенденции развития сельскохозяйственного землепользования в России
Antropov D.V., Kirillov R.A., Chibirkina E.A. Trends in the development of agricultural land use in Russia 436
- Папаскири Т.В., Бойценюк Л.И., Груздев В.С., Суслов С.В., Хрусталева М.А., Медведев К.Е.** Влияние сельскохозяйственного использования земель на водосборах малых рек на загрязнение вод химическими элементами
Papaskiri T.V., Boytsenyuk L.I., Gruzdev V.S., Suslov S.V., Khrustaleva M.A., Medvedev K.E. The influence of agricultural land use in the catchments of small rivers on water pollution by chemical elements 441
- Липски С.А., Емельянова Т.А., Фаткулина А.В.** Некоторые вопросы землеустроительных мероприятий на северных территориях
Lipski S.A., Emelyanova T.A., Fatkulina A.V. Some issues of the organization of land management in the northern territories 445
- Гаврилюк М.Н., Ильичев К.С., Орлов С.В., Попов В.А., Цыпкин Ю.А.** Пространственное развитие сельских территорий
Gavrilyuk M.N., Ilyichev K.S., Orlov S.V., Popov V.A., Tsyarkin Yu.A. Spatial development of rural areas 449



ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ АПК STATE REGULATION AND REGIONAL DEVELOPMENT APK

- Дерунова Е.А.** Системно-функциональный подход к повышению устойчивости производственного потенциала агропродовольственного комплекса России
Derunova E.A. A system-functional approach to increasing the sustainability of the production potential of the agri-food complex of Russia 454



АГРАРНАЯ РЕФОРМА И ФОРМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ AGRARIAN REFORM AND FORMS OF MANAGING

- Сенотрсова С.В., Соколова М.И., Свинухов В.Г., Хомякова В.В.** Современные тенденции развития рынка плодоовощной продукции России
Senotrusova S.V., Sokolova M.I., Svinukhov V.G., Khomyakova V.V. Current trends in the development of the Russian fruit and vegetable market 458
- Винничек Л.Б., Киндаев А.Ю., Моисеев А.В., Павлов А.Ю.** Определение сельскохозяйственной специализации зернового хозяйства на основе математико-статистического анализа
Vinnichек L.B., Kindaev A.Yu., Moiseev A.V., Pavlov A.Yu. Determination of agricultural specialization of grain farming on the basis of mathematical and statistical analysis 462
- Левин Ю.А., Фомина Г.Ю., Волков А.В.** Смена технологических укладов в контексте ESG: влияние конъюнктурных факторов на трансформацию пищевой индустрии
Levin Yu.A., Fomina G.Yu., Volkov A.V. Changing technological modes in the context of the ESG: the conjunctural factors influence on the food industry transformation 467
- Зюкин Д.А., Вакуленко Р.Я., Большаева Е.А., Яковлев Н.А., Ронжина М.А.** Роль транспортной логистики в развитии российского агропромышленного комплекса
Zyukin D.A., Vakulenko R.Ya., Bolycheva E.A., Yakovlev N.A., Ronzhina M.A. The role of transport logistics of the Russian agro-industrial complex development 471
- Моисеева О.А.** Кооперация как инструмент формирования и развития специализированных высокотехнологичных зон по производству сельскохозяйственной продукции
Moiseeva O.A. Cooperation as a tool for the formation and development of specialized high-tech zones for the production of agricultural products 475
- Володина В.Н., Лукашенко И.В., Рудакова О.С.** Цифровая экосистема агросектора: архитектура, зерновые токены, стартапы (контекст функционального приоритета и устойчивого развития)
Volodina V.N., Lukashenko I.V., Rudakova O.S. Digital ecosystem of the agricultural sector: architecture, grain tokens, startups (context of functional priority and sustainable development) 479



НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ SCIENTIFIC SUPPORT AND MANAGEMENT OF AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX

- Епифанова И.В.** Агробиологическая оценка люцерны изменчивой в условиях лесостепи Среднего Поволжья
Epifanova I.V. Agrobiological assessment of alfalfa changeable in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region 484

- Бражников В.Н.** Оценка эффективности защитно-стимулирующих комплексов на льне масличном
Brazhnikov V.N. Evaluation of the efficiency of protective and stimulating complexes on oil flax 488

- Плужникова И.И., Криушин Н.В., Бакулова И.В.** Действие препаратов гербицидного и защитно-стимулирующего действия на рост и развитие растений конопли посевной
Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V., Bakulova I.V. The effect of herbicidal and protective-stimulating drugs on the growth and development of cannabis plants 492

- Прахова Т.Я.** Процесс маслообразования и жирнокислотного состава в семенах масличных культур семейства Brassicaceae
Prakhova T.Ya. The process of oil formation and fatty acid composition in seeds of oil crops of the Brassicaceae family 498

- Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Тарасов С.А., Вытовтов В.А., Архипов А.С.** Оценка содержания гумуса в почве ключевых участков агролесоландшафтного комплекса
Sukhanovskii Yu.P., Prushchik A.V., Tarasov S.A., Vytovtov V.A., Arkhipov A.S. Assessment of the humus content in key plots soil of the agroforest landscape complex 502

- Шадских В.А., Кижяева В.Е., Ененко С.В.** Обоснование технологического регламента комплексной оценки способов обработки почвы
Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Enenko S.V. Justification of technological regulations for comprehensive assessment of soil treatment methods 506

- Бандурин М.А., Приходько И.А., Вербицкий А.Ю.** Математическое моделирование работы водосборного сооружения по схеме истечения из-под щита в условиях пропуска расходов редкой обеспеченности
Bandurin M.A., Prikhodko I.A., Verbitsky A.Yu. Mathematical modeling of the operation of a spillage facility according to the scheme of outflow from under the shield under the conditions of passing rare costs 512

- Дубовик Е.В., Дубовик Д.В.** Содержание тяжелых металлов в яровом ячмене при минимизации основной обработки почвы
Dubovik E.V., Dubovik D.V. The content of heavy metals in spring barley while minimizing the main tillage 518

- Мамонтов В.Г., Беляева С.А.** Влияние бесменного парования на элементный состав гумусовых веществ чернозема типичного Курской области
Mamontov V.G., Belyaeva S.A. Influence of continuous fallowing on the elemental composition of humus substances in the typical chernozem of the Kursk region 522



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ INTERNATIONAL EXPERIENCE IN AGRICULTURE

- Тиреуов К.М., Мизанбекова С.К., Богомолова И.П., Айтхожаева Г.С.** Оценка эффективности института государственно-частного партнерства в агропромышленном комплексе с использованием инструментов функционального анализа: на примере Республики Казахстан
Tireuov K.M., Mizanbekova S.K., Bogomolova I.P., Aitkhozaeva G.S. Evaluation of the efficiency of the public-private partnership institute in the agro-industrial complex using the tools of functional analysis: on the example of the Republic of Kazakhstan 526

- Сарсембаев М.А., Зейнулла Ж.С.** Правовые особенности коренного перехода к цифровизации, интеллектуализации отрасли сельскохозяйственного машиностроения в Казахстане и мире
Sarsembayev M.A., Zeinulla Zh.S. Legal features of the radical transition towards digitalization, intellectualization of the agricultural engineering industry in Kazakhstan and in the world 531



ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ENVIRONMENTAL AND FOOD SECURITY

- Германова С.Е., Плющиков В.Г., Самброс Н.Б., Петухов Н.В.** Проблема загрязнения сельскохозяйственных земель нефтепродуктами и оптимальное принятие экологических решений
Germanova S.E., Plushchikov V.G., Sambros N.B., Petukhov N.V. The problem of agricultural land pollution with petroleum products and optimal environmental decision-making 536

- Шулепова О.В., Санникова Н.В., Бочарова А.А.** Разработка полезной модели для доочистки сточных вод в условиях лесостепной зоны Зауралья
Shulepova O.V., Sannikova N.V., Bocharova A.A. Development of a utility model for wastewater treatment in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals 540

- Оказова З.П., Адаев Н.Л., Ханиева И.М.** Экологические аспекты вредности сорных растений в агроценозе картофеля
Okazova Z.P., Adaev N.L., Khaniev I.M. Environmental aspects of harmful weed plants in potato agroecoenosis 545



Научная статья

УДК 332.33

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_436

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ

Д.В. Антропов, Р.А. Кириллов, Е.А. Чибиркина

Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты исследования динамики изменения площадей сельскохозяйственных земель Российской Федерации. Поскольку строительство линий тренда является не только инструментом анализа прошлого, но и прогнозирования будущего, то при написании настоящей статьи был также изучен процесс прогнозирования в сельском хозяйстве на их основе. Были построены модели изменения площади как всех земель сельскохозяйственного назначения в пределах территории Российской Федерации, так и в разрезе по сельскохозяйственным угодьям по субъектам и федеральным округам страны, проанализированы изменения по федеральным округам их площади и причины этих преобразований. Полученные результаты позволят проанализировать особенности землепользования и системы землепользования, в дальнейшем выявить основные тенденции развития в контексте рассматриваемой категории земель, определить набор показателей, описывающих систему землепользования в регионе, ее информационное обеспечение. Данные результаты могут быть стартовой площадкой в решении задач планирования и прогнозирования сельскохозяйственного землепользования в контексте реализации задач эффективного использования земельных ресурсов, способствовать предотвращению сокращения сельскохозяйственных земель и угодий, сокращения негативного воздействия на почву, вовлечения выбывших земель в оборот.

Ключевые слова: землепользование, земли сельскохозяйственного назначения, сельскохозяйственные угодья, прогнозирование, планирование, тенденции

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01413, <http://rscf.ru/project/23-28-01413/> на базе Государственного университета по землеустройству.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL LAND USE IN RUSSIA

D.V. Antropov, R.A. Kirillov, E.A. Chibirkina

The State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

Abstract. The article presents the results of a study of the dynamics of changes in the areas of agricultural land in the Russian Federation. Since the construction of trend lines is not only a tool for analyzing the past, but also for forecasting the future, when writing this article, the process of forecasting in agriculture based on them was also studied. Models were built for changing the area of both all agricultural land within the territory of the Russian Federation, and in the context of agricultural land by constituent entities and federal districts of the country, changes in their area by federal districts and the reasons for these transformations were analyzed. The results obtained will allow us to analyze the features of land use and the land use system, to further identify the main development trends in the context of the category of land under consideration, to determine a set of indicators that describe the land use system in the region, its information support. These results can be a launching pad in solving the problems of planning and forecasting agricultural land use in the context of implementing the tasks of efficient use of land resources, help prevent the reduction of agricultural land and land, reduce the negative impact on the soil, and involve retired lands in circulation.

Keywords: land use, agricultural land, farm land, forecasting, planning, trends

Acknowledgments: The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 23-28-01413, <http://rscf.ru/project/23-28-01413/> on the basis of the State University of Land Use Planning.

Рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. Поэтому в 2019 году Правительством Российской Федерации было принято решение о создании государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развитии мелиоративного комплекса Российской Федерации. С помощью программы будет вовлечено в оборот не менее 13,2 млн га неиспользуемых земель до 2031 года [5].

По данным государственного (национального) доклада в 2021 году земли сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации занимают второе место по категориям земель и составляют 22,2% от общей площади земель (380,8 млн га) [6].

Объектом исследования являются земли сельскохозяйственного назначения и площадь, занимаемая сельскохозяйственными угодьями, субъектов Российской Федерации. Предметом

исследования — изменение площади этих земель в период 2015-2021 гг. и выявление общей тенденции роста или падения значений и определение, на сколько значительными могут быть будущие изменения.

В целом, понимание тенденций землепользования земель сельскохозяйственного назначения необходимо для эффективного развития сельского хозяйства, обеспечения продовольственной безопасности, оптимизации производства, планирования субсидий в будущем. Только с учетом этих факторов можно достичь долгосрочной продовольственной безопасности и процветания сельских регионов.

По мнению С.И. Комарова и А.А. Рассказовой, важнейшей задачей управления сельскохозяйственного землепользования является рациональное использование земель. Эту задачу нельзя решить без современной системы прогнозирования [1-2].

В процессе исследования было изучено изменение площади земель сельскохозяйственного

назначения и сельскохозяйственных угодий за временной интервал 2015-2021 гг. (табл. 1), построены линии тренда, т.к. данное графическое представление позволяет более ярко отразить изменение переменных показателей во времени (выявить тенденции к сокращению или росту площади тех или иных сельхозугодий, снижению плодородия почв и появления залежи).

Из результатов таблицы 1 видно, что рост площади земель сельскохозяйственного назначения в целом изменился на 0,1% (за 2015-2021 гг.). Исследуя данные показатели, видно, что большее изменение претерпели земли в границах Сибирского и Дальневосточного федеральных округов Российской Федерации (уменьшились на более 20% и увеличились на 64,3% соответственно).

Данное изменение связано с исключением из состава Сибирского федерального округа двух субъектов — Республики Бурятия и Забайкальского края и передачи их в состав Дальневосточного федерального округа в 2018 году после Указа Президента Российской Федерации.



В таблице 2 отражена динамика земель сельскохозяйственного назначения по регионам в начале исследуемого периода и после изменения состава федеральных округов.

По результатам таблицы 2 можно констатировать, что площадь Дальневосточного федерального округа к 2021 году увеличилась на 10,79 тыс. га (134,71%). Такое увеличение площади, как уже было выше сказано, произошло из-за присоединения двух новых субъектов. Соответственно, площадь Сибирского федерального округа уменьшилась на 19,10% из-за перехода Республики Бурятия и Забайкальского края в состав ДФО. Площадь других регионов подверглась изменению в пределах не более 2%.

В таблице 3 приведены сведения по сельскохозяйственным угодьям двух федеральных округов с наиболее ярко выраженными изменениями их площадей для анализа за исследуемый период времени.

Таким образом, из таблицы 3 видно, что больше всех сельскохозяйственных угодий претерпела изменения залежь, которая за исследуемый период увеличилась на 234,1%.

По мнению авторов, линии тренда являются важным инструментом при планировании и прогнозировании земельных ресурсов, а такой процесс как прогнозирование позволяет решать задачи эффективного и рационального использования земель, дает возможность обеспечить баланс спроса и предложения на землю [4]. Также позволяют анализировать и предсказывать тенденции и изменения в долгосрочных данных или временных рядах. Прогнозирование при планировании развития землепользования земель сельскохозяйственного назначения является крайне важным этапом, который позволяет определить оптимальные стратегии и решения для устойчивого и эффективного использования ограниченных сельскохозяйственных ресурсов.

Основная цель прогнозирования развития землепользования земель сельскохозяйственного назначения заключается в том, чтобы предотвратить возможные проблемы и риски, связанные с неэффективным использованием земельных ресурсов, а также позволяет определить наиболее эффективное использование земельных ресурсов в соответствии с потребностями и требованиями сельскохозяйственных предприятий. На основании прогноза можно более точно определить, какие культуры и какими методами должны быть выращены, чтобы достичь наилучших результатов. Это помогает снизить риски потери урожая, оптимизировать затраты на производство и повысить прибыльность [3].

Кроме того, прогнозирование развития землепользования земель сельскохозяйственного назначения необходимо для того, чтобы принять необходимые меры по охране окружающей среды и сбалансированному использованию

природных ресурсов. Предвидение изменений климата и других экологических факторов позволяет разработать стратегии адаптации и смягчения негативного влияния на окружающую среду.

Таким образом, прогнозирование является неотъемлемым инструментом при планирова-

нии развития землепользования земель сельскохозяйственного назначения. Он помогает прогнозировать потребности в продуктах сельского хозяйства, оптимизировать использование ресурсов и строить устойчивые системы питания, способствующие развитию экономики и социальному благополучию.

Таблица 1. Динамика распределения сельскохозяйственных угодий Российской Федерации с 2015 по 2021 гг.
Table 1. Dynamics of distribution of agricultural lands of the Russian Federation from 2015 to 2021

№ п/п	Название округа	Год		2015 г. к 2021 г.	
		2015 г.	2021 г.	тыс. га	(+,-) %
1.	Центральный федеральный округ	33 285,20	33 259,50	- 25,70	-0,1
2.	Северо-Западный федеральный округ	6 830,70	6 825,20	-5,50	-0,1
3.	Южный федеральный округ	34 608,50	33 726,10	-882,40	-2,6
4.	Северо-Кавказский федеральный округ	12 094,30	12 083,20	-11,10	-0,1
5.	Приволжский федеральный округ	55 067,80	55 017,20	-50,60	-0,1
6.	Уральский федеральный округ	16 371,00	16 348,90	-22,10	-0,1
7.	Сибирский федеральный округ	56 670,70	45 838,50	-10 832,80	-23,6
8.	Дальневосточный федеральный округ	6 720,70	18 808,50	+12 087,80	+64,3
9.	Итого земель	221 648,90	221 907,10	+258,20	+0,1

Таблица 2. Динамика распределения сельскохозяйственных земель по Сибирскому и Дальневосточному федеральным округам Российской Федерации в 2015 и 2021 гг.
Table 2. Dynamics of agricultural land distribution in the Siberian and Far Eastern Federal Districts of the Russian Federation in 2015 and 2021

№ п/п	Регион	Площадь, тыс. га		Изменение	
		2015 г.	2021 г.	тыс. га	%
<i>Сибирский федеральный округ</i>					
1.	Республика Алтай	1 791,10	1 790,90	-0,20	-0,01
2.	Республика Тыва	3 833,30	3 832,90	-0,40	-0,01
3.	Республика Хакасия	1 916,20	1 911,90	-4,30	-0,22
4.	Алтайский край	11 006,60	10 997,70	-8,90	-0,08
5.	Красноярский край	5 410,40	5 408,80	-1,60	-0,03
6.	Иркутская область	2 798,90	2 798,60	-0,30	-0,01
7.	Кемеровская область — Кузбасс	2 624,00	2 606,60	-17,40	-0,66
8.	Новосибирская область	8 399,80	8 398,60	-1,20	-0,01
9.	Омская область	6 720,70	6 720,80	+0,10	-
10.	Томская область	1 371,10	1 371,70	+0,60	+0,04
11.	Забайкальский край	7 645,60	-	-7 645,60	-100,00
12.	Республика Бурятия	3 145,90	-	-3,145,90	-100,00
Итого по округу		56 663,60	45 838,50	-10 825,10	-19,10
<i>Дальневосточный федеральный округ</i>					
1.	Республика Бурятия	-	3 145,10	+3 145,10	+100,00
2.	Республика Саха (Якутия)	1 640,20	1 640,20	-	-
3.	Забайкальский край	-	7 645,60	+7 645,60	+100,00
4.	Камчатский край	475,60	475,60	-	-
5.	Приморский край	1 648,80	1 649,40	+0,60	+0,04
6.	Хабаровский край	665,70	665,60	-0,01	-0,02
7.	Амурская область	2 733,60	2 733,50	-0,01	-
8.	Магаданская область	121,50	121,50	-	-
9.	Сахалинская область	182,40	186,10	+3,70	+2,03
10.	Еврейская АО	537,20	537,30	+0,10	+0,02
11.	Чукотский АО	8,60	8,60	-	-
Итого по округу		8 013,60	18 808,50	+10 794,90	+134,71

Таблица 3. Сравнительный анализ распределения сельскохозяйственных угодий в 2015 и 2021 гг.
Table 3. Comparative analysis of agricultural land distribution in 2015 and 2021

Название округа	Пашня		Кормовые угодья		Многолетние насаждения		Залежь	
	Площадь, тыс. га		Площадь, тыс. га		Площадь, тыс. га		Площадь, тыс. га	
	2015 г.	2021 г.	2015 г.	2021 г.	2015 г.	2021 г.	2015 г.	2021 г.
Сибирский федеральный округ	22 678,90	23 969,80	30 562,30	22 085,20	215,40	201,70	1 923,20	872,70
Изменение, %	+5,7		-27,7		-6,36		-54,6	
Дальневосточный федеральный округ	4 096,60	2 766,00	4 748,00	13 197,10	72,30	85,70	427,70	1 429,10
Изменение, %	-32,5		+177,9		+18,5		+234,1	



В рамках исследования оценивались показатели общей площади сельскохозяйственных угодий по субъектам Российской Федерации и в разрезе — пашня, залежь, многолетние насаждения и кормовые угодья, данные представлены в виде точек на графике, где по горизонтальной оси отображается время (анализируемый период 2015-2022 гг.), а по вертикальной — значения переменной. Для построения линий тренда использовались методы регрессионного анализа. На рисунке 1 отражена структура сельскохозяйственных земель Российской Федерации по федеральным округам.

Построенная модель (рис. 1) показывает, что при сохранении существующих тенденций будет происходить сокращение площади земель, занятых сельскохозяйственными угодьями, ежегодно на более 0,5% (143,13 тыс. га) по всей территории Российской Федерации. Больше всего изменений в сокращении площади зафиксировано в Сибирском федеральном округе (на 19,1% или 10 825,10 тыс. га), а увеличение на территории Дальневосточного федерального округа (на 134,7% или 10 794,90 тыс. га).

Затем авторами были проанализированы площади сельскохозяйственных угодий (пашни,

кормовых угодий, многолетних насаждений и залежи) по федеральным округам Российской Федерации. На рисунке 2 представлено изменение площади пашни за исследуемый период времени.

Несмотря на сокращение площади земель под сельскохозяйственными угодьями, анализируемая в предыдущем рисунке, построенная модель (рис. 2) показывает, что при сохранении существующих тенденций будет происходить увеличение площади пашни на территории Российской Федерации ежегодно на 1,0%.

На рисунке 3 представлено изменение площади кормовых угодий за исследуемый период времени.

Построенная модель (рис. 3) показывает, что в целом при сохранении существующих тенденций будет происходить ежегодно сокращение площади кормовых угодий на территории Российской Федерации.

Построенная модель (рис. 4) показывает, что при сохранении существующих тенденций существенное изменение площади земель под многолетними насаждениями на территории Российской Федерации не выявлено. За весь исследуемый период (2015-2021 гг.) площадь многолетних насаждений сократилась на 23,6 тыс. га (1,2%). Аналогично предыдущим построенным моделям был проведен анализ по еще одному виду сельскохозяйственных угодий — залежи, площадь которой также со временем претерпела изменения в численности (рис. 5).

Построенная модель (рис. 5) показывает, что площадь залежи на территории Российской Федерации сократилась за 2015-2021 гг. на 51,6 тыс. га. Это объясняется тем, что на территории нашей страны в последнее время наблюдается активное направление вовлечения в оборот неиспользуемых земель посредством различных поддержек со стороны государства. При сохранении существующих тенденций будет происходить сокращение площади залежи на территории Российской Федерации и составит более 7 тыс. га ежегодно.

На рисунке 6 представлена структура изменений долевого соотношения сельскохозяйственных угодий на территории Российской Федерации в сравнении 2015 и 2021 гг.

Несмотря на сокращение земель сельскохозяйственного назначения, выявленное при анализе выше, из рисунка 6 видно, что процентное соотношение земель сельхозназначения в разрезе сельскохозяйственных угодий изменилось не сильно. Преобразования затронули только пашню и кормовые угодья, но незначительные, всего 1%.

Таким образом, подводя итоги, можно отметить, что в процентном соотношении земли сельскохозяйственного назначения не претерпели сильных изменений, что было отражено в таблице 1, но ежегодное их сокращение на более 100 тыс. га на территории страны показывает негативную динамику на прогноз в будущем.

Также, следует отметить, что линии тренда являются мощным инструментом, позволяющим анализировать данные, прогнозировать будущие значения и принимать обоснованные решения при планировании и прогнозировании. Они дополняют статистический анализ и помогают визуализировать данные, выявлять тенденции и строить гипотезы о будущих изменениях переменных. Строительство линий тренда является не только инструментом анализа прошлого,

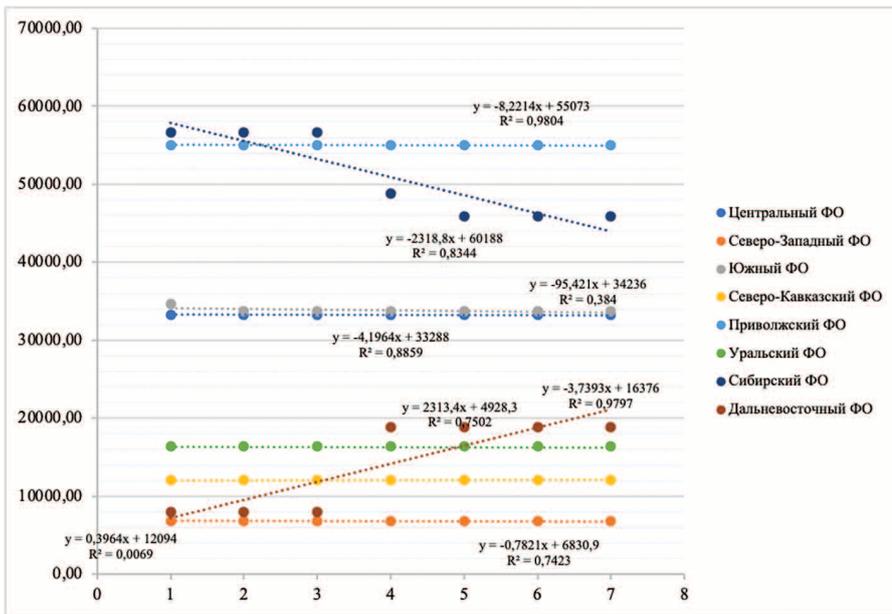


Рисунок 1. Динамика изменения площади сельскохозяйственных угодий по федеральным округам РФ, всего — тыс. га [6-10]
Figure 1. Dynamics of changes in the area of agricultural land in the federal districts of the Russian Federation, total — thousand hectares [6-10]

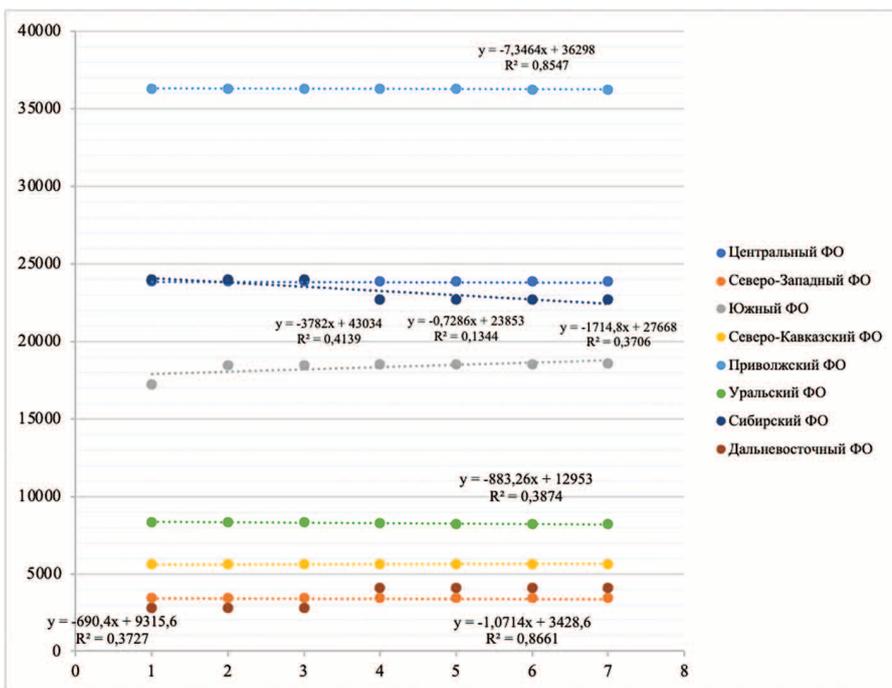


Рисунок 2. Динамика изменения площади пашни по федеральным округам РФ, всего — тыс. га [6-10]
Figure 2. Dynamics of changes in the area of arable land in the federal districts of the Russian Federation, total — thousand hectares [6-10]



но и прогнозирования будущего. Оно позволяет предугадать возможные тенденции и изменения в развитии сельских территорий на основе прошлых данных. Это помогает прогнозировать и планировать различные направления развития, выявить потенциальные проблемы и найти решения заранее.

В заключение, можно сделать вывод, что на основе полученных данных о состоянии сельскохозяйственного сектора как отдельного округа, так и Российской Федерации в целом,

были выявлены тенденции изменения площади под тем или иным видом угодий.

Таким образом, построение линии тренда сельскохозяйственных угодий позволяет не только оценить текущее состояние сельскохозяйственного сектора, но и прогнозировать его развитие и формировать предложения по планированию и прогнозированию развития сельских территорий. Это важный инструмент для принятия обоснованных решений и создания устойчивых условий для развития аграрного сектора.

Список источников

1. Комаров С.И., Рассказова А.А. Применение методов экстраполяции при прогнозировании сельскохозяйственного землепользования // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2022. № 5. С. 324-328. DOI 10.33920/sel-04-2205-03. EDN KZSOTM.
2. Комаров С.И., Рассказова А.А. Прогнозирование и планирование использования земельных ресурсов и объектов недвижимости : Учебник. Москва : Издательство Юрайт, 2020. ISBN 978-5-534-06225-0. EDN FKTZCJ.
3. Фомкин И.В., Сорокина О.А., Федорова А.В. Прогнозирование как один из механизмов эффективного планирования использования земельных ресурсов субъекта Российской Федерации. Цифровизация землепользования и землеустройства: тенденции и перспективы : Материалы международной научно-практической конференции, Москва, 14 октября 2021 года. Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Государственный университет по землеустройству, 2022. С. 283-292. EDN KBCIDW.
4. Чибиркина, Е. А., Комаров С.И. Прогнозирование и планирование сельскохозяйственного землепользования Калужской области на современном этапе // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4(394). С. 322-325. DOI 10.55186/25876740_2023_66_322. EDN UPIDAV.
5. Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации на 2022-2031 годы. URL: <http://static.government.ru/media/files/H0r3EQe7gpGEJvEtfACIXtnJ4gt6Xpr2.pdf> (дата обращения: 21.08.2023). — Текст: электронный.

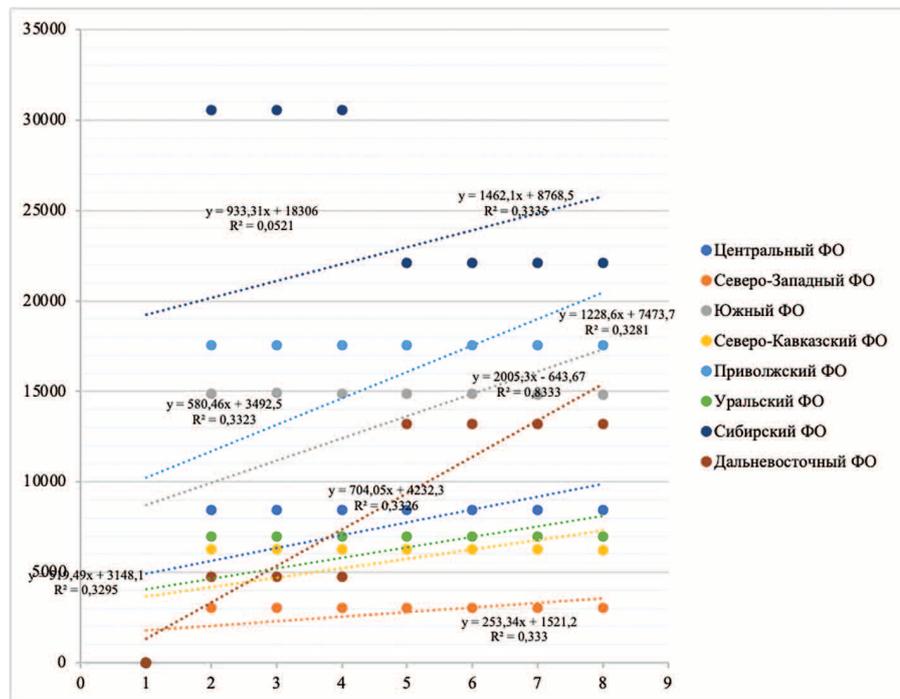


Рисунок 3. Динамика изменения площади кормовых угодий по федеральным округам РФ, всего — тыс. га [6-10]
Figure 3. Dynamics of changes in the area of forage lands in the federal districts of the Russian Federation, total — thousand hectares [6-10]

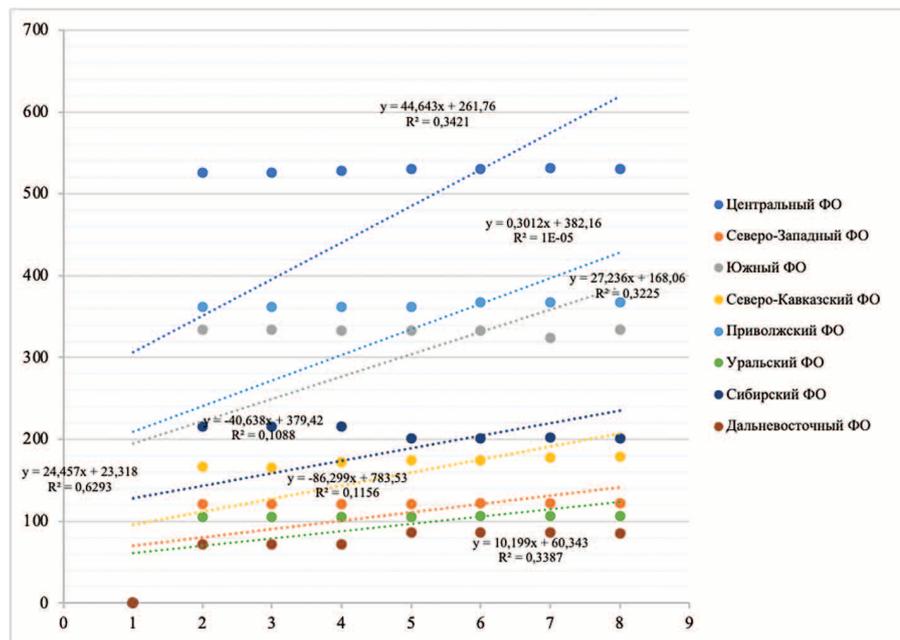


Рисунок 4. Динамика изменения площади многолетних насаждений по федеральным округам РФ, всего — тыс. га [6-10]
Figure 4. Dynamics of changes in the area of perennial plantings in the federal districts of the Russian Federation, total — thousand hectares [6-10]

6. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году — URL: [http://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Государственный%20\(национальный\)%20доклад%20о%20состоянии%20и%20использовании%20земель%20в%202021%20году.pdf](http://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Государственный%20(национальный)%20доклад%20о%20состоянии%20и%20использовании%20земель%20в%202021%20году.pdf) (дата обращения: 21.08.2023). Текст: электронный.
7. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году — URL: [http://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Государственный%20\(национальный\)%20доклад_2020.pdf](http://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Государственный%20(национальный)%20доклад_2020.pdf) (дата обращения: 21.08.2023). Текст: электронный.
8. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году — URL: <http://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Доклад%20для%20диска%2011.12.pdf> (дата обращения: 21.08.2023). Текст: электронный.
9. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2018 году — URL: <http://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Госдоклад%20за%202018%20год.pdf> (дата обращения: 21.08.2023). Текст: электронный.
10. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2015 году. URL: <http://rosreestr.gov.ru/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvenny-natsionalny-doklad-o-sostoyanii-ispolzovanii-zemel-rossiyskoy-federatsii/?ysclid=m4qkkm4ne333111088> (дата обращения: 21.08.2023). Текст: электронный.

References

1. Komarov S.I. (2022). *Primenenie metodov ekstrapolyacii pri prognozirovanii sel'skhozajstvennogo zemlepol'zovaniya* [Application of extrapolation methods in forecasting agricultural land use]. Journal of the Land Management, Monitoring and Cadastre, no. 5, pp. 324-328. DOI 10.33920/sel-04-2205-03. EDN KZSOTM.
2. Komarov S.I., Rasskazova A.A. (2020). *Prognozirovaniye i planirovaniye ispol'zovaniya zemel'nykh resursov i ob'ektov nedvizhimosti* [Forecasting and planning of the use of land resources and real estate] : Uchebnik / Moscow: YUrajt, 298 p. pp. 14-16. ISBN 978-5-534-06225-0. EDN FKTZCJ.
3. Fomkin I.V., Sorokina O.A., Fedorin A.V. (2021). *Prognozirovaniye kak odin iz mekhanizmov effektivnogo planirovaniya ispol'zovaniya zemel'nykh resursov sub'ekta Rossijskoj Federacii* [Forecasting as one of the mechanisms of effective planning of the use of land resources of the subject of the Russian Federation]: Materials of the International sci-



entific and practical conference, Moscow, October 14, 2021. Moscow: The State University of Land Use Planning, pp. 283-292. EDN KBCIDW.

4. Chibirkina E.A., Komarov S.I. (2023). *Prognostirovanie i planirovanie sel'skhozoyajstvennogo zemlepol'zovaniya Kaluzhskoy oblasti na sovremennom etape* [Forecasting and planning of agricultural land use in the Kaluga region at the pres-

ent stage]. *Journal of the International agricultural journal*, no. 4 (394), pp. 322-325. DOI 10.55186/25876740_2023_66_322. — EDN UPIDAV.

5. Gosudarstvennaya programma effektivnogo вовлечения v оборот zemel' sel'skhozoyajstvennogo naznacheniya i razvitiya meliorativnogo kompleksa Rossijskoj Federacii na 2022-2031 gody [Elektronnyi resurs] [The State

program of effective involvement in the turnover of agricultural lands and the development of the reclamation complex of the Russian Federation for 2022-2031]. URL: <http://static.government.ru/media/files/H0r3EQe7gpGEJvEtfACIXtn-J4gt6Xpr2.pdf> (Accessed 21.08.2023).

6. Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossijskoj Federacii v 2021 godu [Elektronnyi resurs] [State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2021]. — URL: [http://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Государственный%20\(национальный\)%20доклад%20о%20состоянии%20и%20использовании%20земель%20в%202021%20году.pdf](http://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Государственный%20(национальный)%20доклад%20о%20состоянии%20и%20использовании%20земель%20в%202021%20году.pdf) (Accessed 21.08.2023).

7. Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossijskoj Federacii v 2020 godu [Elektronnyi resurs] [State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2020]. URL: [http://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Государственный%20\(национальный\)%20доклад_2020.pdf](http://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Государственный%20(национальный)%20доклад_2020.pdf) (Accessed 21.08.2023).

8. Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossijskoj Federacii v 2019 godu [Elektronnyi resurs] [State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2019]. URL: <http://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Доклад%20для%20диска%2011.12.pdf> (Accessed 21.08.2023).

9. Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossijskoj Federacii v 2018 godu [Elektronnyi resurs] [State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2018]. URL: <http://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Госдоклад%20за%202018%20год.pdf> (Accessed 21.08.2023).

10. Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossijskoj Federacii v 2018 godu [Elektronnyi resurs] [State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2018]. URL: <http://rosreestr.gov.ru/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvenny-natsionalny-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-rossijskoj-federatsii/?ysclid=lm4qkkm4ne333111088> (Accessed 21.08.2023).

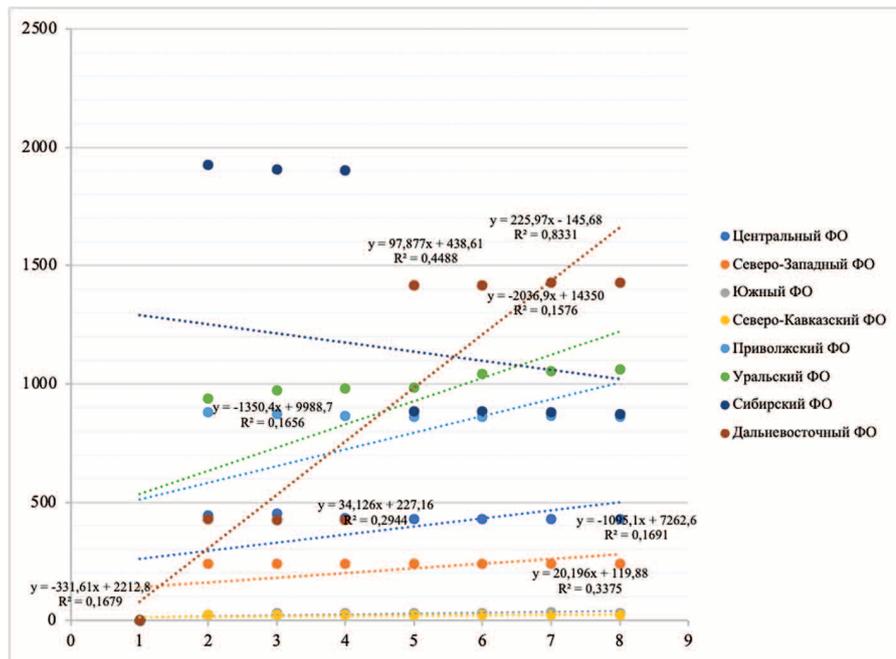


Рисунок 5. Динамика изменения площади залежи по федеральным округам Российской Федерации, всего — тыс. га [6-10]

Figure 5. Dynamics of changes in the area of the deposit by federal districts of the Russian Federation, total — thousand hectares [6-10]



Рисунок 6. Динамика изменения площади структуры сельскохозяйственных угодий на территории Российской Федерации

Figure 6. Dynamics of changes in the area structure of agricultural land on the territory of the Russian Federation

Информация об авторах:

Антропов Дмитрий Владимирович, кандидат экономических наук, доцент кафедры кадастра недвижимости и землепользования, заведующий лабораторией научных и методических проблем кадастров кафедры кадастра недвижимости и землепользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8834-7767>, antropovdv@guz.ru

Кириллов Роман Андреевич, старший преподаватель кафедры кадастра недвижимости и землепользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0897-884X>, romone@yandex.ru

Чибиркина Евгения Александровна, магистрант по направлению подготовки землеустройство и кадастры, оператор ЭВМ лаборатории научных и методических проблем кадастров кафедры кадастра недвижимости и землепользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0047-3046>, evgeniya.18.06@mail.ru

Information about the authors:

Dmitriy V. Antropov, candidate of economic sciences, associate professor of the department of real estate cadastre and land use, head of the laboratory of scientific and methodological problems of cadastres of the department of real estate cadastre and land use, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8834-7767>, antropovdv@guz.ru

Roman A. Kirillov, senior lecturer of the department of real estate cadastre and land use, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0897-884X>, romone@yandex.ru

Evgeniya A. Chibirkina, master's student area of study land use planning and cadastres, computer operator of the laboratory of scientific and methodological problems of cadastres of the department of real estate cadastre and land use, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0047-3046>, evgeniya.18.06@mail.ru



Научная статья

УДК [911. 2. 550.4] 574 (470. 311)

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_441

ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ НА ВОДОСБОРАХ МАЛЫХ РЕК НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД ХИМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Т.В. Папаскири¹, Л.И. Бойценюк¹, В.С. Груздев¹,
С.В. Суслов¹, М.А. Хрусталева², К.Е. Медведев¹

¹Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Москва, Россия

Аннотация. Для оценки вклада земель с различным типом использования в общий вынос биогенных элементов в малые водоемы, имеющие водохозяйственное значение, на территории Пушкинского городского округа Московской области в 2021-2023 годах проведены исследования содержания подвижных форм элементов в водах малых рек ниже по течению сельскохозяйственных, селитебных территорий в период весеннего половодья, в летний период отбирались пробы пахотного горизонта почвы с полей севооборота и естественная почва, отобранная в ельнике-кисличнике для оценки наличия подвижных форм элементов. Сравнительный анализ показывает, что общая минерализация и содержание подвижных форм биогенных элементов в диффузных стоках с селитебной территории в весенний период в среднем в 1,5...2,5 раза превышают соответствующие показатели стоков с земель лесного фонда. Содержание биогенных элементов, общая минерализация в поверхностных стоках с сельскохозяйственных угодий на которых проведено подзимнее внесение минеральных и органических удобрений под культуру севооборота характеризуется наличием внесенных элементов в количестве в более чем в десять раз превышающих фоновые концентрации. Сравнение содержания подвижных форм элементов в почве различных полей севооборота в летний период показало незначительное превышение содержания растворимых форм калия, фосфатов, во всех полях севооборота над аналогичными значениями для лесных и луговых ландшафтов. Таким образом, вовлечение в сельскохозяйственный оборот земель, прилегающих к водоемам, имеющим водохозяйственное значение требует коррекции сроков и способов внесения удобрений для минимизации смыва в водоемы. Селитебные территории, находящиеся на водосборе малых рек, характеризуются относительно постоянным диффузным стоком биогенных элементов в течении всего года и так же требуют проведения работ по уменьшению диффузного стока.

Ключевые слова: земли сельскохозяйственного назначения, поверхностный сток, биогенные элементы

Original article

THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL LAND USE IN THE CATCHMENTS OF SMALL RIVERS ON WATER POLLUTION BY CHEMICAL ELEMENTS

T.V. Papaskiri¹, L.I. Boytsenyuk¹, V.S. Gruzdev¹,
S.V. Suslov¹, M.A. Khrustaleva², K.E. Medvedev¹

¹State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. To assess the contribution of lands with different types of use to the total removal of biogenic elements to small water bodies of water management importance, in the territory of the Pushkin City District in 2021-2023, studies were carried out on the content of mobile forms of elements in the waters of small rivers downstream of agricultural, residential areas in the summer period were selected soil samples of crop rotation fields, forest fund to assess the presence of mobile forms of elements. Comparative analysis shows that diffuse runoff from residential areas is on average 1.5...2.5 times higher than runoff from forest fund lands; than ten times the background concentrations. Comparison of the content of mobile forms of elements in the soil of different crop rotation fields showed an increased content of potassium, phosphates, even in the fallow. Thus, the involvement in agricultural circulation of lands adjacent to water bodies of water management importance must be limited, and the timing and methods of fertilization should be significantly changed to minimize flushing into water bodies.

Keywords: agricultural land, surface runoff, biogenic elements

Введение. В течение последних нескольких десятилетий на территории Московской области в связи со сменой экономической модели произошло существенное изменение структуры землепользования, резко уменьшилась доля эксплуатируемых земель сельскохозяйственного назначения, зато существенно выросла доля земель селитебных территорий, в результате чего произошла смена источников поступления биогенных элементов [1,2]. Однако, в связи с существующими тенденциями стремления к импортозамещению, наметились возможности вовлечения в сельскохозяйственный оборот длительно не используемых земель, в том числе расположенных на водосборной территории водоемов водохозяйственного и рыбохозяйственного значения, что может существенно повлиять на объем и структуру выноса биогенных элементов в водоемы. В данной работе

на примере Пушкинского городского округа для оценки вклада сельскохозяйственного использования земель в сравнении с территориями лесного фонда, жилой застройки в выносе биогенных элементов с поверхностным стоком были отобраны пробы почв в лесном фонде, землях, находящихся в сельскохозяйственном обороте, а также пробы вод малых рек ниже водосборных территорий с различным типом использования. Сравнение общей минерализации вод весеннего поверхностного стока с водосборами различного типа хозяйственного использования позволяет сравнить их общий вклад в загрязнение поверхностных вод [5].

Материалы и методы исследований. С целью оценки выноса биогенных элементов с поверхностным стоком с водосборов имеющих различный тип хозяйственного использования, на территории Пушкинского городского округа

были отобраны пробы вод весеннего половодья, из малых рек — Уча, Серебрянка, ниже водосборов с характерным типом землепользования — естественные леса, селитебная территория, поля севооборота с предзимним внесением основного удобрения под основную культуру севооборота. Также в летний период отбирались средние образцы почвы в различных типах ландшафтов: ельник кисличник, расположенный в верховьях р. Серебрянка, заливной луг, земли сельскохозяйственного использования. По площади с естественным ландшафтом отбирался средний образец почвенного горизонта А0-А1, на полях севооборота по площади отбирался средний образец пахотного горизонта. В лабораторных условиях проводилось количественное определение содержания катионов и анионов в образцах вод половодья, в образцах почвы определение содержания подвижных

форм биогенных элементов проводилось по водной вытяжке 1:10 с помощью метода ионной хроматографии на приборе фирмы JETchrom, с применением методик: природные и сточные воды — ПНД Ф 14.2:4.176 и ПНД Ф 14.1:2.4.167; для почв — ПНД Ф 16.1.8-98.

Результаты и обсуждение. Пробы воды отбирали весной 2023 г. на трех пробных площадках:

1. Река Серебрянка у д. Степаньково ниже естественного лесного массива — ельник — кисличник, с примесью березы и осины, на среднесуглинистой, подзолистой почве рис. 1;

2. Река Уча ниже границы жилой застройки г. Пушкино, 500м ниже по течению моста Ярославского шоссе, левый берег;

3. Малый временный водоток ниже д. Ельдигино по границе поля, находящегося в сельскохозяйственном обороте, в состоянии после осеннего внесения навоза и минеральных удобрений под основную обработку почвы рис. 2.

Результаты химического анализа проб воды отобранных в сроки весеннего половодья в водотоках на землях с различным использованием, представлены в табл. 1.

Сравнительный анализ данных табл. 1 показывает, что минимальные концентрации катионов и анионов, минимальная минерализация воды весеннего половодья наблюдается при наличии на водосборной территории естественного лесного ландшафта. Присутствие растворимых форм элементов обеспечивается при их высвобождении в естественном почвенном подзолистом и дерново- подзолистом процессах. На селитебной территории большая часть

образующихся отходов перехватывается канализацией, однако все равно происходит накопление случайных загрязнений различного происхождения, увеличивающих концентрацию по отдельным элементам в 1,5-3 раза, общая минерализация воды в р. Уча ниже г. Пушкино практически в 3 раза выше, чем минерализация воды с водосбора с естественным лесным ландшафтом, с преобладанием в структуре стока хлоридов и сульфатов характерных для различной бытовой химии. Воды, отобранные из малого водотока, ниже поля с внесенными под зиму органическими и минеральными удобрениями, характеризуются увеличением концентрации подвижных форм элементов в 10-20 раз по сравнению с фоновыми значениями. В стоках существенно повышены концентрации калия, хлора, фосфатов, что указывает на одновременное подзимнее внесение кроме навоза калийных и фосфорных минеральных удобрений. Это свидетельствует, что при традиционном способе внесения удобрений под культуры севооборота под осеннюю вспашку, происходит существенная потеря элементов питания и одновременно существенное загрязнение водоемов биогенными элементами.

При исследовании влияния сельскохозяйственного использования земель на количество и состав подвижных форм биогенных элементов летом 2022 г. На территории Пушкинского городского округа Московской области отобраны пробы почвы на следующих пробных площадках:

1 Ельник — кисличник с примесью березы и осины у д. Степаньково на подзолистых, средне-суглинистых почвах, рис. 3, Первый

ярус древостоя представлен елью обыкновенной, имеющей высоту 20...25м, диаметр ствола 15...45 см., второй ярус древостоя состоит из ели высотой 10...15 м, с диаметром ствола 10...15 см. Подлесок слабо развит и представлен в основном рябиной обыкновенной, высотой 0,50...2,50 м., имеется незначительная примесь осины. В подлеске встречается бузина красная, жимолость лесная, бересклет бородавчатый. В лесном массиве кроме преобладающей кислицы в травостое представлены елово-щитовниковые ассоциации. Щитовник мужской имеет высоту 40-50 см., встречаются куртинки живучки ползучей. Из редких растений следует отметить наличие сочевичника весеннего, приуроченного к опушкам и окнам в древостое. Встречается также лютик кашубский, зеленчук желтый, копытень и другие виды. В лесу возобновляется в основном рябина красная, осина и местами ель. Поверхность почвы покрыта сухими листьями и хвоей.

2 Пойменный луг у р. Серебрянка, на дерново-подзолистой среднесуглинистой частично оглеенной почве. В травостое преобладают виды осок, Кострец безостый, Пырей, с примесью Клевера красного, Герани луговой, Василька лугового, Зверобоя продырявленного;

3 Поле у д. Ельдигино с кукурузой на силос, на среднесуглинистой почве, мощность пахотного горизонта 25-27 см;

4 Поле, трехлетняя залежь у д. Степаньково, почва среднесуглинистая, мощность пахотного горизонта 25-28 см. Рис. 2, в травостое преобладает Бодяк полевой (50-80%), присутствует Ежа сборная (15-20%), Кострец безостый, Пырей ползучий, Клевер, Лядвинец, Чина;

5 Поле, черный пар у д. Степаньково, почва среднесуглинистая, мощность пахотного горизонта 25-27 см. В травостое доминирует Бодяк полевой, с примесью ромашки непахучей, подорожника, василька лугового.

Результаты химического анализа водной вытяжки из среднего образца отобранных почв представлены в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 показывает, что подзолистый почвенный процесс — точка 1, ельник кисличник, отличающийся низким значением — рН 4,7, в теплый период обеспечивает наличие в почвенном профиле содержание подвижных форм биогенных элементов сравнимое с окультуренными почвами, находящимися в сельскохозяйственном обороте. Наличие подвижных форм биогенных элементов в данном случае определяется частично смывом с кронок деревьев дождевыми водами [3,4,6], а также собственно подзолистым, дерново-подзолистым почвенным процессом. Источником подвижных форм в данном случае служит биологическая переработка листового и хвойного опада. В вытяжке присутствуют основные биогенные элементы на некотором минимуме, определяемом скоростью разложения органики сапрофитами.



Рисунок 1. Место отбора проб поверхностных вод с пашни
Figure 1. Place of sampling of surface waters from arable land



Рисунок 2. Место отбора проб поверхностных стоков с поля
Figure 2. Sampling site for surface runoff from the field

Таблица 1. Содержание катионов и анионов в воде малых рек половодья 2023 г., мг/л
Table 1. The content of cations and anions in the water of small rivers during the flood of 2023, mg/l

№	Na	NH ₄	K	Mg	Ca	Cl	NO ₂	NO ₃	P ₂ O ₅	SO ₄	Общ. Мин.	pH
1	20,2	-	2,56	7,43	26,36	16,7	-	6,11	0,45	9,44	72	6,78
2	33,2	-	4,7	17,9	65,9	49,66	0,66	15,04	0,65	19,43	200	7,68
3	194,3	115,1	471,0	71,8	131,3	149,4	-	19,09	143,7	36,19	1568	7,11



На заливном лугу преобладает дерново — подзолистый процесс с признаками оглеения, что в свою очередь является следствием постоянно повышенного увлажнения почвенного профиля, характеризуется слабокислой реакцией почвенного раствора (рН 6,5) и более высокой эффективностью разложения органики, о чем можно судить по более высокой минерализации, в среднем 1,5 раза по элементам выше, чем в случае подзолистого процесса в ельнике кисличнике.

Для пахотных земель севооборота характерно увеличение количества подвижных форм биогенных элементов, что определяется ежегодным внесением под культуры севооборота органических и минеральных удобрений. Часть вносимых минеральных удобрений, особенно характерно для фосфорных удобрений, переходит в малорастворимые формы, способные длительно сохраняться в почвенном профиле и частично переходить в растворимые формы в течение длительного времени после внесения. По избытку валового и растворимых форм биогенных элементов, содержащую различные анионов и катионов в почвенном растворе в концентрациях превышающих показатели характерные для естественного почвенного процесса, можно определить количество и номенклатуру минеральных удобрений, внесенных ранее под культуры севооборота, что позволяет оценить степень окультуренности земель [7]. Превышение над фоном концентраций калия, нитратов, фосфатов, сульфатов, типично для внесения минеральных удобрений — хлорида и сульфата калия, нитратов, в то же время аммонийный азот присутствует в свободной форме в залежи, как и в лесу, что свидетельствует о происхождении аммонийных форм азота в результате естественного почвенного процесса [8]. Поскольку в образцах пахотных почв прослеживается повышенное содержание калия, сульфатов, фосфатов, даже в трехлетней залежи, имеет место последствие длительного внесения минеральных удобрений и их накопления в почвенном профиле. Интенсивное развитие полевых культур в летний период приводит к снижению содержания подвижных форм биогенных элементов в почвенном профиле благодаря использованию их растениями и их концентрации не достигают значений, существенно превышающих типичные для естественного почвенного процесса. Таким образом, можно констатировать что в период активного развития растений подвижные формы биогенных элементов в почвенном растворе на всех исследованных типах естественных почв и почв земель, находящихся в сельскохозяйственном обороте, различаются не более чем в 1,5 раза и опасность смыва поверхностными водами в сколько ни будь существенных количествах минимальна и не представляет угрозы для качества вод.



Рисунок 3. Ельник кисличник
Figure 3. Fir-tree sorrel



Рисунок 4. Трехлетняя залежь
Figure 4. Three-year deposit

Таблица 2. Содержание анионов и катионов в водной вытяжке образцов почв, мг/л
Table 2. The content of anions and cations in the water extract of soil samples, mg/l

№	Na	NH ₄	K	Mg	Ca	Cl	NO ₃	P ₂ O ₅	SO ₄	Общая минерализация	pH
1.	13,05	1,23	3,70	3,40	16,42	3,72	10,41	0,68	5,18	40	4,7
2.	15,20	0,85	2,73	4,38	18,71	3,71	10,43	0,66	5,18	57	6,5
3.	15,19	0,93	4,17	3,73	18,34	5,48	7,30	2,43	10,60	39	6,7
4.	15,85	0,91	5,53	3,87	18,71	9,19	6,74	0,99	11,41	9,3	7,0
5.	10,50	0,82	5,52	3,94	16,04	8,51	6,31	2,42	8,79	18	7,1



Выводы. При ведении сельского хозяйства для обеспечения запланированной урожайности культур севооборота в зависимости от биологических особенностей выращиваемой культуры производится внесение удобрений как органических, под основную культуру севооборота, так и минеральных. Схема внесения удобрений различна для разных культур, в Пушкинском городском округе хозяйство выращивает в основном кормовые культуры, кукурузу, картофель, свеклу, многолетние травы для обеспечения кормами животноводства. Повышенное содержание растворимых форм биогенных элементов фосфатов, сульфатов, калия в пахотных землях, в том числе и в залежи, позволяет утверждать, что постоянное внесение химических и органических удобрений под культуры севооборота приводит к их частичной иммобилизации и накоплению малорастворимых форм, способных длительно переходить в почвенный раствор. В период активной вегетации происходит активное поглощение доступных форм питательных веществ растениями, поэтому в почвенном профиле отсутствуют высокие концентрации подвижных форм элементов, что в свою очередь существенно снижает риск смыва с полей биогенных элементов в водоемы поверхностным стоком. Существенный избыток подвижных форм биогенных элементов в поверхностных водах отобранных в малом водотоке ниже сельскохозяйственных земель, наблюдается только в ранневесенний период на полях, где проводилось основное внесение органических и минеральных удобрений под вспашку в осенний период. Смыв внесенных удобрений талыми водами с одной стороны приводит к потере урожайности выращиваемых культур, с другой вызывает существенное биогенное загрязнение водоемов в ранневесенний период. Вклад селитбных территорий в диффузный сток биогенных элементов в весенний период оказывается существенно меньше, чем в случае сельскохозяйственного использования земель, но если в случае земель сельскохозяйственного назначения летний сток существенно сокращается, то для селитбных территорий источник

загрязнения сохраняется в течение всего года и с уменьшением объема стока в летний период увеличивается общая минерализация, то есть отсутствуют сезонные пики поступления. Уменьшить негативное влияние растениеводства на качество поверхностных вод можно изменением сроков и способов внесения удобрений, направленной на уменьшение выноса их талыми и дождевыми водами в весенний период. Снизить поступление биогенных элементов с полей может так же создание в водоохраных зонах водоемов лесных массивов, обладающих наибольшей поглощательной способностью, лесополоса шириной 9 метров способна задержать до 90% твердых продуктов смыва, лесополоса шириной 14 метров задерживает до 100% твердых продуктов смыва. Лесополоса шириной 20 метров задерживает весь твердый сток и до 60% растворимых веществ [8].

Список источников

1. М.А. Терешина, О.Н. Ерина, Д.И. Соколов, Л.Е. Ефимова, Н.С. Касимов Биогенные вещества в р. Москве в условиях сильного загрязнения и минимальной самоочищающей способности / Четвертые виноградовские чтения. Гидрология от познания к мировоззрению. Сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Юрия Борисовича Виноградова. Санкт-Петербургский государственный университет. Санкт-Петербург: ВВМ. 2020. С. 799-804.
2. Даченко Ю.С. Влияние Ивановского водохранилища на качество волжского источника водоснабжения г. Москвы // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2021. № 5. С. 124-130.
3. Папаскири Т.В., Пивень Е.А., Касьянов А.Е., Кучер Д.Е., Шевчук А.А. Исследование процессов вымывания химических веществ из дерново-подзолистой суглинистой и супесчаной почв // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. Том 66, № 1 (391). С. 24-26.
4. Суслов С.В., Груздева Л.П., Груздев В.С., Хрусталева М.А. Влияние химического состава снега водохранилищ зон Учинского и Пестовского водохранилищ на качество вод // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 1. С. 13-15.
5. Живетина А.В., Нохрин Д.Ю., Дерхо М.А., Мухамедьярова Л.Г. Сезонные особенности химического состава и качества воды в водохранилище руслового типа // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского Биология. Химия. Том 7(73). 2021. № 1. С. 259-276.

6. Сухановский Ю.П., Прущик В.А., Вытовтов В.А., Титов А.Г. Применение метода дождевания для исследования выноса из почвы биогенных веществ и тяжелых металлов // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 4. С. 363-366.

7. Долгов С.В., Коронкевич Н.И. Современные изменения выноса биогенных веществ в реки бассейна Волги на юге лесной зоны // Известия РАН. Серия географическая. 2019. № 5. С. 43-55.

8. Побединский А.В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов: изд. 2-е Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. 208 с.

References

1. M.A. Tereshina, O.N. Erina, D.I. Sokolov, L.E. Efimova, N.S. Kasimov (2020). Nutrients in the river. Moscow in conditions of severe pollution and minimal self-cleaning ability. Fourth Vinogradov Readings. Hydrology from knowledge to worldview. collection of reports of the international scientific conference in memory of the outstanding Russian scientist Yuri Borisovich Vinogradov, St. Petersburg State University, VVM, pp.799-804.
2. Datsenko Yu.S. (2021). Influence of the Ivankovo reservoir on the quality of the Volga source of water supply in Moscow. Bulletin of Moscow University, ser. 5, geogr., no. 5, pp. 124-130.
3. Papaskiri T.V., Piven E.A., Kasyanov A.E., Kucher D.E., Shevchuk A.A. (2023). Investigation of the processes of chemical substances leaching from soddy-podzolic loamy and sandy soils. International Agricultural Journal, vol. 66, no. 1 (391), pp. 24-26.
4. Suslov S.V., Gruzdeva L.P., Gruzdev V.S., Khrustaleva M.A. (2019). Influence of the chemical composition of snow in the water protection zones of the Uchinsky and Pestovsky reservoirs on water quality. Reclamation and water management, no. 1, pp. 13-15.
5. Zhivetina A.V., Nokhrin D.Yu., Derkho M.A., Mukhamedyarova L.G. (2021). Seasonal features of the chemical composition and quality of water in a channel-type reservoir. Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky Biology, Chemistry, vol. 7(73), no. 1, pp. 259-276.
6. Sukhanovsky Yu.P., Prushchik V.A., Vytovtov V.A., Titov A.G. (2022). Application of the sprinkling method to study the removal of biogenic substances and heavy metals from the soil. International Agricultural Journal, no. 4, pp. 363-366.
7. Dolgov S.V., Koronkevich N.I. (2019). Modern changes in the removal of nutrients into the rivers of the Volga basin in the south of the forest zone. Izvestiya RAN. Geographic series, no. 5, pp. 43-55.
8. Pobedinsky A.V. (2013). Water-protective and soil-protective role of forests: ed. 2nd, Pushkino: VNIILM, 208 p.

Информация об авторах:

Папаскири Тимур Валикович, доктор экономических наук, профессор, врио ректора, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3780-9060>, t_papaskiri@mail.ru

Бойценюк Леонид Иосифович, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат биологических наук, профессор кафедры цифрового земледелия и ландшафтного проектирования, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6098-0755>, lebojoj@yandex.ru

Груздев Владимир Станиславович, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6098-0755>, Gruzdev-vladimir@yandex.ru

Суслов Сергей Владимирович, кандидат географических наук, доцент кафедры цифрового земледелия и ландшафтного проектирования, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7286-042X>, sus2014.sus@yandex.ru

Хрусталева Марина Антоновна, кандидат географических наук, с.н.с. кафедры физической географии и ландшафтоведения, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0129-5635>, marinahrust@rambler.ru

Медведев Кирилл Евгеньевич, соискатель кафедры цифрового земледелия и ландшафтного проектирования, Государственный университет по землеустройству

Information about the authors:

Timur V. Papaskiri, doctor of economic sciences, professor, acting rector, State University of Land Use Planning, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3780-9060>, t_papaskiri@mail.ru

Leonid I. Boytsenyuk, doctor of agricultural sciences, candidate of biological sciences, professor of the department of digital farming and landscape design, State University of Land Use Planning, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6098-0755>, lebojoj@yandex.ru

Vladimir S. Gruzdev, doctor of geography, professor, head of the department of civil engineering, State University of Land Use Planning, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6098-0755>, Gruzdev-vladimir@yandex.ru

Sergey V. Suslov, candidate of geographical sciences, associate professor of the department of digital farming and landscape design, State University of Land Use Planning, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7286-042X>, sus2014.sus@yandex.ru

Maria A. Khrustaleva, candidate of geographical sciences, senior researcher department of physical geography and landscape science, Lomonosov Moscow State University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0129-5635>, marinahrust@rambler.ru

Kirill E. Medvedev, applicant of the department of digital agriculture and landscape design, State University of Land Use Planning



Научная статья
УДК 332.362
doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_445

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

С.А. Липски, Т.А. Емельянова, А.В. Фаткулина

Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены методы проведения землеустроительных мероприятий на северных территориях. Анализ правил землепользования и землеустройства для этих территорий и материалов их обследований позволил определить для них основные направления изучения земель и их картографирования, оценить уровень развития оленеводства и природную оленеёмкость пастбищ, и текущую организацию их использования на примере хозяйства «Попогай», а также эффективность землеустройства для северных территорий. Показано, что для разработки конкретных мероприятий необходимо изучить экономические, природные и другие условия регионов России. Особенность северных районов требует проведения землеустройства с сохранением многовековых традиций использования природной среды, предусматривающим формирование общинно-родовых хозяйств и т. д. Раскрыты показатели эффективности и предложены оптимальные виды проведения землеустройства в арктической зоне. Предложены решения, направленные на улучшение экологической ситуации и снижение антропогенной нагрузки на уникальные экологические системы Севера. Реализовывать это предлагается на основе современных цифровых технологий и новой редакции закона о землеустройстве.

Ключевые слова: северные территории, земельные ресурсы, землеустройство, эффективность, общинно-родовые хозяйства, олени пастбища, оленеводство

Original article

SOME ISSUES OF THE ORGANIZATION OF LAND MANAGEMENT IN THE NORTHERN TERRITORIES

S.A. Lipski, T.A. Emelyanova, A.V. Fatkulina

State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

Abstract. The article discusses the methods of land use planning measures in the northern territories. The analysis of the rules of land use and land use planning for these territories and the materials of their surveys made it possible to determine for them the main directions of land study and mapping, to assess the level of development of reindeer husbandry and the natural reindeer capacity of pastures, and the current organization of their use on the example of the Popigai farm, as well as the effectiveness of land use planning for the northern territories. It is shown that in order to develop specific measures, it is necessary to study the economic, natural and other conditions of the regions of Russia. The peculiarity of the northern regions requires land management with the preservation of centuries-old traditions of using the natural environment, providing for the formation of communal and ancestral farms, etc. Efficiency indicators are disclosed and optimal types of land management in the Arctic zone are proposed. Solutions aimed at improving the ecological situation and reducing the anthropogenic load on the unique ecological systems of the North are proposed. It is proposed to implement this on the basis of modern digital technologies and a new version of the law on land use planning.

Keywords: northern territories, land resources, land management, efficiency, communal and ancestral farms, reindeer pastures, reindeer husbandry

Введение. Использование земельных ресурсов в различных видах хозяйственной деятельности в основном проводится способами, изменяющими природную среду в большинстве случаев в негативную сторону. Увеличиваются экологические проблемы на территории России, связанные с земельными ресурсами, а именно происходит масштабная деградация и загрязнение земель, ухудшение их плодородных свойств и качественного состава, перхимизация почв из-за чрезмерного применения удобрений и пестицидов. Поэтому особую актуальность приобретают задачи, направленные на защиту земель как природного объекта и ресурса.

Методы землеустройства позволяют создать такую систему, которая позволяет использовать земли не только экономически эффективно, но и экологически правильно, сберегая полезные природные свойства почв и вообще — экосистем [1].

Методика. При работе над статьей авторы применяли нормативные документы, регламентирующие землепользование на северных территориях, а также рабочие материалы их землеустроительных обследований. Применены сравнительно-правовой, абстрактно-логический, монографический, графический и другие методы.

Результаты. В современных условиях землеустройство должно приобретать формы, учитывающие природные характеристики земельных

ресурсов и свойства определенных сельскохозяйственных культур. Таким образом, землеустроительные мероприятия на определенных территориях должны обеспечивать приспособление:

- сельскохозяйственных культур и сельскохозяйственного производства в целом;
- природных, социально-экономических и организационно-хозяйственных условий;
- прибыли сельскохозяйственного производства и экономически обоснованных затрат;
- обеспечение выгод, необходимых для развития разных территорий России;
- взаимного использования земель разного целевого назначения не только в сельскохозяйственной отрасли, но и в других отраслях для создания единой многофункциональной системы земельного фонда [2].

Землеустроительные проекты основываются, прежде всего, на системе научных знаний о земельных ресурсах (почвах). На сегодняшний день земли изучаются по трём основным направлениям (табл. 1).

Система изучения включает в себя все три направления, и позволяет на основе исследований признаков и свойств земель создавать карты, указанные в табл. 2.

Отдельное внимание стоит уделить северным районам России, которые характеризуются экстремальными климатическими условиями, значительными запасами полезных ископае-

мых, уникальными экологическими системами. При использовании данных территорий важно найти баланс между деятельностью человека и сохранением природных систем Арктики, которые имеют низкие способности к самовосстановлению.

Перспективы социально-экономического развития коренных малочисленных народов Севера (далее — КМНС) и обустройства их общин, сохранение (а то и — воссоздание) их традиционного быта и хозяйственного уклада, инвестиционная активность и предпринимательская деятельность в местах их проживания во многом зависят от оптимальности организации землепользования.

Поэтому важно изучить как положительные, так и отрицательные стороны земельных преобразований северных территорий, так как они характеризуются особо уязвимыми и экстремальными факторами среды [4]. Такие данные важны для обеспечения территориального развития двух противоположных типов хозяйствования, таких как традиционное природопользование КМНС и современное промышленное. Последнее направлено, главным образом, на разработку недр и, соответственно, промышленное производство занимает значительные территории и оказывает влияние на уникальные пространства (экологическое, полиэтническое и культурное).

Таблица 1. Направления изучения земель
Table 1. Directions of land study

Вид изучения земель	Описание полученных знаний
Региональный	Значение определённых территорий для конкретных видов использования, применяя данные геопространственных признаков и методы районирования, позволяющие обозначить агроэкологический потенциал разных регионов России, а также провести их сравнительный анализ
Типологический	Изучение территориального разнообразия типов земель и их оценка на определённых участках
Регионально-типологический	Территориальное разделение земель, применяя методы регионального и типологического изучения

Таблица 2. Виды карт, составленных по результатам изучения земель
Table 2. Types of maps compiled based on the results of the study of lands

Виды карт	Информативное содержание
Пространственные	Отображения пространств (областей) с похожими условиями для дальнейшего составления планов использования земель
Динамические (агроэкологические)	Выявление и распределение земель по соответствию для разных видов использования
Групповые (эколого-хозяйственные)	Определение пригодности земель для определенного целевого назначения

Народы Севера за многие сотни лет жизни в сложных для человека условиях нашли уникальные способы обеспечения своей жизнедеятельности, и они же применяются при традиционном природопользовании, а их культура и быт обладают непреходящей общечеловеческой ценностью [6]. При этом во всех северных регионах основа традиционного хозяйствования — оленеводство, которое возникло и развивалось на протяжении длительного периода истории и является базисом всего образа жизни КМНС (экономики, быта, культуры и т.п.) [3].

При этом эффективность оленеводства, да и вообще — использования северных территорий определяются качественным состоянием пастбищ для выпаса оленей. Важными условиями при этом являются рациональная организация регионов и степень оленеёмкости пастбищ с минимальными нагрузками на природную среду и в то же время обеспечение высокой продуктивности.

Ведение хозяйства в арктической зоне может осуществляться следующими организационно-технологическими уровнями оленеводства в зависимости от количества одомашненных оленей, которые представлены в табл. 3.

Уровни ведения оленеводства с реализацией природной оленеёмкости пастбищ до 60% проводятся по заранее составленным землеустроительным проектам, используя организационно-территориальные мероприятия. Комплекс проводимых работ включают: маршруты движения оленей, управление стадами домашних оленей, производственные центры, зооветеринарные мероприятия, охрану поголовья оленей,

Таблица 3. Уровни оленеводства в северных районах
Table 3. Levels of reindeer husbandry in the northern regions

Организационно-технологические уровни оленеводства	Реализация природной оленеёмкости пастбищ, %
Эталонный	100
Высокий	90
Средний	75
Низкий	60
Уровень с постепенной утратой численности домашних оленей	50
Уровень с увеличением дикого оленя	менее 50

предотвращение деградации оленьих пастбищ, сезонные пастбищеобороты, подготовка и повышение квалификации кадров оленеводов.

После ликвидации колхозов и совхозов принадлежавшие им земельные участки передавались товариществам и акционерным обществам [8]. Другой порядок был принят по установлению границ общинно-родовых хозяйств, а именно они определялись со слов потомков бывших владельцев родовых угодий (так называемые «родовые угодья»).

Зачастую новые землепользования в Арктической зоне создавались без соблюдения ранее разработанных методов использования пастбищ для выпаса оленей и других промысловых угодий [7]. Чтобы создать компактные объекты землепользования и уменьшить маршруты кочевания (и их перекрещивания), между общинами (родами) проводился взаимный обмен угодий, но он был не для всех равнокачественным и приемлемым.

Все это требует землеустроительных решений, примером которых, является, например, проект организации оленьих пастбищ Оленеводско-промысловое хозяйство «Поппай» (Таймырском Долгано-Ненецком районе Красноярского края — рис. 1).

Конечно же, указанный проект разрабатывался в расчете на типичные для Таймыра крупно-товарные формы оленеводства (здесь — в отличие от других северных регионов — явно преобладает не семейная форма его ведения, а разведение оленей сельскохозяйственными предприятиями (68,2% регионального поголовья) либо КФХ (в условиях постсоветской России — 31,1%; причем последняя форма в Красноярском крае развивается весьма активно — сейчас большинство «фермерских» оленьих страны (60%) находится в данном регионе [6]).

Также следует указать на такую современную особенность использования земель традиционного природопользования, которая обусловлена изменением их правового статуса. Так ранее землепользователи могли получить оленьи пастбища и промысловые угодья в пользование на 25 лет, теперь же нормы законодательства, регулирующие вопросы использования территорий, на которых проживают КМНС с применением традиционного природопользования, предписывают предоставлять их в безвозмездное пользование лицам, относящимся к таким

народом и их общинам. Причем предоставляемые участки могут иметь различное целевое назначение (быть землями разных категорий [11]).

Проведение землеустройства на северных территориях России обеспечивается многообразием методов и реализуется в основном через разработку и перенесение на местность землеустроительных проектов: 1) территориальных за счёт изъятия, предоставления и аренды земельных участков; 2) внутрихозяйственных, при которых устраиваются сельскохозяйственные и общинно-родовые хозяйства.

Северные районы имеют определенную специфику, которая в большей мере соответствует территориальному землеустройству. А именно происходит предоставление земель в аренду предприятиям горно-добывающей отрасли, для этого вида землеустройства и его разновидностей необходимо проводить детальное и надежное обоснование. В северных районах экологические требования (экологическая эффективность) и сохранение (восстановление, поддержание) природных ландшафтов имеют первоочередный приоритет над экономическими выгодами использования земельных ресурсов.

Эффективность использования земель и природных ресурсов северных территорий можно оценить не только при помощи производственно-экономических результатов.

Для современной России северные территории являются регионом самых разнообразных интересов, например, к ним можно отнести научные, социально-этнические, экономические, ресурсные, геополитические, оборонные, стратегические, территориальные и др. И на сегодняшний день никакой альтернативы данным территориям нет. Именно на территории России сосредоточены крупнейшие северные экосистемы.

Стоит обратить внимание на то, что при добыче природного газа и нефти сильно нарушается, разрушается и загрязняется окружающая среда.

Создание и применение методов, формирующих рациональное использование и охрану земель, обеспечивают экологическую эффективность, что отражается на качественных показателях. Выполнение специальных природоохранных норм и нормативов предусматривается мероприятиями, которые позволяют в дальнейшем получить и количественное стоимостное выражение.

От экологического и материального благополучия зависит социальная эффективность. Разностороннее развитие отдельного человека, и в целом населения, создание комфортных условий жизни обеспечивается благоприятными моделями организации регионов и территорий.

Основными характеристиками экономической эффективности землеустроительных мероприятий (в т.ч. для северных регионов) являются:

- увеличение объемов производства;
- минимизация затрат на хозяйственную деятельность;
- увеличение доходов (заработной платы) работников;
- рост прибыли отдельных предприятий (организаций) и отрасли в целом;
- перспектива самостоятельной и цельной деятельности хозяйственных и административно-территориальных учреждений и предприятий.

Особенностью экономического эффекта в северных районах являются направления, создающие условия для устойчивого развития КМНС на принципах самообеспечения и восстановления их традиционного образа жизни.

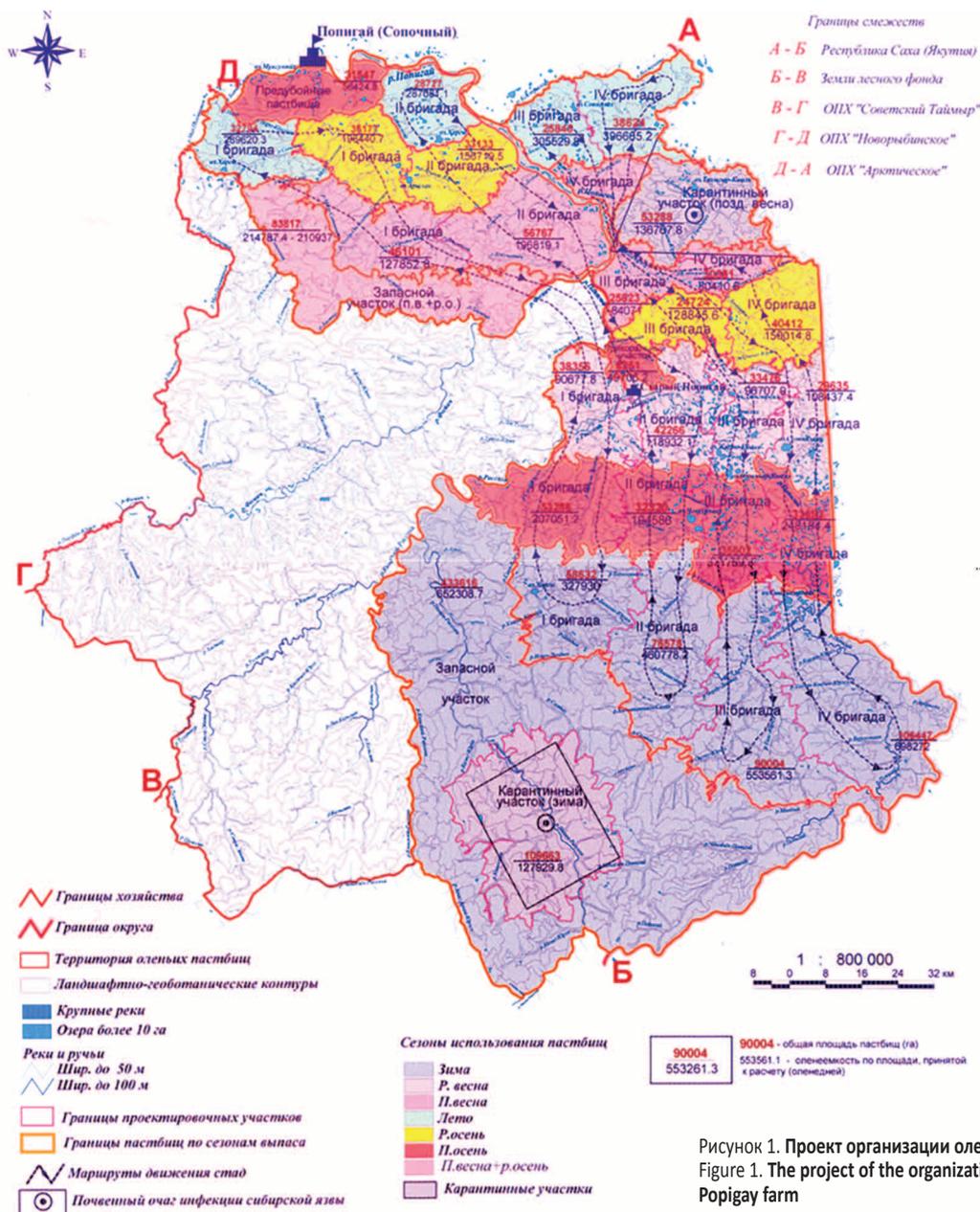


Рисунок 1. Проект организации оленьих пастбищ ОПХ «Попига́й»
 Figure 1. The project of the organization of reindeer pastures of the Popigay farm

Таблица 4. Эффективность землеустройства северных территорий, обеспечивающая целесообразное и разумное использование и охрану земель
 Table 4. Efficiency of land use planning in the northern territories, ensuring appropriate and reasonable use and protection of land

№	Землеустроительные направления для организации рационального использования и охраны земель	Виды эффективности	Результативность
1	Перераспределение земель Определение перспектив их использования и охраны	Экологическая, социальная, экономическая	Рост продуктивности и урожайности земель
2	Организация и совершенствование производства в горно-добывающей, перерабатывающей сырьевые ресурсы, сельскохозяйственной отраслях, традиционном хозяйствовании и промыслах	Экономическая, социальная	Экономия капитальных и производственных (текущих) затрат
3	Грамотно спроектированные системы землевладений и землепользований в конкретных условиях	Социальная, экономическая, экологическая	Снижение вложений на производственные нужды
4	Совершенствование, развитие и выполнение природоохранной деятельности	Экологическая, социальная	«Оздоровление» экологической ситуации, развитие северного туризма [9]
5	Работы по землеустройству в целом и порядок их реализации	Экономическая	Уменьшение затрат и увеличение выгод

Эффективность землеустройства должна обеспечивать народнохозяйственный и хозрасчетный (коммерческий) результаты в условиях современной рыночной экономики, которая учитывает множество совокупностей интересов отдельного человека и общества в целом, многообразие взаимодействий между владельцами земельных участков и государством в части технологических, социальных и других вопросов.

Организация территории определённого субъекта хозяйства определяет хозрасчетную (коммерческую) эффективность землеустройства. Последняя выявляется сопоставляя проекты внутрихозяйственного землеустройства как конкретной территории в целом, так и отдельные землеустроительных работ. Хозрасчетная (коммерческая) эффективность также предусматривает экономические выгоды ре-

лизации данных проектов для определённых участков.

Из-за специфических природных и политических условий северных территорий существующие на сегодняшний день способы оценки рентабельности использования и охраны земельных ресурсов дают не полную информацию.

В табл. 4 показаны возможные направления обеспечения рационального использования



и охраны земельных ресурсов при землеустройстве северных территорий, виды эффективности и результаты.

В регионах арктической зоны промышленное освоение земель часто распространяется на большие территории. Поэтому важно акцентировать внимание на применении показателей, учитывающих одновременно и экологические (природоохранные), и экономические аспекты. Выполнение детального мониторинга и кадастровой оценки земель даёт возможность аргументировать конкретные направления, методы, способы и модели успешного их использования, восстановления и охраны.

Экономический результат землеустройства прежде всего должен учитывать природную основу, характеризующую пригодность земель для определенной отрасли хозяйствования (например, горнодобывающая промышленность создаётся в районах месторождений угля, руды, органоминерального сырья; сельское хозяйство на плодородных землях и т.д.). Высокий уровень организации и ведения хозяйства, технической и технологической оснащённости позволит полноценно использовать природный потенциал северных территорий.

Выводы и рекомендации. В современных условиях очень важно для земель и участков северных территорий учитывать результаты ранее выполненных землеустроительных проектов и иные наработки (см., например, ОПХ «Поппай»), позволяющих более рационально и максимально эффективно использовать потенциал этих земель. Причем реализовывать это надо с учетом возможностей современных цифровых технологий [12, 13], а закрепить необходимость учета прежних землеустроительных наработок (актуализированных!), и применяемых технологий в разрабатываемой сейчас новой редакции закона о землеустройстве [10]. Вопросы обустройства земель, используемых КМНС должны найти в нем достаточное отражение и не входить, как это предусмотрено его действующей редакцией в состав внутрихозяйственных работ.

Список источников

1. Вершинин В.В., Липски С.А. О состоянии плодородия земель сельскохозяйственного назначения и мерах по его воспроизводству. // Международный сельскохозяйственный журнал, 2017. № 6. С. 14-17.
2. Батыкова А.Ж. и др. Геоинформационные технологии в мониторинге и использовании земельных ресурсов. Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2019. 156 с.
3. Емельянова Т.А. Развитие землеустройства и показатели оценки экономической эффективности организации северных территорий // Московский экономический журнал. 2018. № 5. С. 9. DOI 10.24411/2413-046X-2018-15009. EDN YPNRDF.
4. Емельянова Т.А., Новиков Д.В., Демидова М.М. Эколого-хозяйственное районирование и методы дифференциации территории для землеустройства // Московский экономический журнал. 2018. № 5. С. 10. DOI 10.24411/2413-046X-2018-15010. EDN VNPFGI.

Информация об авторах:

Липски Станислав Анджеевич, доктор экономических наук, доцент, врио проректора по научной работе, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1283-3723>, lipski-sa@yandex.ru

Емельянова Тамара Алексеевна, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры кадастра недвижимости и землепользования, 9080485@gmail.com

Фаткулина Анна Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры земельного права, fatkulina_ecology@mail.ru

Information about the authors:

Stanislav A. Lipski, doctor of economic sciences, associate professor, acting pro-rector for scientific work, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1283-3723>, lipski-sa@yandex.ru

Tamara A. Emelyanova, doctor of economic sciences, professor, professor of the department of real estate cadastre and land use, 9080485@gmail.com

Anna V. Fatkulina, candidate of technical sciences, associate professor of the department of land law, fatkulina_ecology@mail.ru

5. Емельянова Т.А. Организация рационального использования и охраны земельных ресурсов северных территорий Российской Федерации (теория, методика, практика) : монография. Москва : Государственный университет по землеустройству, 2004. 324 с. EDN RTGCHD.

6. Липски С.А. Земли Арктической зоны Российской Федерации: состояние и баланс интересов при использовании. Москва : Государственный университет по землеустройству, 2018. 240 с. ISBN 978-5-9215-0454-7. EDN YSHSJJ.

7. Липски С.А. Состояние оленьих пастбищ в Арктической зоне Российской Федерации, факторы их деградации и меры по улучшению ситуации // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2018. Т. 62, № 6. С. 695-702. DOI 10.30533/0536-101X-2018-62-6-695-702. EDN YQZAJV.

8. Организационно-экономические механизмы вовлечения в оборот, использования и охраны сельскохозяйственных земель: Монография / под науч. ред. В.Н. Хлыстуна и А.А. Мурашевой. М.: ГУЗ, 2020. 568 с.

9. Папаскири Т.В., Семочкин В.Н., Позднякова Е.А., Набиев С.Р., Ананичева Е.П. Использование земель сельскохозяйственного назначения в целях развития сельского туризма // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 2 (392). С. 114-118.

10. Хлыстун В.Н., Семочкин В.Н., Папаскири Т.В. О принципах и содержании проекта нового закона «О землеустройстве». // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 9. С. 52-56.

11. Хлыстун В.Н. и др. Правовые аспекты вовлечения в хозяйственный оборот неиспользуемых и невостребованных земель сельскохозяйственного назначения: монография. М.: Государственный университет по землеустройству, 2020. 296 с.

12. Papaskiri T.V., Burov M.P., Ananicheva E.P., Shevchuk A.A., Popova E.S. Information and technological support of digital land management. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. VI All-Russian Science and Technology Conference: Forests of Russia: Politics, Industry, Science, Education (FR 2021). 2021. С. 012174.

13. Papaskiri T.V., Semochkin V.N., Alekseenko N.N., Krasnyanskaya E.V., Zatssepina E.A. Digital land management technologies // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. VI All-Russian Science and Technology Conference: Forests of Russia: Politics, Industry, Science, Education (FR 2021). 2021. С. 012159.

References

1. Vershinin V.V. Lipski S.A. (2017). *O sostoyanii plodorodiya zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya i merakh po ego vosproizvodstvu* [On the state of fertility of agricultural lands and measures for its reproduction]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaystvennyi zhurnal* [International Agricultural Journal], no. 6, pp. 14-17.
2. Batykova A. Zh. et al. (2019). *Geoinformatsionnye tekhnologii v monitoringe i ispol'zovanii zemel'nykh resursov* [Geoinformation technologies in monitoring and use of land resources], Penza : *Penzenskii gosudarstvennyi universitet arkhitektury i stroitel'stva* [Penza State University of Architecture and Construction].
3. Emel'yanova T.A., Dontsov A.V. (2018). *Razvitie zemleustroistva i pokazateli otsenki ehkonomicheskoi ehffektivnosti organizatsii severnykh territorii* [Development of land management and indicators for assessing the economic efficiency of the organization of the northern territories]. *Moskovskii ehkonomicheskii zhurnal* [Moscow Economic Journal], no. 5, pp. 9. DOI 10.24411/2413-046X-2018-15009

4. Emel'yanova T.A. Novikov D.V., Demidova M.M. (2018). *Ehkologo-khozyaystvennoe raionirovanie i metody differentsiatsii territorii dlya zemleustroistva* [Ecological and economic zoning and methods of differentiation of the territory for land management]. *Moskovskii ehkonomicheskii zhurnal*, no. 5, pp. 10. DOI 10.24411/2413-046X-2018-15010.

5. Emel'yanova T.A. (2004). *Organizatsiya ratsional'nogo ispol'zovaniya i okhrany zemel'nykh resursov severnykh territorii Rossiiskoi Federatsii (teoriya, metodika, praktika)* [Organization of rational use and protection of land resources of the Northern territories of the Russian Federation (theory, methodology, practice)]. Moscow. Gosudarstvennyi universitet po zemleustroistvu [State University of Land Use Planning].

6. Lipski S.A. (2018). *Zemli Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii: sostoyanie i balans interesov pri ispol'zovanii* [The lands of the Arctic zone of the Russian Federation: the state and balance of interests in the use of], Moscow, *Gosudarstvennyi universitet po zemleustroistvu*, [State University of Land Use Planning].

7. Lipski S.A. (2018). *Sostoyanie olen'ikh pastbishch v Arkticheskoi zone Rossiiskoi Federatsii, faktory ikh degradatsii i mery po uluchsheniyu situatsii* [The state of reindeer pastures in the Arctic zone of the Russian Federation, the factors of their degradation and measures to improve the situation]. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenii. Geodeziya i aehrofotos'emka* [News of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography], vol. 62, no. 6, pp. 695-702. DOI 10.30533/0536-101X-2018-62-6-695-702.

8. Khlystun V.N., Lipski S.A., Murasheva A.A. et al. (2020). *Organizatsionno-ehkonomicheskie mekhanizmy вовлечения v оборот, ispol'zovaniya i okhrany sel'skokhozyaystvennykh zemel'* [Organizational and economic mechanisms of involvement in the turnover, use and protection of agricultural land], Moscow, *Gosudarstvennyi universitet po zemleustroistvu*, [State University of Land Use Planning].

9. Papaskiri T.V., Semochkin V.N., Pozdnyakova E.A. et al. (2023). *Iskol'zovanie zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya v tselyakh razvitiya sel'skogo turizma* [Use of agricultural land for the development of rural tourism]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaystvennyi zhurnal* [International Agricultural Journal], no. 2(392), pp. 114-118.

10. Khlystun V.N., Semochkin V.N., Papaskiri T.V. (2019). *O printsipakh i sodержanii proekta novogo zakona «O zemleustroistve»* [On the principles and content of the draft new law «On land use planning»]. *Ehkonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii* [Economics of agricultural and processing enterprises], no. 9, pp. 52-56.

11. Khlystun V.N., Lipski S.A., Murasheva A.A. et al. (2020). *Pravovye aspekty вовлечения v khozyaystvennyi оборот neispol'zuemykh i nevostrebovannykh zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* [Legal aspects of the involvement of unused and unclaimed agricultural land in economic turnover]. Moscow. *Gosudarstvennyi universitet po zemleustroistvu* [State University of Land Use Planning].

12. Papaskiri T.V., Burov M.P., Ananicheva E.P., Shevchuk A.A., Popova E.S. (2021). Information and technological support of digital land management. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : VI All-Russian Science and Technology Conference: Forests of Russia: Politics, Industry, Science, Education (FR 2021), St-Petersburg, 26-28 maya 2021 goda. Vol. 876. St-Petersburg: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 012174.

13. Papaskiri T.V., Semochkin V.N., Alekseenko N.N., Krasnyanskaya E.V., Zatssepina E.A. Digital land management technologies. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : VI All-Russian Science and Technology Conference: Forests of Russia: Politics, Industry, Science, Education (FR 2021), St-Petersburg, 26-28 maya 2021 goda. Vol. 876. St-Petersburg: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 012159.



Научная статья
 УДК 631.1+349.42
 doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_449

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

М.Н. Гаврилюк¹, К.С. Ильичев¹, С.В. Орлов², В.А. Попов¹, Ю.А. Цыпкин¹

¹Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. В статье осуществляется анализ российской и зарубежной правоприменительной практики в вопросах пространственного развития сельских территорий. Авторами выявляется неоднородность сельских территорий с учетом их пригодности (или непригодности) для сельского хозяйства, а также природно-климатических условий, низкой или высокой плотности населения, наличия (или отсутствия) территорий, которые подлежат специальному градостроительному регулированию (особо охраняемые природные территории, объекты культурного наследия и пр.). Пространственное развитие сельских территорий должно осуществляться на основе мастер-планов с учетом форм перспективного развития (аграрное и (или) промышленное производство; народные промыслы; туристический сектор и т.д.) с учетом развитого уровня социальной сферы и инженерной инфраструктуры. Авторами подчеркивается необходимость участия кредитно-финансовых организаций в пространственной организации сельских территорий. Необходимо развивать инвестиционную привлекательность сельских территорий и стремиться к высокому уровню жизни сельского населения, чтобы обеспечить сбалансированное территориально-пространственное и устойчивое развитие сельской местности. Необходимо разработать стандарт комфортной среды сельских поселений (стандарт качества), который будет являться одним из ключевых элементов пространственного развития сельских территорий.

Ключевые слова: пространственное развитие, устойчивое развитие, сельские территории, сельский населенный пункт, сельская агломерация, территориальное планирование, мастер-план

Original article

SPATIAL DEVELOPMENT OF RURAL AREAS

M.N. Gavriilyuk¹, K.S. Ilyichev¹, S.V. Orlov², Yu.A. Tsyppkin¹

¹State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The article analyzes the Russian and foreign experience in the spatial development of rural areas. The authors identify the heterogeneity of rural territories, taking into account their suitability (or unsuitability) for agriculture, as well as natural and climatic conditions, low or high population density, the presence (or absence) of territories that are subject to special urban planning regulation (specially protected natural territories, cultural heritage sites, etc.). Spatial development of rural territories should be carried out on the basis of master plans, taking into account the forms of long-term development (agricultural and (or) industrial production; folk crafts; tourism sector, taking into account the developed level of the social sphere and engineering infrastructure. The authors emphasize the need for the participation of credit and financial organizations in the spatial organization of rural areas. It is necessary to develop the investment attractiveness of rural areas and strive for a high standard of living of the rural population in order to ensure balanced spatial and sustainable development of rural areas.

Keywords: spatial development, sustainable development, rural territories, rural locality, rural agglomeration, territorial planning, master plan

Актуальность темы исследования обусловлена приоритетами государственной стратегии пространственного развития страны, комплексного развития сельских территорий, их благоустройства и устойчивого развития. **Объектом исследования** являются сельские территории и их пространственная организация. **Предметом исследования** выступают теоретические положения процедуры пространственного развития сельских территорий. **Целью научного исследования** является выявление позитивных аспектов и пробелов российского законодательства в вопросах пространственной организации сельских территорий на основе обобщения российского и зарубежного опыта. **Методами выполнения научного исследования** выступают научные методы анализа и синтеза, прогнозирования, системный подход. **Базой экспериментальной работы** выступил ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», в частности на кафедре Градостроительства и пространственного развития в рамках научно-исследовательской работы (НИР) авторами осуществлялись исследование Стратегии пространственного развития и управление проектами комплексного развития сельских территорий; современные методы

прогнозирования развития сельских территорий; благоустройства населенных пунктов.

В ходе исследования выявлено, что основными целями пространственной организации сельских территорий являются: 1) создание опорных населенных пунктов сельских территорий; 2) формирование прилегающей территории к опорным сельским населенным пунктам; 3) решение вопросов производства, переработки сельскохозяйственной продукции, а также промышленного производства, развитие народных промыслов, туристического кластера; 4) решение задач демографии (человеческого капитала) на сельских территориях [10] (включая вопросы жилья, образования, здравоохранения и пр.); 5) решение вопросов трудовой занятости сельского населения [11, 13]; 6) решение вопросов логистической коммуникации (транспортной доступности); 7) обеспечение вопросов, связанных с сезонным нахождением граждан на сельских территориях (садоводческие товарищества, гостиницы и пр.); 8) решение управленческих вопросов [9, 15]. Здесь следует сказать о необходимости разработки стандарта комфортной среды сельских поселений (стандарт качества), который будет являться одним

из ключевых элементов пространственного развития сельских территорий.

Достижение задач пространственного развития сельского территорий последовательно реализуется согласно Федеральному закону «О стратегическом планировании в Российской Федерации», государственной программе «Комплексное развитие сельских территорий», утв. распоряжением Правительства РФ от 31.05.2019 № 696 (структура госпрограммы представлена на рис. 1), Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года, утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 февраля 2015 г. N 151-р, ведомственной целевой программе «Современный облик сельских территорий» и др.

На начало 2023 года сельское население страны составило 36,8 млн. чел. (всего проживает в России более 146,4 млн. чел.), количество сельских поселений на тот же период составило 14,580 [6]. Причем доля сельского населения неизбежно сокращается. Согласно научным исследованиям, осуществленным Институтом аграрных исследований НИУ ВШЭ в 2018 году, было выявлена тенденция к снижению численности сельского населения (рис. 2).

Структура Госпрограммы «Комплексное развитие сельских территорий»

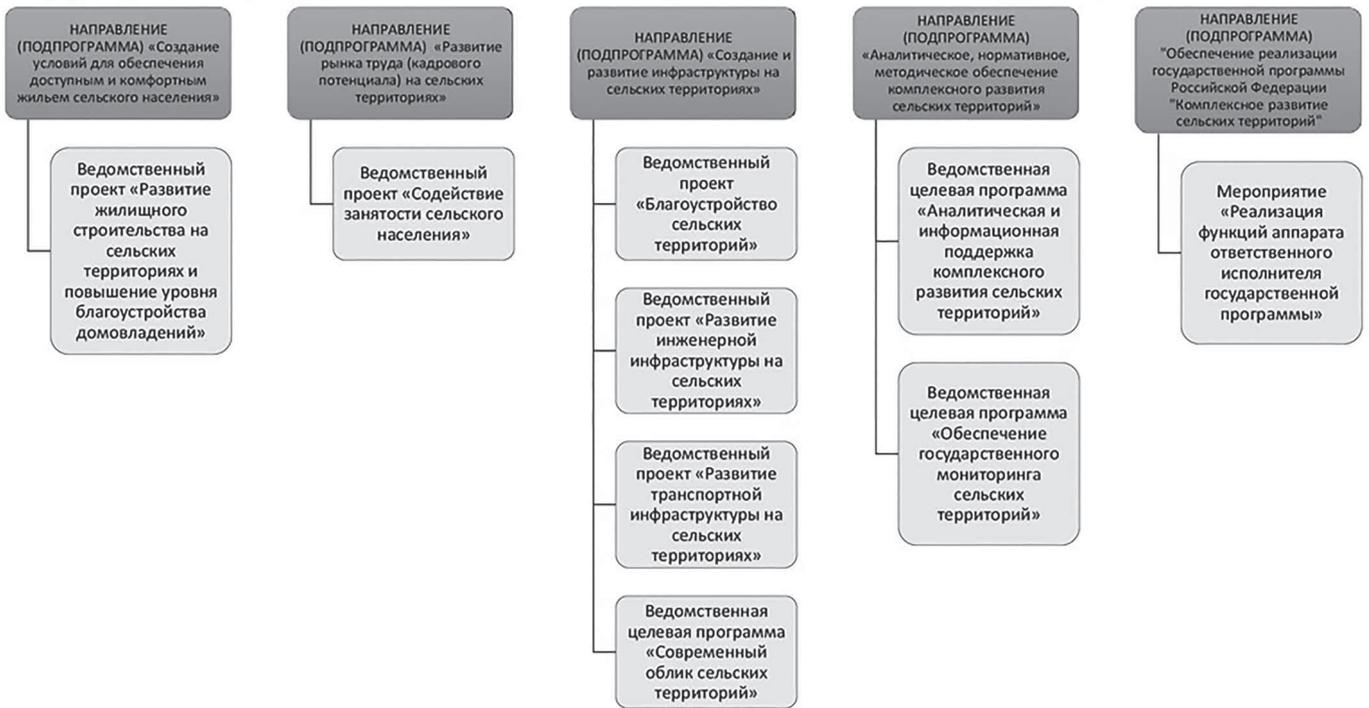


Рисунок 1. Структура государственной программы «Комплексное развитие сельских территорий»
Figure 1. Structure of the state program «Integrated development of rural areas»

Согласно Конституции РФ, территория Российской Федерации включает в себя территории ее субъектов, внутренние воды и территориальное море, воздушное пространство. При этом в России могут быть созданы федеральные территории (ст. 67). В ряде нормативно-правовых актов мы можем встретить, что территория, к примеру может являться объектом землеустройства [2], или говоря о территории города мы имеем в виду территорию внутри городской границы. Исходя из Конституции РФ можно сделать вывод, что территории бывают федеральные, региональные (субъектов РФ) и муниципальные (местные).

В отдельных региональных актах можно встретить определение понятия «территория региона», так, например, в Уставе (Основном законе) Челябинской области установлено, что территория области — это установленная в границах часть земной поверхности, включающая сушу, внутренние воды, недра и воздушное

пространство над ней и находящаяся под юрисдикцией Российской Федерации, органов государственной власти и органов местного самоуправления области.

Кроме того, согласно Федеральному закону от 6 октября 2003 г. N 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации», сельское поселение — это один или несколько объединенных общей территорией сельских населенных пунктов (поселков, сел, станиц, деревень, хуторов, кишлаков, аулов и других сельских населенных пунктов), в которых местное самоуправление осуществляется населением непосредственно и (или) через выборные и иные органы местного самоуправления. Сельские территории включают в себя как сами сельские поселения, так и межселенную территорию (вне границ поселений).

Формы сельского расселения различны, так в России это как правило групповое расселение

(село, деревня, поселок), а, например, в таких странах, как США, Канада, Австралия — это рассеянная форма расселения (ферма, хутор).

Что касается муниципальных сельских территорий, то, к сожалению, у местных властей не хватает полномочий и собственных средств для развития своих территорий. Кроме того, у многих сельских населенных пунктов нет аграрной составляющей, и их аграрное значение неуклонно снижается (как правило, большинство земель сельхозназначения располагаются за границами населенных пунктов, тогда как внутри самого сельского поселения сельхозпроизводство практически минимально, и может быть изменено на приоритетную застройку в рамках градостроительного планирования). Сельские территории имеют различную дифференциацию в большинстве своем выполняют несельскохозяйственные функции (переработка, деревообработка, сельская промышленность, народные промыслы и пр.). Это может быть связано, например, как с неблагоприятными природно-климатическими условиями развития либо с их недостаточным освоением. Кроме того, сельские территории имеют неоднородную плотность населения могут характеризоваться значительными расстояниями между сельскими населенными пунктами.

Согласно Градостроительному кодексу РФ установлено, что в процедуре пространственной организации территорий важное значение имеют территории, на которых градостроительная деятельность подлежит специальному правовому регулированию (например, территории объектов историко-культурного наследия; особо охраняемые природные территории; территории, подверженные воздействию чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и др.).

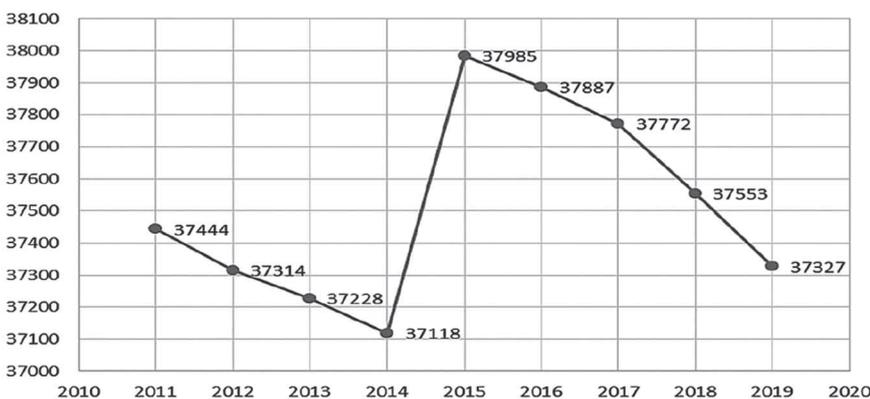


Рисунок 2. Динамика численности сельского населения в Российской Федерации
Figure 2. Dynamics of the rural population in the Russian Federation



Сельские населенные пункты в зависимости от населения, проживающего на соответствующей территории подразделяются на: крупные сельские поселения (свыше 5 тысяч человек); большие сельские поселения (от 1 тысячи до 5 тысяч человек); средние сельские поселения (от 200 человек до 1 тысячи человек); малые сельские поселения (менее 200 человек) [7]. Поселки также имеют несколько разновидностей (рабочие, курортные и пр.).

Здесь важно понимать, что состав земель сельских территорий неоднороден, но все же в некоторой своей части представлен землями сельскохозяйственного назначения [1, 5], которые являются ключевым фактором обеспечения продовольственной безопасности страны. Пространственное развитие сельских территорий должно быть основано на экономическом росте [12, 14], рациональном использовании земель [3], повышении доступности кредитов для сельского населения, предоставлении земельных участков для сельского хозяйства без торгов во всех случаях, а также увеличения норм предоставления земель для сельского хозяйства [4]. Пространственное развитие сельских территорий должно ставить первоочередной задачей развитие сельского хозяйства на данных территориях [8], второй задачей — развитие иной промышленности и народных промыслов, в-третьих, развитие туризма на данных территориях.

Пространственное развитие сельских территорий должно базироваться на районировании территории Российской Федерации в целях оптимизации сельского расселения и учитывать неоднородность территорий, связанных с природно-климатическими условиями (гористая местность, заболоченность, подверженность

чрезвычайным природным катастрофам и пр.), поскольку именно эти данные влияют на устойчивость развития сельских территорий, а также иные социально-экономические условия (географическое положение, природные ресурсы, демографический потенциал). Все это в совокупности должно быть реализовано через градостроительные инструменты (схема расселения, определение центров и производственных объектов АПК и пр.). Так, в советское время существовала Генеральная схема развития и размещения производительных сил на долгосрочный период. В соответствии с данной схемой было осуществлено районирование, которое являлось базисом для проектирования производственных комплексов. Накопленный опыт советского прошлого мог бы быть воспринят в настоящее время и выступить основой пространственного развития сельских территорий. В настоящее время в правоприменительной практике сформирован новый вид документа пространственного развития — мастер-план. В ряде регионов разрабатываются мастер-планы комплексного развития территорий, которые содержат объемно-пространственные решения с технико-экономическими показателями, учитывающими природно-экологический каркас и имеющиеся градостроительные документы. Примером развития сельской агломерации может выступить Дагестан, где был разработан стратегический мастер-план сельской агломерации пяти сел, которые собраны в единый туристическо-рекреационный и ландшафтный комплекс с сохранением исторической среды (рис. 3), созданием культурного центра на набережной, развитием пешеходных маршрутов и строительством современного оздоровительного комплекса.

В документах по развитию сельских территорий должны быть указаны перспективы и направления развития сельских территорий (рис. 4) на основе соответствующих технико-экономических обоснований. Такой документ как мастер-план в отличие от генерального плана, это проект, по которому проходит реализация стратегии развития территории. При построении мастер-плана исследуются и используются события разной вероятности, выраженные в виде сценариев, и в отличие от генплана — носит декларативный характер.

Понятие как «мастер-план» отсутствует в Градостроительном кодексе РФ, однако в региональных актах он активно разрабатывается, указывается что мастер-план может являться составной частью стратегии социально-экономического развития муниципального образования либо отдельным документом планирования (Дальневосточный федеральный округ). Таким образом, именно мастер-план является документом, позволяющим решить задачи пространственного планирования сельских территорий, поскольку содержит варианты развития территорий.

Одним из инструментов пространственного развития сельских территорий зарубежом являются меры привлечения финансирования, в т.ч. банковской поддержки. Так, например, сельское хозяйство в Китае является одним из основных элементов экономики страны, которому присуща растениеводческая направленность (выращивание зерновых: риса, кукурузы и пр.). Одним из элементов пространственной организации сельской территории является создание поселковых предприятий, которые действуют не только в сфере сельхозпроизводства, но и смежных направлений (агротуризм, сельское строительство, местные ремесла и пр.).

СОСТАВ ПРОЕКТА



ЭТАП 1.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ

ВОВЛЕЧЕНИЕ МЕСТНЫХ ЖИТЕЛЕЙ

ВИДЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ

ЭТАП 2.

СХЕМА БЛАГОУСТРОЙСТВА ТЕРРИТОРИИ

АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕГЛАМЕНТЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ ДИЗАЙН-КОДА



Рисунок 3. Состав проекта (мастер-плана) развития сельской агломерации в Республике Дагестан

Figure 3. Composition of the project (master plan) for the development of rural agglomeration in the Republic of Dagestan



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ФОРМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

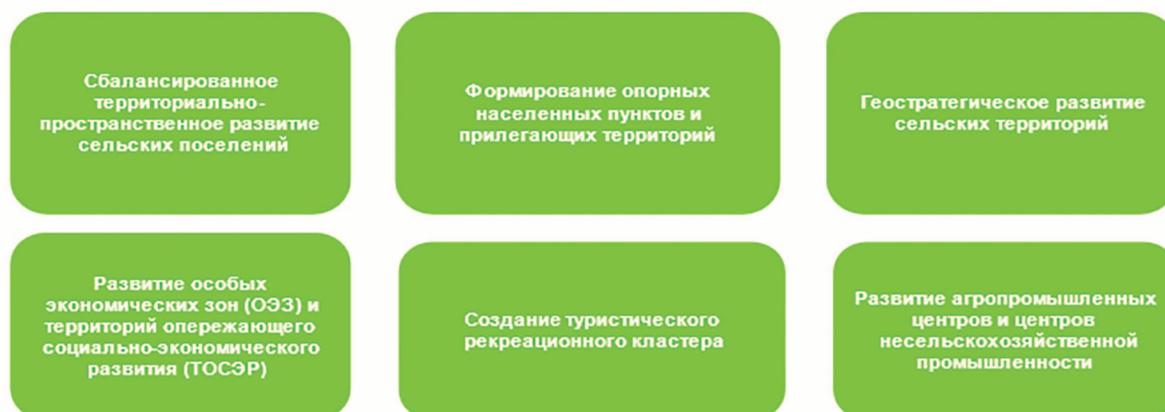


Рисунок 4. Перспективные формы пространственного развития сельских территорий
Figure 4. Promising forms of spatial development of rural areas

Активно осуществляется кредитование сельского хозяйства Сельскохозяйственный банк (Agricultural Bank of China (ABC)). Причем здесь финансовые инструменты банка могут быть восприняты и российской банковской системой, они подразделяются на:

1) *товары для личного пользования, связанные с сельским хозяйством* (например, льготная карта фермера, кредитная карта, микрофинансирование фермерских хозяйств; кредит на строительство домов фермерам в районах, пострадавшим от землетрясения и др.). Здесь существуют особые условия для каждого вида кредита, так, например, при общем режиме срок кредита в принципе не должен превышать 3 лет, а для производственной деятельности с длительным производственным циклом, такой как лесное хозяйство и фруктовая промышленность, срок кредита может быть продлен максимум до 8 лет.

2) *корпоративные продукты, связанные с сельским хозяйством*, (например, на урбанизацию в сельской местности; на удобрения; на строительство сельской инфраструктуры и др.). Здесь существуют определенные требования к выдаче кредитов, например, в целях фонд в основном используется для общественных проектов в сельской местности, связанных с национальным благосостоянием и средствами к существованию людей, таких как водоснаб-

жение, электричество, дороги, газ, медицинское обслуживание и образование. Во-вторых, в Уведомлении Государственного совета об испытании системы капитала для инвестиционных проектов в основной капитал отсутствуют обязательные требования к капиталу в соответствии с принципом «не использовать систему капитала для общественно полезных инвестиционных проектов». В-третьих, срок кредита может быть продлен надлежащим образом в соответствии с характеристиками проектов сельской инфраструктуры и финансовыми инвестициями и не должен превышать максимум 20 лет.

3) *финансовые кредиты для предприятий малого и среднего бизнеса в уездных районах* (такие как кредит под залог недвижимости, совместный гарантийный кредит для нескольких домохозяйств для малого бизнеса, кредиты на открытие предпринимательских предприятий, кредит на расширение производства и пр.).

В Китае также существует крупнейшая государственная инвестиционная корпорация (CIC), также Народный банк Китая создал 20 лет назад Central Huijin Investment для инвестиций в крупнейшие банки и страховые компании КНР, CIC Kapital (в частности, его фонд CIC Janus Asset Management Company) был создан в 2015 году для инвестиций в сельское хозяйство. Кредитование сельского хозяйства осуществляется как с помощью государственных, так и кооператив-

ных (частных) средств. На сельских территориях проживает более 40% жителей КНР, но также как и в России для сельского населения характерен существенный разрыв в доходах между городским и сельским населением.

Популярным направлением реализации государственной политики является практика развития сельских территорий на основе туризма и агротуризма (для этих целей даже разрабатываются отдельные мастер-планы).

Результаты и обсуждение.

Тема пространственного развития сельских территорий неоднократно обсуждалась на различных научных и деловых форумах и конференциях, в частности на Петербургском международном экономическом форуме.

Одним из основных инструментов развития сельских территорий является территориальное планирование.

Также в пространственном планировании сельских территорий особое значение должны иметь рабочие проекты с экологической направленностью (проекты защиты земель от подтопления, заболачивания и пр.). Подобные проекты чрезвычайно важны для повышения экологической безопасности сельских территорий и предотвращения истощения почв в результате воздействия антропогенных и техногенных факторов, а, следовательно, и на сокращение потерь сельского хозяйства. Таким образом, пространственное развитие сельских территорий — это совокупность различных градостроительных инструментов, которые позволяют на основе частных и публичных земельных владений создать условия для качественной жизни сельского населения и развития сельской экономики с учетом экологических, культурно-исторических и климатических условий соответствующей территории.

Более конкретно отметим, что **область применения результатов** связана с их практической значимостью, и позволяет формировать предложения по возврату к Генеральной схеме расселения, которая должна выступать базисом пространственного развития сельских



Рисунок 5. Уровни территориального планирования
Figure 5. Levels of territorial planning



территорий, предложенные выводы и рекомендации могут быть использованы при выработке нормативных правил по организации пространственного развития сельских территорий, отдельные результаты исследования, которые осуществлялись в рамках НИР кафедры градостроительства и пространственного развития ФГБОУ ВО ГУЗ были представлены на агропромышленной выставке «Золотая осень».

Переходя к **выводам**, нужно отметить, что в настоящее время отсутствует технико-экономическое обоснование перспектив обустройства сельских территорий, необходимо законодательно конкретизировать понятие «сельская территория», сформулировать требования к ее организации и правовому режиму. Развивать сельские территории следует не только в целях агропроизводства, но и различных видов экономической (производственной) деятельности, организации сферы услуг и туристического потенциала. Организация логистических и инфраструктурных элементов позволит вывести сельскую экономику на качественно новый уровень, позволит осуществлять внутреннюю и внешнюю торговую политику.

Актуальными остаются вопросы совершенствования механизмов финансовой поддержки развития сельских территорий. Основными показателями развития сельских территорий должны выступать такие условия, как уровень жизни сельского населения, развитие сельской экономики. Пространственная организация сельских территорий должна осуществляться во взаимосвязи с такими факторами как социально-экономическое развитие территории, природно-климатические факторы региона или муниципалитета, экологическая безопасность, усиление взаимосвязи центра и периферии сельских населенных пунктов, решение вопросов транспортной доступности, которые в совокупности способствуют улучшению качества сельской жизни и пространственному развитию сельских территорий.

Список источников

1. Гаврилюк М.Н. Категории земель: барьер в развитии законодательства / М.Н. Гаврилюк // *Аграрное и земельное право*. 2019. № 5(173). С. 4-8. EDN ZCCCAH.
2. Гаврилюк М.Н. Принципы правового регулирования территориального землеустройства // *Имущественные отношения в Российской Федерации*. 2005. № 7(46). С. 56-61. EDN PFXVSH.

Информация об авторах:

- Гаврилюк Мария Никитична**, кандидат юридических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой Градостроительства и пространственного развития по научной работе, доцент кафедры Градостроительства и пространственного развития, gavrilyukmn@guz.ru
- Ильичев Кирилл Сергеевич**, ассистент кафедры оценочной деятельности и маркетинга, kirill.mos@gmail.com
- Орлов Степан Александрович**, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой истории общественных движений и политических партий исторического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7117-5447>, orlov@duma.mos.ru
- Попов Вячеслав Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры Оценочной деятельности и маркетинга, 8420633@gmail.com
- Цыпкин Юрий Анатольевич**, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой Градостроительства и пространственного развития, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <https://ORCID.org/0000-0002-6847-489X>, tsypkina@guz.ru

Information about the authors:

- Maria N. Gavrilyuk**, candidate of law, associate professor, deputy head of the department of urban planning and spatial development for scientific work, associate professor of the department of urban planning and spatial development for scientific work, gavrilyukmn@guz.ru
- Kirill S. Ilyichev**, assistant of the department of valuation and marketing, kirill.mos@gmail.com
- Stepan A. Orlov**, candidate of economic sciences, associate professor, head of the department of history of social movements and political parties of the faculty of history of Lomonosov Moscow State University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7117-5447>, orlov@duma.mos.ru
- Vyacheslav A. Popov**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of valuation and marketing, do@valnet.ru
- Yuri A. Tsypkin**, Doctor of economic sciences, professor, head of the department of urban planning and spatial development, ORCID: <http://ORCID.org/0000-0002-6847-489X>, tsypkina@guz.ru

References

1. Gavrilyuk M.N. (2019). Land categories: a barrier in the development of legislation. *Agrarian and land law*, no. 5(173), pp. 4-8. EDN ZCCCAH.
2. Gavrilyuk M.N. (2005). Principles of legal regulation of territorial land management. Property relations in the Russian Federation, no. 7(46), pp. 56-61. EDN PFXVSH.
3. Gavrilyuk M.N. (2006). Legal regulation of the state cadastral registration of land plots: specialty 12.00.06 "Land law; natural resource law; environmental law; agrarian law": dissertation for the degree of candidate of legal sciences, Moscow, 212 p. EDN NNTGIP.
4. Лашченков А.В., Гаврилюк М.Н. О нормировании предельных размеров земельных участков // *Государство и право*. 2004. № 7. С. 100-103. EDN OWFNUP.
5. Липский С.А., Гаврилюк М.Н. Правовое обеспечение государственной регистрации недвижимости: Учебник. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2021. 230 с. ISBN 978-5-406-08442-7. EDN QXJAZD.
6. Официальная статистика Росстата: <http://rosstat.gov.ru/>
7. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89 (утв. Приказом Минстроя России от 30.12.2016 N 1034/пр). СПС «Консультант плюс»
8. Цыпкин Ю.А. Менеджмент в АПК. Москва: Мир, 2007. 264 с. EDN RCNRT.
9. Н.В. Комов, С.А. Шарипов, Ю.А. Цыпкин [и др.]. Управление земельными ресурсами. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научный консультант», 2020. 556 с. ISBN 978-5-907196-60-5. EDN KUWVQN.
10. Н.К. Долгушкин, Р.А. Камаев, С.В. Орлов [и др.]. Управление персоналом агропромышленного комплекса. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «Юнити-Дана», 2019. 287 с. ISBN 978-5-238-03202-3. EDN VUPBYS.
11. Цыпкин Ю.А. Эффективный агромаркетинг. Москва: Издательство «Колос», 1994. 160 с. EDN RTGCFF.
12. Цыпкин Ю. и др. Оценка рыночной стоимости сельскохозяйственных земель // *Экономика сельского хозяйства России*. 1998. № 5. С. 23. EDN VXGYAP.
13. Цыпкин Ю.А. и др. Управление маркетингом. Орел: Орловский государственный аграрный университет, 1995. 55 с. EDN VXAKGT.
14. Эриашвили Н.Д. Маркетинг, принципы и технология маркетинга в свободной рыночной системе: учебник для вузов, 2-е издание, переработанное и дополненное. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «Юнити-Дана», 1998. 256 с. ISBN 5-238-00043-X. EDN VWMJVT.
15. Tsypkin Y., Feklistova I. Assessing the efficiency of management and land use in the agrarian sector of municipalities. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, 24-25 октября 2018 года. Vol. 274. Moscow: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012089. DOI 10.1088/1755-1315/274/1/012089. EDN XJGPKX.





Научная статья

УДК 631.1; 338.43

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_454

СИСТЕМО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Е.А. Дерунова

Институт аграрных проблем — обособленное структурное подразделение
Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр
Российской академии наук» (ИАГП РАН), Саратов, Россия

Аннотация. В условиях геополитических вызовов и санкционной политики устойчивое развитие агропродовольственного комплекса является драйвером обеспечения продовольственной безопасности и независимости страны. Целью исследования является разработка системно-функционального подхода к устойчивому развитию производственного потенциала агропродовольственного комплекса, а также модели устойчивого роста на основании зависимости темпов роста валовой добавленной стоимости от основных показателей эффективности инновационно-инвестиционной деятельности. Обоснован системно-функциональный подход связи выявленных системных задач с конкретными функциями инновационной системы. Анализ динамики основных показателей эффективности производства позволил выявить диспропорции на региональном уровне, на примере Саратовской области в 2021 г.: снижение объема валовой добавленной стоимости на 7,5%, несмотря на рост инвестиций в основной капитал сельского хозяйства на 16,3%. Разработана модель устойчивого роста производственного потенциала агропродовольственного комплекса, показывающая, что рост производительности труда на 1% способствует увеличению валовой добавленной стоимости на 0,1 млрд руб.; увеличение коэффициента обновления основных фондов на 1% приводит к росту валовой добавленной стоимости на 8,4 млрд руб.; повышение уровня энергооснащенности на 1% способствует увеличению показателя валовой добавленной стоимости сельского хозяйства на 3,6 млрд руб. Данные результаты обосновывают необходимость применения дифференцированного подхода к распределению средств государственной поддержки в аграрном секторе экономики. Практическая реализация результатов исследования направлена на разработку стратегий устойчивого развития производственного потенциала на инновационно-инвестиционной основе на отраслевом, региональном и федеральном уровнях.

Ключевые слова: устойчивое развитие, агропродовольственный комплекс, системно-функциональный подход, инновационная деятельность, инвестиции, государственная поддержка, управление, эффективность, моделирование

Благодарности: статья подготовлена в соответствии с тематикой исследований ИАГП РАН.

Original article

A SYSTEM-FUNCTIONAL APPROACH TO INCREASING THE SUSTAINABILITY OF THE PRODUCTION POTENTIAL OF THE AGRI-FOOD COMPLEX OF RUSSIA

E.A. Derunova

Institute of Agrarian Problems — Subdivision of the Federal Research Center
“Saratov Scientific Center of the Russian Academy of Sciences” (IAgP RAS), Saratov, Russia

Abstract. In the context of geopolitical challenges and sanctions policy, the sustainable development of the agro-food complex is a driver for ensuring food security and independence of the country. The aim of the study is to develop a system-functional approach to the sustainable development of the production potential of the agro-food complex, as well as a sustainable growth model based on the dependence of the growth rate of gross value added on the main indicators of the effectiveness of innovation and investment activities. The system-functional approach of the connection of the identified system tasks with the specific functions of the innovation system is substantiated. An analysis of the dynamics of the main indicators of production efficiency made it possible to identify disproportions at the regional level, using the example of the Saratov region in 2021: a decrease in gross value added by 7.5% despite an increase in investment in fixed capital of agriculture by 16.3%. A model of sustainable growth of the production potential of the agro-food complex has been built, showing that with an increase in labor productivity by 1% in the industry, gross value added grows by an average of 0.1 billion rubles, an increase in the coefficient of renewal of fixed assets by 1% leads to an increase in gross value added by 8.4 billion rubles; a 1% increase in the level of energy supply contributes to an increase in the gross value added of agriculture by 3.6 billion rubles. These results substantiate the need for a differentiated approach to the distribution of state support funds in the agricultural sector of the economy. The practical implementation of the research results is aimed at developing strategies for the sustainable development of production potential on an innovative and investment basis at the sectoral, regional and federal levels.

Keywords: sustainable development, agro-food complex, system-functional approach, innovation, investment, government support, management, efficiency, modeling

Acknowledgments: the article was prepared in accordance with the research topics of the IAgP RAS.

Введение. В условиях геополитических вызовов и санкционной политики устойчивое развитие агропродовольственного комплекса является драйвером обеспечения продовольственной безопасности и независимости

страны [1, 2]. К макроэкономическим индикаторам устойчивости роста относятся показатели динамики валового внутреннего и валового национального продукта как в абсолютном, так и относительном выражении. В сельском

хозяйстве устойчивый рост достигается при условии увеличения ключевых показателей валовой продукции, валового дохода и прибыли [3]. Многие исследователи обращают внимание на необходимость исследования качества



экономического роста как одного из важнейших его критериев [4]. В частности, И.С. Санду обосновывают тесную взаимосвязь интенсивного и инновационного развития как с количественными, так и качественными характеристиками устойчивого роста в агропромышленном производстве [5]. Замедление или стагнация научно-технологического развития оказывает негативное влияние на динамику показателей аграрного сектора. Современная геополитическая ситуация оказывает негативное влияние на реализацию задачи достижения устойчивого роста. Согласно оценкам исследователей, действующий довольно продолжительное время системный пакет западных санкций снижает темпы устойчивого экономического роста на 0,3-0,5%. Новые пакеты западных санкций, введенные в феврале 2022 г. — марте 2023 г. года, направлены на стимулирование понижательных тенденций в аграрном секторе России. Оценки экспертов зарубежных банков Goldman Sachs и Barclays предполагали сокращение российского ВВП на 10-12,4% вместо запланированного прироста ВВП на 2,4% [6]; фактическое падение составило только 2,1%.

Согласно точке зрения многих аналитиков, антироссийские санкции будут действовать довольно продолжительное время, поэтому в условиях стагнации экономики огромная роль отводится реализации политики импортозамещения. Ее эффективная реализация способна обеспечить увеличение объемов производства в аграрном секторе от 2 до 5% в 2023-2024 гг. [7].

Согласно исследовательской позиции Cortese [8], проблема устойчивого развития затрагивает различные социально-экономические аспекты, в связи с чем ее решение должно осуществляться на стыке различных дисциплин. Подобный междисциплинарный подход способствует комплексному решению возникающих проблем и расширению сотрудничества в научно-исследовательской среде [9]. С этой точки зрения представляется вполне оправданным мультидисциплинарный подход к экономическим исследованиям в аграрной сфере, в том числе и для изучения устойчивого развития.

Критический анализ исследований вопросов устойчивого развития позволил выделить экономические, экологические и социальные критерии устойчивости, имеющие точки соприкосновения и широкие ареалы взаимодействия [10]. Широко распространенный в практике мировых исследований целеполагающий принцип экономического роста осложняет задачу достижения социальных и экологических критериев развития. Поэтому значительное число зарубежных ученых в области аграрной тематики уделяют внимание решению вопросов согласования эколого-экономического и социального развития. Следует ожидать, что вышеупомянутые проблемы будут актуальны в тематике исследований на ближайшую перспективу.

Целью исследования является разработка системно-функционального подхода к устойчивому развитию производственного потенциала агропродовольственного комплекса, а также математическое моделирование устойчивого роста на основании выявления зависимости темпов роста валовой добавленной стоимости от основных показателей эффективности инновационно-инвестиционной деятельности.

Материалы и методы исследования. Методологической основой исследования являются нормативно-правовые документы, государ-

ственные законодательные акты, постановления, исследования отечественных и зарубежных ученых-экономистов по представленной тематике. В процессе исследования применялись монографический, абстрактно-логический, аналитический, экономико-статистический методы исследования. В качестве информационной базы исследования была использована информация Росстата, НИУ ВШЭ, исследовательского центра «Делойт», Министерства сельского хозяйства РФ.

Ход исследования. В современных условиях агропромышленная политика нацелена на рост объемов производства и увеличение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции. Существуют различные подходы к повышению устойчивости производственного потенциала агропродовольственного комплекса. Так, выделяют системный, ресурсный, неинституциональный, процессный, эволюционный, знаниевый, кластерный, поведенческий подходы [11].

Системный анализ предполагает множество составляющих, представляющих единое целое. Основными преимуществами системного подхода являются формирование условий для обеспечения комплексного исследования, обоснование путей решения, формирование системы оценки эффективности сельскохозяйственного производства.

И.В. Блауберг, В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин рассматривают системный подход как направление методологии научного познания, основополагающим принципом которого является рассмотрение объекта как системы [12]. Системный подход к повышению устойчивости производственного потенциала агропродовольственного комплекса на основании децентрализованного и диверсифицированного сельскохозяйственного производства зависит от интересов взаимодействия основных стейкхолдеров — государства, науки, агробизнеса, общества [13]. В рамках системного анализа создание целевых программ на всех уровнях управления является важным аспектом устойчивого развития производственного потенциала агропродовольственного комплекса. Программы развития включают систему мероприятий, целей и задач, а также набор инструментов, методов, способов достижения результатов, нормативно-правовых актов, направленных на повышение устойчивости [14].

Одним из существующих аспектов методологии системного анализа является сравнение затрат с конечными результатами. Наиболее целесообразно применение количественных методов. Для повышения эффективности сельскохозяйственного производства необходимо максимально эффективно использовать существующие конкурентные преимущества на региональном и федеральном уровнях [15, 16].

Системный подход к определению категории устойчивости предполагает исследование внешних и внутренних факторов: географических, природно-климатических, ресурсных, производственно-технологических, экологических.

Основными требованиями к обеспечению устойчивого роста в рамках системного подхода являются повышение объемов производства, насыщение потребительского рынка, внедрение в сельскохозяйственное производство инновационных технологий и решений [17].

Основными принципами устойчивого развития производственного потенциала агропродовольственного комплекса являются стабильное совершенствование материально-технической

базы АПК, повышение эффективности интеграционных связей между стейкхолдерами инновационного процесса, сбалансированность спроса и предложения на рынке готовой продукции, регулирование внешнеэкономических отношений, развитие организационно-экономического механизма устойчивого развития [18].

В ранних авторских исследованиях обоснованы методологические принципы совершенствования институциональной структуры научно-интеллектуального потенциала агропродовольственного комплекса, а также предложен системно-функциональный подход к развитию научно-интеллектуального потенциала путем увязки выявленных системных проблем с конкретными функциями инновационного развития [19].

Выделены особенности реализации семи основных функций инновационной агросистемы, описывающих характер взаимодействия между ее стейкхолдерами, системы с внешней средой и между другими инновационными системами: предпринимательская деятельность, генерация знаний, распространение знаний, управление, формирование рынка, мобилизация ресурсов, противодействие к изменениям [20].

Результаты и обсуждение. Для повышения устойчивости производственного потенциала агропродовольственного комплекса, стимулирования его инновационно-инвестиционного развития целесообразно применять системно-функциональный подход, основанный на учете принципов построения и функций инновационных агросистем. Рост объемов производства сельскохозяйственной продукции в условиях реализации мер, направленных на устойчивое развитие производственного потенциала, будет оказывать положительное влияние на динамику социально-экономического развития агропродовольственного комплекса российских регионов.

В таблице представлена динамика основных показателей эффективности инновационного производства в АПК в 2017-2021 гг.

По данным таблицы повышение физического объема инвестиций в основной капитал сельского хозяйства положительно влияет на устойчивое развитие агропродовольственного комплекса. Если в 2020 г. в РФ наблюдалось падение индекса по разделу «Сельское и лесное хозяйство, рыболовство» на 7%, то по Саратовской области наблюдался устойчивый рост на 12,5%. В 2021 г. данный показатель характеризуется незначительным ростом по РФ — на 2,5% и продолжающимся устойчивым ростом по Саратовской области — на 16,3%. Оценка динамики инвестиционной активности за 2017-2021 гг. показывает необходимость увеличения объемов государственной поддержки.

По показателю индекса валовой добавленной стоимости (рис.) в РФ в целом по экономике наблюдается рост на 7,3% по сравнению с плановым значением и на 1,7% по сельскому хозяйству. Однако по Саратовской области после достаточно высокого прироста — на 20,6% в 2020 г., в 2021 г. наблюдается снижение данного показателя на 7,5%. По показателям эффективности инновационной деятельности как по РФ, так и по Саратовской области наблюдается незначительный устойчивый рост. Таким образом, несмотря на рост инвестиций в основной капитал сельского хозяйства, показатель валовой добавленной стоимости в сельском хозяйстве Саратовской области характеризуется снижением.





Таблица. Динамика основных показателей эффективности инновационного производства в АПК в 2017-2021 гг. в РФ и Саратовской области, %
Table. Dynamics of the main performance indicators of innovative production in the agro-industrial complex in 2017-2021 in the Russian Federation and the Saratov region, %

Показатели	Российская Федерация					Саратовская область				
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Индекс валовой добавленной стоимости в постоянных ценах — в целом по экономике, % к предыдущему году	101,9	102,8	101,6	97,8	107,3	102,2	101,7	101,8	101,1	100,6
в том числе сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	102,2	102,0	103,9	102,3	101,7	100,3	95,6	107,3	120,6	92,5
Индекс физического объема инвестиций в основной капитал сельского хозяйства, % к предыдущему году	103	103,7	97,1	93	102,5	97	81,6	107,7	112,3	116,3
Коэффициент обновления основных фондов в сельском хозяйстве	14,2	12,9	12,9	12,6	н.д.	8,8	7,6	8,4	13,6	н.д.
Доля инновационных товаров в сельском хозяйстве в общем объеме отгруженной продукции	1,8	1,9	2,3	2,4	2,5	0,1	0,50	0	0,32	0,24
Доля организаций, осуществляющих технологические инновации в сельском хозяйстве	5,2	5,4	6,5	9,4	9,5	0	0	2,5	2,1	2,4
Удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг предприятиями АПК, %	1,0	1,2	1,6	1,5	1,1	0	0	0	0	0

Примечание: Составлено по данным сайта Федеральной службы государственной статистики.

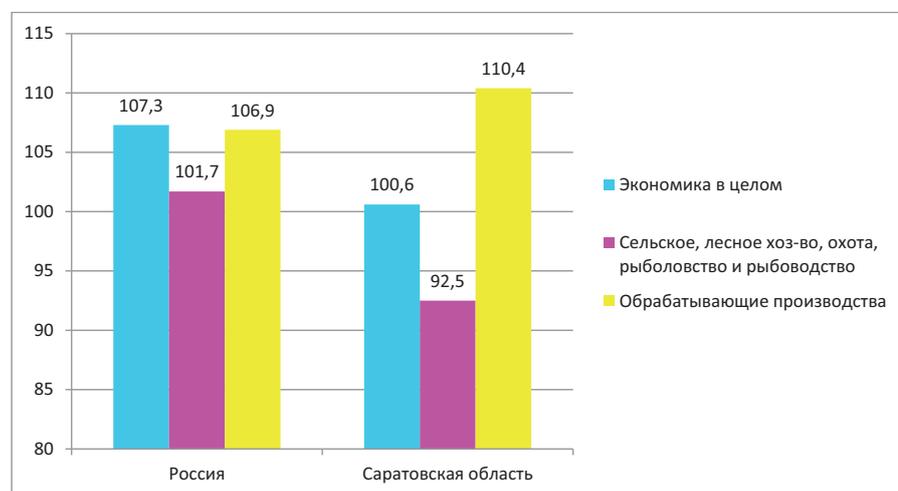


Рисунок. Индекс валовой добавленной стоимости в постоянных ценах, % к предыдущему году (2021 г.)
Figure. Gross value added index at constant prices, % of the previous year (2021)

Данные показатели характеризуют диспропорции между критериями эффективности использования производственного потенциала, индикаторами инновационного развития и состоянием материально-технической базы, которые в большей степени характерны для аграрного сектора.

В исследовании построена математическая модель устойчивого роста производственного потенциала агропродовольственного комплекса:

$$Y = 253,8 + 0,1 X_1 - 1,03 X_2 + 8,4 X_3 - 3,9 X_4 + 3,6 X_5 \quad (1) \quad R^2 = 0,98$$

где Y — валовая добавленная стоимость сельского хозяйства, млрд руб.; X₁ — индекс изменения уровня производительности труда, %; X₂ — уровень инвестиций в основной капитал в сопоставимой оценке, % к предыдущему году; X₃ — коэффициент обновления основных фондов, %; X₄ — уровень государственной поддержки в расчете на 100 га посевной площади, млн руб.; X₅ — энергообеспеченность на 100 га посевной площади, л.с.

Коэффициент детерминации R² показывает, что расчетные параметры модели объясняют зависимость изменения изучаемого параметра Y от исследуемых факторов на 98%, что предопределяет значимость разработанной модели.

Проведенные расчеты говорят о том, что при росте показателя производительности труда на 1% по отрасли валовая добавленная стоимость растет в среднем на 0,1 млрд руб.; увеличение коэффициента обновления основных фондов на 1% приводит к росту валовой добавленной стоимости на 8,4 млрд руб.; повышение уровня энергообеспеченности на 1% способствует увеличению показателя валовой добавленной стоимости сельского хозяйства на 3,6 млрд руб. Напротив, показатели инвестирования и государственной поддержки оказывают понижающее воздействие на экономический рост: при увеличении на 1% объемов инвестиций и государственной поддержки происходит сокращение величины валовой добавленной стоимости на 1,03 и 3,9 млрд руб. соответственно.

Таким образом, разработанная модель показывает положительную и отрицательную динамику добавленной стоимости под воздействием показателей госрегулирования, инвестирования и использования производственного потенциала.

Выявленные диспропорции между устойчивым ростом, масштабами инвестирования и уровнем государственной поддержки обосновывают необходимость применения комплексного дифференцированного управления к распределению средств государственной поддержки аграрного сектора экономики.

Выводы. Разработаны теоретико-методологические подходы к исследованию проблем устойчивого развития производственного потенциала агропродовольственного комплекса. На основе анализа работ зарубежных и российских авторов выявлен успешно применяемый мультидисциплинарный подход к устойчивому развитию, основанный на сочетании эколого-экономических и социальных критериев. Для повышения устойчивости производственного потенциала агропродовольственного комплекса в исследовании предложен системно-функциональный подход связи выявленных системных задач с конкретными функциями инновационной системы.

На основании анализа и оценки основных индикаторов эффективности сельскохозяйственного производства на инновационно-инвестиционной основе выявлены противоречия и диспропорции между объемом инвестиций и результативностью производства. Обоснована необходимость применения дифференцированных подходов к распределению средств государственной поддержки сельскохозяйственного производства.

Таким образом, применение системно-функционального подхода к устойчивому развитию агропродовольственного комплекса на инновационно-инвестиционной основе позволит увеличить темпы роста сельскохозяйственного производства. Практическая реализация результатов исследования направлена на разработку стратегий инновационного развития сельского хозяйства на отраслевом и региональном уровнях на основе синергетического эффекта от комплексного взаимодействия стейкхолдеров инновационного процесса.



Список источников

1. Белокопытов А.В., Москалева Н.В. Асимметричный подход к субсидированию предприятий АПК // Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности: материалы Международной научно-практической конференции. Смоленск, 2017. С. 356-361.
2. Цветков И.А., Белокопытов А.В. Эффективное управление аграрным производственным потенциалом в регионе // Экономика сельского хозяйства России. 2018. № 11. С. 30-36.
3. Довготко Н.А., Андрищенко С.А., Черднichenко О.А., Скиперская Е.В. Опыт Европейского союза по реализации целей устойчивого развития в сельском хозяйстве и возможности его применения в России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. Т. 64. № 1 (379). С. 74-80.
4. Корниенко Е.Л. Устойчивое развитие и внутренние факторы экономического роста // Актуальные вопросы современной науки. 2009. № 9-2. С. 145-165.
5. Нецаев В., Санду И., Михайлушкин П. Слагаемые концепции инновационного развития АПК России: от идей к действиям // АПК: экономика, управление. 2022. № 1. С. 9-19.
6. Тайров Р. Goldman Sachs и Barclays ухудшили прогнозы по экономике России. Forbes.ru. URL: <https://www.forbes.ru/finansy/459707-goldman-sachs-i-barclays-uhudshili-prognozy-po-ekonomike-rossii> (дата обращения: 25.03.2023).
7. Белокопытов А.В., Лазько О.В. Устойчивый рост и инновационное развитие аграрного сектора в условиях пандемии и санкций // Продовольственная политика и безопасность. 2022. Т. 9. № 2. С. 141-152. doi: 10.18334/ppib.9.2.114650
8. Cortese, A.D. (2003). The critical role of higher education in creating a sustainable future. *Plan. High. Educ.*, no. 31, pp. 15-22.
9. Jabareen, Y. (2011). Teaching Sustainability: A Multi-disciplinary Approach. *Creat. Educ.*, no. 2, pp. 388-392.
10. Wu, J.J. (2006). *Landscape Ecology, Cross-Disciplinarity, and Sustainability Science*. Springer: Berlin, Germany.
11. Никулина О.В. Системный подход к управлению инновационным развитием промышленных предприятий // Современные технологии управления. 2012. № 5 (17). URL: <https://sovman.ru/article/1703/> (дата обращения: 25.04.2023).
12. Блауберг И.В., Юдин Э.Г. Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 270 с.
13. Дерунова Е.А., Устинова Н.В., Дерунов В.А., Семенов А.С. Моделирование диверсификации рынка как основы устойчивого экономического роста // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2016. № 6. С. 91-109.
14. Боброва Е.А. Формирование концепции развития программно-целевого подхода в управлении затратами предприятий АПК // Фундаментальные исследования. 2015. № 8-1. С. 173-178.
15. Волхоннова А.И. Системный подход к формированию программы развития сферы агропромышленного комплекса в России // Молодой ученый. 2019. № 43 (281). С. 165-168. URL: <https://moluch.ru/archive/281/63315/> (дата обращения: 13.05.2023).
16. Трифонова Е.Н., Дерунова Е.А. Классификация регионов по влиянию инновационных процессов на поставки продукции пищевой промышленности // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2020. № 1. С. 56-62. doi: 10.31442/0235-2494-2020-0-1-56-62

17. Тогузаев Т.Х. Совершенствование стратегий взаимодействия предприятий АПК региона // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2013. № 3 (51). С. 55.

18. Кудяев З.Р., Боготов Х.Л. Системообразующие факторы устойчивого развития плодовоощного подкомплекса АПК в условиях цифровизации экономики // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2018. Т. 8. № 11. С. 76-82.

19. Дерунова Е.А. Совершенствование институциональной структуры научно-интеллектуального потенциала агропродовольственного комплекса на основе концепции открытых инноваций // Островские чтения. 2021. № 1. С. 131-134.

20. Бабкин А.Б., Khvatova T.S. Модель национальной инновационной системы на основе экономики знаний // Экономика и управление. 2010. № 12 (62). С. 170-176.

References

1. Belokopytov, A.V., Moskaleva, N.V. (2017). Asymmetrical approach to subsidizing agribusiness enterprises. *Prodovol'stvennaya bezopasnost': ot zavisimosti k samostoyatel'nosti: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Food security: from dependence to independence: proceedings of the International scientific-practical conference]. Smolensk, pp. 356-361.
2. Tsvetkov, I.A., Belokopytov, A.V. (2018). Effektivnoe upravlenie agrarnym proizvodstvennym potentsialom v regione [Effective management of agricultural production potential in the region]. *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii* [Economics of agriculture of Russia], no. 11, pp. 30-36.
3. Dovgot'ko, N.A., Andryushchenko, S.A., Cherdnichenko, O.A., Skiperskaya, E.V. (2021). Opyt Evropeiskogo soyuza po realizatsii tselei ustoychivogo razvitiya v sel'skom khozyaistve i vozmozhnosti ego primeneniya v Rossii [The experience of the European Union in the implementation of sustainable development goals in agriculture and the possibility of its application in Russia]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], vol. 64, no. 1 (379), pp. 74-80.
4. Kornienko, E.L. (2009). Ustoichivoe razvitie i vnutrennie faktory ehkonomicheskogo rosta [Sustainable development and internal factors of economic growth]. *Aktual'nye voprosy sovremennoi nauki* [Topical issues of modern science], no. № 9-2, pp. 145-165.
5. Nechaev, V., Sandu, I., Mikhailushkin, P. (2022). Slagayemye kontseptsii innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: ot idei k deistviyam [Components of the concept of innovative development of the agro-industrial complex of Russia: from ideas to actions]. *APK: ehkonomika, upravlenie* [AIC: economy, management], no. 1, pp. 9-19.
6. Tairov, R. (2022). *Goldman Sachs i Barclays ukhushili prognozy po ehnomike Rossii* [Goldman Sachs and Barclays downgraded their forecasts for the Russian economy]. Forbes.ru. Available at: <https://www.forbes.ru/finansy/459707-goldman-sachs-i-barclays-uhudshili-prognozy-po-ekonomike-rossii> (accessed: 25.03.2023).
7. Belokopytov, A.V., Laz'ko, O.V. (2022). Ustoichiviy rost i innovatsionnoe razvitie agrarnogo sektora v usloviyakh pandemii i sanktsii [Sustainable growth and innovative development of the agricultural sector in the context of the pandemic and sanctions]. *Prodovol'stvennaya politika i bezopasnost'* [Food policy and security], vol. 9, no. 2, pp. 141-152. doi: 10.18334/ppib.9.2.114650
8. Cortese, A.D. (2003). The critical role of higher education in creating a sustainable future. *Plan. High. Educ.*, no. 31, pp. 15-22.

9. Jabareen, Y. (2011). Teaching Sustainability: A Multi-disciplinary Approach. *Creat. Educ.*, no. 2, pp. 388-392.

10. Wu, J.J. (2006). *Landscape Ecology, Cross-Disciplinarity, and Sustainability Science*. Springer: Berlin, Germany.

11. Nikulina, O.V. (2012). Sistemnyy podkhod k upravleniyu innovatsionnym razvitiem promyshlennykh predpriyatii [A systematic approach to managing the innovative development of industrial enterprises]. *Sovremennyye tekhnologii upravleniya* [Modern management technology], no. 5 (17). Available at: <https://sovman.ru/article/1703/> (accessed: 25.04.2023).

12. Blauberger, I.V., Yudin, E.G. (1973). *Stanovlenie i sushchnost' sistemnogo podkhoda* [Formation and essence of the system approach]. Moscow, Nauka Publ., 270 p.

13. Derunova, E.A., Ustinova, N.V., Derunov, V.A., Semenov, A.S. (2016). Modelirovanie diversifikatsii rynka kak osnovy ustoychivogo ehkonomicheskogo rosta [Modeling market diversification as a basis for sustainable economic growth]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and social changes: facts, trends, forecast], no. 6, pp. 91-109.

14. Bobrova, E.A. (2015). Formirovanie kontseptsii razvitiya programmno-tselevogo podkhoda v upravlenii zatratami predpriyatii APK [Formation of the concept of development of the program-target approach in the management of costs of agribusiness enterprises] *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], no. 8-1, pp. 173-178.

15. Volkhonova, A.I. (2019). Sistemnyy podkhod k formirovaniyu programmy razvitiya sfery agropromyshlennogo kompleksa v Rossii [A systematic approach to the formation of a program for the development of the agro-industrial complex in Russia]. *Molodoi ucheniy* [Young scientist], no. 43 (281), pp. 165-168. Available at: <https://moluch.ru/archive/281/63315/> (accessed: 13.05.2023).

16. Trifonova, E.N., Derunova, E.A. (2020). Klassifikatsiya regionov po vliyaniyu innovatsionnykh protsessov na postavki produktov pishchevoi promyshlennosti [Classification of regions according to the impact of innovative processes on the supply of food industry products]. *Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii* [Economics of agricultural and processing enterprises], no. 1, pp. 56-62. doi: 10.31442/0235-2494-2020-0-1-56-62

17. Toгузаев, Т.Х. (2013). Sovershenstvovanie strategii vzaimodeistviya predpriyatii APK regiona [Improving the strategies for interaction between enterprises of the agro-industrial complex of the region]. *Upravlenie ehkonomicheskimi sistemami: ehlektronnyi nauchnyi zhurnal* [Management of economic systems: scientific electronic journal], no. 3 (51), p. 55.

18. Kudyaev, Z.R., Bogotov, K.H. (2018). Sistemoobrazuyushchie faktory ustoychivogo razvitiya plodovoochshchnogo podkompleksa APK v usloviyakh tsifrovizatsii ehkonomiki [System-forming factors of sustainable development of the fruit and vegetable subcomplex of the agro-industrial complex in the context of digitalization of the economy]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: yesterday, today and tomorrow], vol. 8, no. 11, pp. 76-82.

19. Derunova, E.A. (2021). Sovershenstvovanie institutsional'noi struktury nauchno-intellektual'nogo potentsiala agroprodovol'stvennogo kompleksa na osnovе kontseptsii otkrytykh innovatsii [Improving the institutional structure of the scientific and intellectual potential of the agro-food complex based on the concept of open innovation]. *Ostrovskie chteniya* [Ostrov readings], no. 1, pp. 131-134.

20. Babkin, A.B., Khvatova, T.S. (2010). Model' natsional'noi innovatsionnoi sistemy na osnovе ehkonomiki znaniy [Model of the national innovation system based on the knowledge economy]. *Ekonomika i upravlenie* [Economics and management], no. 12 (62), pp. 170-176.

Информация об авторе:

Дерунова Елена Анатольевна, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории инновационного развития производственного потенциала агропромышленного комплекса, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9391-0123>, Scopus ID: 55916305900, Researcher ID: L-6088-2015, ea.derunova@yandex.ru

Information about the author:

Elena A. Derunova, candidate of economic sciences, associate professor, leading researcher of the laboratory of innovative development of the production potential of the agro-industrial complex, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9391-0123>, Scopus ID: 55916305900, Researcher ID: L-6088-2015, ea.derunova@yandex.ru





АГРАРНАЯ РЕФОРМА И ФОРМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Научная статья

УДК 339.543

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_458

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ПЛОДОВООЩНОЙ ПРОДУКЦИИ РОССИИ

С.В. Сенотрусова¹, М.И. Соколова¹, В.Г. Свинухов², В.В. Хомякова²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Аннотация. Статья посвящена актуальным вопросам развития рынка товаров группы 08 ТН ВЭД в России. В связи с этим был проведен анализ внешней торговли товаров плодовоошной продукции, исследована структура стран-экспортеров, сделаны соответствующие выводы. Основными поставщиками цитрусовой продукции остались страны Турция, Египет, Ю. Африка, Аргентина. Снизили поставки Китай, Марокко, Пакистан. Основными поставщиками бананов остались Эквадор, Колумбия, Коста-Рики. По итогам 2021 года импорт товаров позиции 0805 ТН ВЭД (цитрусовые) снизился относительно 2012 года в стоимостном выражении на 17% (до 1,267 млрд долларов США), но в весовом отношении импорт увеличился с 1,580 млн тонн в 2012 году до 1,700 млн тонн в 2021 году, т.е. на 7,5%. Импорт товаров позиции 0803 ТН ВЭД (бананы) увеличился относительно 2012 года в стоимостном выражении на 17% (до 1,119 млрд долларов США), в весовом отношении импорт увеличился на 26% (до 1,512 тыс. тонн).

Ключевые слова: группа товаров 08 ТН ВЭД ЕАЭС, съедобные фрукты и орехи, кожура цитрусовых плодов или корки дынь, эмбарго, импорт, экспорт

Original article

CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN FRUIT AND VEGETABLE MARKET

S.V. Senotrusova¹, M.I. Sokolova¹, V.G. Svinukhov², V.V. Khomyakova²

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Abstract. The article is devoted to topical issues of the development of the goods market of the 08 HS group in Russia. In this regard, the analysis of foreign trade of fruit and vegetable products was carried out, the structure of exporting countries was investigated, and appropriate conclusions were drawn. The main suppliers of citrus products remained the countries Turkey, Egypt, South Africa, Argentina. Reduced supplies — China, Morocco, Pakistan. Ecuador, Colombia, and Costa Rica remained the main suppliers of bananas. According to the results of 2021, imports of goods of the 0805 HS (citrus fruits) decreased by 17% compared to 2012 in value terms (to 1.267 billion US dollars), but in terms of weight, imports increased from 1.580 million tons in 2012 to 1.700 million tons in 2021, i.e. by 7.5%. Imports of goods of item 0803 HS (bananas) increased relative to 2012 in value terms by 17% (up to 1,119 billion US dollars), in weight terms imports increased by 26% (up to 1,512 thousand tons).

Keywords: goods of group 08 of the commodity nomenclature of the Eurasian Union, edible fruits and nuts, citrus fruit peel or melon peel, embargo, import, export

Введение. Эмбарго продовольственной продукции введено в Российской Федерации в августе 2014 года Указом Президента и Постановлением Правительства РФ № 560 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации». Необходимость принятия документа было вызвано необходимостью осуществления национальной продовольственной безопасности. В связи с этим, на некоторые сельскохозяйственные товары из ряда зарубежных стран введен запрет на ввоз на территорию РФ. Меры были приняты для поддержания отечественных товаропроизводителей сельскохозяйственной продукции и продовольствия.

В список сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия из ЕС, Норвегии, США, Канады и некоторых других стран вошли сельскохозяйственные товары кода 08 ТН ВЭД ЕАЭС (съедобные фрукты и орехи...) [1] (табл.1).

Цель исследования. Определить тенденции импорта товаров группы 08 ТН ВЭД (съедобные фрукты и орехи), сложившиеся в настоящее время.

Задачами работы являлось: выявить географическую направленность ввоза товаров, объяснить основные тенденции объемов ввоза товаров группы 08 ТН ВЭД ЕАЭС, определить основные закономерности изменения стоимости импортируемых товаров рассматриваемой группы и обосновать декларируемые цены для импортной продукции.

Материал и методы исследования. В работе были использованы статистические, нормативно-правовые и другие данные о внешней торговле, которые характеризуют географическую направленность, объемы и стоимость ввоза товаров. При этом применялись такие методы анализа как: анализ, сравнение, статистическое моделирование. Для оценки внешнеторгового оборота товаров использовались данные статистики международной торговли и внешней торговли таможенной службы России [3-6].

Результаты. Сельскохозяйственные товары (съедобные фрукты и орехи...) — весьма значительная статья импорта российского продовольствия, вместе с товарами кода

04 (молочная продукция) и 07 (овощная продукция) ТН ВЭД [7, 8]. В 2016 году Россия занимала одиннадцатое место в списке основных стран-импортеров съедобных фруктов и орехов; (3,83 млрд. долларов), а в 2021 году увеличила ввоз фруктов и оказалась на 8 месте (5,44 млрд US\$) среди стран импортеров. За этот период мировые лидеры — импортеры значительно нарастили объемы импорта. Первые позиции по импорту продукции в 2021 году занимают — США (22,227 млрд. US\$), Китай (15,909 млрд. US\$), Германия (13,067 млрд. US\$) (табл.2) [9].

Анализ данных по внешней торговле позволяет отметить, что Российская Федерация является ведущим импортёром продовольствия и сельскохозяйственной продукции. Данные исследований показывают, что в последние несколько лет страны-поставщики овощной продукции значительно изменились, поскольку действует запрет на ввоз такой продукции в Россию из отдельных стран. Таким образом, необходимо выяснить, страны занимающие ведущие места на рынке съедобных фруктов и орехов (товары группы 08 ТН ВЭД) и в каких



Таблица 1. Товарные позиции кода 08 ТН ВЭД ЕАЭС [2]
Table 1. Commodity items of the EAEU HS Code 08 [2]

Код ТН ВЭД	Описание товара
0801	Орехи кокосовые, орехи бразильские и орехи кешью, свежие или сушеные, очищенные от скорлупы или не очищенные, с кожурой или без кожуры
0802	Прочие орехи, свежие или сушеные, очищенные от скорлупы или неочищенные, с кожурой или без кожуры
0803	Бананы, включая плантайны, свежие или
0804	Финики, инжир, ананасы, авокадо, гуайява, манго и мангостан, или гарциния, свежие или сушеные
0805	Цитрусовые плоды, свежие или сушеные
0806	Виноград, свежий или сушеный
0807	Дыни (включая арбузы) и папайя, свежие
0808	Яблоки, груши и айва, свежие
0809	Абрикосы, вишня и черешня, персики (включая нектарины), сливы и терн, свежие
0810	Прочие фрукты, свежие
0811	Фрукты и орехи, подвергнутые или не подвергнутые тепловой обработке в кипящей воде или на пару, замороженные, с добавлением или без добавления сахара или других подслащающих веществ
0812	Фрукты и орехи, консервированные для кратковременного хранения (например, диоксидом серы, в рассоле, сернистой воде или в другом временно консервирующем растворе), но в таком виде непригодные для непосредственного употребления в пищу
0813	Фрукты сушеные, кроме плодов товарных позиций 0801 — 0806; смеси орехов или сушеных плодов данной группы
0814	Кожура цитрусовых плодов или корки дынь (включая корки арбуза), свежие, замороженные, сушеные или консервированные для кратковременного хранения в рассоле, сернистой воде или в другом временно консервирующем растворе

Таблица 2. Стоимость ввозимых товаров кода 08 ТН ВЭД ЕАЭС ведущими странами мира в 2016-2021 гг (млн долл. US\$) [4]
Table 2. The cost of imported goods of the year 08 of the EAEU Customs Code by the leading countries of the world in 2016-2021 (million US\$) [4]

Импортеры	2017	2018	2019	2020	2021
Весь Мир	126 881 407	134 318 061	135 827 695	141790424	158329522
Соединенные Штаты Америки	18 097 735	18 911 887	19 547 138	19 474 514	22227898
Китай	6 376 662	8 680 372	11 662 824	12 016 015	15909644
Германия	11 292 984	11 847 075	11 240 527	12 568 993	13067008
Нидерланды	6 587 981	7 248 275	7 463 837	9 641 152	8494520
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии	6 348 535	6 442 517	6 303 781	6 367 348	6397713
Франция	5 789 561	6 030 973	5 755 480	6 272 393	6860077
Российская Федерация	4 677 746	5 076 953	5 098 004	5 250 201	5443583

н/д — нет данных

Таблица 3. Страны экспортеры плодоовощной продукции в Россию (группа 08 ТН ВЭД ЕАЭС) и стоимость импорта (млн долл. США) [5, 6]
Table 3. Countries exporting fruit and vegetable products to Russia (Group 08 of the EAEU Customs Code) and the value of imports (million US dollars) [5, 6]

Экспортеры	2016г	2017г	2018г	2019г	2020г	2021
Весь Мир	3 830 586	4 677 746	5 076 953	5 098 004	5 250 201	5443583
Эквадор	982 369	1 096 741	1 109 773	1 085 188	1 074 338	1033092
Турция	423 183	806 771	791 916	814 894	1 074 059	1128299
Южная Африка	158 836	214 471	231 252	218 262	284 503	299140
Азербайджан	165 225	195 366	264 517	280 568	278 659	337004
Египет	182 944	208 723	236 282	242 945	264 685	296175
Узбекистан	60 870	83 860	113 707	112 915	222 698	253185
Республика Молдова	107 197	190 238	196 220	199 935	203 858	229981
Сербия	239 296	261 287	205 028	195 962	202 318	177239
Аргентина	н/д	155 237	172 460	182 688	194 998	173346
Марокко	199 407	208 196	192 954	212 900	159 812	175139
Чили	96 387	123 407	141 840	151 139	137 836	133183
Китай	346 066	358 802	421 868	325 866	137 815	128922

весовых параметрах они экспортируют продукцию. Для исследований использовались данные международной торговли [5,6]. Отметим, что странами, экспортирующими в Россию плодоовощную продукцию являются Эквадор, Турция, Ю. Африка, Азербайджан и Египет, на их долю приходится более 50% (стоимости) товаров позиций 08 ТН ВЭД (табл.2). Из представленных данных видно, что все страны-экспортеры, кроме Чили и Китая нарастили объемы экспорта продукции.

В Россию в 2021 году было ввезено цитрусовых на сумму около 5,44 млрд долларов США. Рост поставок в стоимостном выражении относительно 2019 года составил около 0,06%:

Импорт цитрусовых относительно 2019 года вырос на 345 млн долларов США. Данные международной торговли фиксируют, что в 2019 в Россию было ввезено цитрусовых на сумму 5,09 млрд долларов США. В 2021 году общий импорт товаров в Россию был на уровне 296 млрд долларов США, а ввоз товаров кода 08 ТН ВЭД составил около 1,8% от общего импорта в Россию. Доля товаров группы 08 ТН ВЭД в 2021 году в суммарном импорте в Россию уменьшилась на 0,21%. Основными экспортерами товаров кода 08 ТН ВЭД в Россию в 2021 году были:

- Эквадор с долей 18,9% (1,03 млрд долларов США)

- Турция с долей 20,6% (1,12млрд долларов США)
- Ю. Африка с долей 5,4% (299 млн долларов США)
- Азербайджан с долей 6,3% (337 млн долларов США)
- Египет с долей 5,4% (296 млн долларов США)
- Узбекистан с долей 4,6% (253 млн долларов США)

Рассмотрим основные товарные позиции группы 08ТН ВЭД — съедобные фрукты и орехи; кожура цитрусовых плодов или корки дынь — в 2021 году в структуре импорта России:

- 23,3% (1,27 млрд долларов США): 0805 — Цитрусовые плоды, свежие или сушеные





- 19,8% (1,08 млрд долларов США): 0803 — Бананы, включая плантайны, свежие или сушеные
- 12,5% (678 млн долларов США): 0808 — Яблоки, груши и айва, свежие
- 9,66% (526 млн долларов США): 0810 — Прочие фрукты, свежие
- 9,82% (534 млн долларов США): 0809 — Абрикосы, вишня и черешня, персики (включая нектарины), сливы и терн, свежие
- 8,73% (475 млн долларов США): 0806 — Виноград, свежий или сушеный
- 5,84% (318 млн долларов США): 0804 — Финики, инжир, ананасы, авокадо, гуайява, манго и мангостан, или гарциния, свежие или сушеные
- 3,32% (181 млн долларов США): 0802 — Прочие орехи, свежие или сушеные, очищенные от скорлупы или неочищенные, с кожурой или без кожуры
- 2,17% (141 млн долларов США): 0811 — Фрукты и орехи, подвергнутые или не подвергнутые тепловой обработке в кипящей воде или на пару, замороженные, с добавлением или без добавления сахара или других подслащивающих веществ

- 2,18% (119 млн долларов США): 0801 — Орехи кокосовые, орехи бразильские и орехи кешью, свежие или сушеные, очищенные от скорлупы или не очищенные, с кожурой или без кожуры

Из приведенных данных следует, что из рассматриваемой группы самым большим ввозом в Россию отмечены товары товарных позиций ТН ВЭД 0805 — цитрусовые плоды, свежие или сушеные и 0803 — бананы, включая плантайны, свежие или сушеные.

Рассмотрим, из каких стран товары товарных позиций 0805 и 0803 ТН ВЭД импортируются больше сего, а также как изменился ввоз товаров этой группы с введением эмбарго. В качестве реперного брался 2012 год — год присоединения России к ВТО.

В соответствии со статистическими данными Федеральной таможенной службы России, стоимость импорта фруктов в Россию варьировались. Так, например, в 2012 году ввоз составил 1,512 млрд долларов США; 2016 году — 1,160 млрд долларов США; 2018 году — 1,231 млрд долларов США; 2021 году — 1,267 млрд долларов США, но именно в 2015 году импорт значительно уменьшился

с 1,486 млрд US\$ в 2014 году до 1,137 млрд долларов США в 2015 году. Отметим, что структура стран — поставщиков осталась прежней. Значительно нарастили объемы поставок Турция, Египет, Ю. Африка, Аргентина. Снизили поставки — Китай, Марокко, Пакистан (табл. 4).

В таблице 5 приведены данные о стоимости и объемах импорта, величине ставки импортной таможенной пошлины, рассчитан пошлинный платеж для ввозимых товаров. Если обозначить как D — стоимость импортного товара, а K — ставка импортной пошлины (в % от таможенной стоимости), то пошлинный платеж рассчитывается как произведение D*K. Кроме этого надо иметь в виду, что для развивающихся стран и преференциальных товаров действует система преференций ЕАЭС. Для преференциально-го ввоза товаров пошлинный платеж снижается на 25%. Перечень преференциальных стран серьезно изменился с принятием Решения Совета Евразийской экономической комиссии от 5 марта 2021 г. № 17.

Если анализировать стоимость ввозимых фруктов, то одним из самых дешевых является стоимость цитрусовых из Египта — стоимость 1 тонны продукции равна 644 долларов/тонна.

Таблица 4. Страны экспортеры плодоовощной продукции в Россию (товарная позиция 0805 ТН ВЭД ЕАЭС) и стоимость импорта (млн. долл. США) [5, 6]

Table 4. Countries exporting fruit and vegetable products to Russia (commodity item 0805 of the EAEU Customs Code) and the value of imports (million US dollars) [5, 6]

Экспортеры	2012г	2017г	2018г	2019г	2020г	2021
Весь Мир	1 512 139	1 189 212	1 231 478	1 281 039	1 255 575	1,267,992
Турция	363 441	413 567	378 532	382 207	505 759	522,416
Египет	164 277	136 809	171 023	170 507	181 920	183,879
Ю. Африка	159 509	141 608	154 882	145 657	167 256	183,187
Марокко	231 777	201 489	183 866	190 165	133 047	142,156
Аргентина	93 404	71 302	60 131	72 339	86 093	80,343
Пакистан	87 661	51 748	59 099	83 947	67 527	62,202
Грузия	13 898	11 118	21 098	17 160	27 037	29,988
Китай	137 593	111 714	152 832	161 524	19 130	-

Таблица 5. Страны экспортеры продукции в Россию товаров товарной позиции 0805 (цитрусовые плоды, свежие или сушеные) ТН ВЭД ЕАЭС (млн. долл. США) [5, 6]

Table 5. Countries exporting products to Russia of goods of heading 0805 (citrus fruits, fresh or dried) Customs Code of the EAEU (million US dollars) [5, 6]

Экспортеры	Стоимость импорта в 2021 году (млн USD)	Доля в импорте в Россию	Объем импорта (тонн)	Стоимость единицы товара USD /тонн	Импортная таможенная пошлина, в % от таможенной стоимости	Пошлинный платеж, (USD, млн долларов)
Весь Мир	1 267 992	100	1 700 577	746	5	63350
Турция	522 416	41,2	773 152	676	5	26120
Марокко	142 156	11,2	178 898	795	5*0,75 (преференциальный ввоз)	5330
Египет	183 879	14,5	285 456	644	5*0,75 (преференциальный ввоз)	6895
Южная Африка	183 187	14,4	182 860	1002	5	9159
Пакистан	62 202	4,9	90 610	686	5*0,75 (преференциальный ввоз)	2332
Аргентина	80 343	6,3	77 601	1 035	5	4017

Таблица 6. Страны экспортеры продукции в Россию товаров товарной позиции 0803 (бананы, включая плантайны, свежие или сушеные) ТН ВЭД ЕАЭС и стоимость импорта в (млн. долл. США) [5, 6]

Table 6. Countries exporting products to Russia of goods of heading 0803 (bananas, including plantains, fresh or dried) The Customs Code of the EAEU and the cost of imports in (million US dollars) [5, 6]

Экспортеры	2012г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.	2021г.
Весь Мир	921 385	1 140 356	1 154 742	1 119 904	1 116 537	1 079 589
Эквадор	821 671	1 095 652	1 108 300	1 082 175	1 072 395	1 031 289
Гватемала	0	4 425	9 187	1 898	14 743	15 202
Коста-Рика	58 762	14 990	16 172	11 416	12 671	7 900
Колумбия	10 415	3 751	8 842	17 226	11 010	20 661
Вьетнам	771	2 614	1 686	3 695	4 547	3 457
Мексика	98	16 784	9 004	1 944	69	171



Таблица 7. Страны экспортеры продукции в Россию товаров товарной позиции 0803 (бананы, включая плантайны, свежие или сушеные) ТН ВЭД ЕАЭС (млн долл. США) [5, 6]

Table 7. Countries exporting products to Russia of goods of heading 0803 (bananas, including plantains, fresh or dried) Customs Code of the EAEU (million US dollars) [5, 6]

Экспортеры	Стоимость импорта в 2021 году (млн. USD)	Доля в импорте в Россию	Объем импорта (тонн)	Стоимость единицы товара USD /тонн	Импортная таможенная пошлина, в % от таможенной стоимости	Пошлинный платеж, USD, (млн. USD)
Весь Мир	1 119 904	100	1 512 447	740	5*0,75 (преференциальный ввоз)	41962
Эквадор	1 031 289	95,5	1 398 225	738	5*0,75 (преференциальный ввоз)	38662
Колумбия	20 661	1,9	28 133	734	5*0,75 (преференциальный ввоз)	774
Коста-Рика	7900	0,7	10 726	737	5*0,75 (преференциальный ввоз)	296
Вьетнам	3 457	0,3	1 524	-	5*0,75 (преференциальный ввоз)	129
Мексика	171	0,1	228	750	5*0,75 (преференциальный ввоз)	6

Самым дорогими фруктами являются цитрусовые из Аргентины, их стоимость декларируется как — 1035 долларов /тонна при средней стоимости ввозимых в Россию фруктов — 746 долларов /тонна.

Рынок бананов (0803 ТН ВЭД) является одним из значимых по объему продаж в Российской Федерации, в 2021 году Россия закупила на внешнем рынке бананов на 1,079 млрд долларов.

Анализируя ввоз товаров позиции 0803 ТН ВЭД отметим, что импорт этих товаров увеличился с 2012 года по 2021 год на 17,1%, а общая структура поставок была довольно неоднозначна. Так в 2012 году было ввезено 1255608 тонн, а в 2021 году уже 1460437 тонн. Среднегодовые объемы импорта, бананов изменялись от 1,205 тыс. тонн в 2015 году до 1,515 тыс. тонн в 2020 году [5, 6].

Отметим, что основным поставщиком бананов в Россию является Эквадор (до 96% всех поставок) (табл. 6). Если анализировать стоимость ввозимых бананов, то одним из самых дешевых можно считать бананы из Колумбии. Их стоимость в 2021 году составляла — 734 долларов за тонну при средней стоимости ввозимых в Россию бананов — 740 долларов за тонну (табл. 7).

Заключение. Хотелось бы отметить, что на объемы и стоимость поставок продукции группы 08 ТН ВЭД в Россию, российское «экономическое» эмбарго не оказало значительного действия. Однако, по итогам 2021 года импорт товаров позиции 0805 ТН ВЭД (цитрусовые) снизился относительно 2012 года в стоимостном выражении на 17% (до 1,267 млрд долларов США), но в весовом отношении импорт увеличился со 1,580 млн тонн в 2012 году до 1,700 млн тонн

в 2021 году, т.е. на 7,5%. Импорт товаров позиции 0803 ТН ВЭД (бананы) увеличился относительно 2012 года в стоимостном выражении на 17% (до 1,119 млрд долларов США), в весовом отношении импорт увеличился на 26% (до 1,512 тыс. тонн). Географическая направленность и объемы поставок фактически не изменилась. Основными поставщиками цитрусовой продукции остались страны Турция, Египет, Ю. Африка, Аргентина. Снизилась поставки — Китай, Марокко, Пакистан. Основными поставщиками бананов остались Эквадор, Колумбия, Коста-Рики.

Список источников

1. Указ Президента РФ от 6 августа 2014 г. № 560 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_166922
2. Пояснения к единой товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза (ТН ВЭД ЕАЭС) (в ред. Рекомендации Коллегии Евразийской экономической комиссии от 24.07.2018 № 12, от 30.10.2018 № 23) [Электронный ресурс] <http://www.eurasiancommission.org/ru/Pages/default2.aspx>
3. Сенотрусова С.В., Свинухов В.Г., Макарова И.Г. Тенденции развития рынка овощной продукции России в условиях эмбарго // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 6 (366). С. 82-85.
4. Сенотрусова С.В., Свинухов В.Г. Рынок рыбной продукции России: экспорт, импорт и таможенные платежи // Международная торговля и торговая политика. 2017. № 4 (12). С. 75-83.
5. Портал данных внешнеторговой статистики TrendEconomy [Электронный ресурс] <http://trendeconomy.ru>
6. Портал данных таможенной статистики внешней торговли [Электронный ресурс] <http://customs.ru>

7. Портал данных статистики международной торговли [Электронный ресурс] <https://www.trademap.org>

8. Анализ импорта фруктов в Россию в 2020 году // Экспертно-аналитический центр агробизнеса. АБ-Центр. [Электронный ресурс] <http://ab-centre.ru/news/analiz-importa-fruktov-v-rossiyu-v-2020-godu>

9. Россия импортирует в 2020/21 году более 1,6 млн. тонн цитрусовых // Агробизнес. [Электронный ресурс] <http://agbz.ru/news/rossiya-importiruet-v-2020-21-godu-bolee-1-6-mln-tonn-tsitrusovykh>

References

1. Ukaz Prezidenta RF ot 6.08.2014 N 560 «O primeneniі otdel'nykh spetsial'nykh ehkonomicheskikh mer v tselyakh obespecheniya bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii», http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_166922/
2. *Poyasneniya k edinoi tovarnoi nomenklature vneshneehkonomicheskoi deyatel'nosti Evraziiskogo ehkonomicheskogo soyuza*, <http://www.eurasiancommission.org/ru/Pages/default2.aspx>
3. Senotrusova S.V., Svinukhov V.G., Makarova I.G. (2018). *Tendentsii razvitiya rynka ovoshchnoi produktsii Rossii v usloviyakh ehmbargo*. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, no. 6 (366), pp. 82-85.
4. Senotrusova S.V., Svinukhov V.G. (2017). *Rynok rybnoi produktsii Rossii: ehksport, import i tamozhennye platезhi*. *Mezhdunarodnaya trgovlya i trgovaya politika*, no. 4 (12), pp. 75-83.
5. *Portal dannykh vneshnetorgovoi statistiki TrendEconomy*, <http://trendeconomy.ru>
6. *Portal dannykh tamozhennoi statistiki vneshnei trgovli*, <http://customs.ru>
7. *Portal dannykh statistiki mezhdunarodnoi trgovli*, <http://www.trademap.org/>
8. *Analiz importa fruktov v Rossiyu v 2020 godu*, <http://ab-centre.ru/news/analiz-importa-fruktov-v-rossiyu-v-2020-godu>
9. *Rossiya importiruet v 2020/21 godu bolee 1,6 mln. tonn tsitrusovykh*, <http://agbz.ru/news/rossiya-importiruet-v-2020-21-godu-bolee-1-6-mln-tonn-tsitrusovykh/>

Информация об авторах:

Сенотрусова Светлана Валентиновна, доктор биологических наук, профессор, МГУ имени М.В. Ломоносова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8030-8803>, senotrusovasv@gmail.com

Соколова Мария Игоревна, аспирант, МГУ имени М.В. Ломоносова, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-9315-3126>, maryysokol@gmail.com

Свинухов Владимир Геннадьевич, доктор географических наук, профессор, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3180-9876>, customs202@gmail.ru

Хомякова Виктория Викторовна, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-2346-7660>, torrivx@gmail.ru

Information about the authors:

Svetlana V. Senotrusova, doctor of biological sciences, professor, Lomonosov Moscow state University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8030-8803>, senotrusovasv@gmail.ru

Maria I. Sokolova, postgraduate student, Lomonosov Moscow State University, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-9315-3126>, maryysokol@gmail.com

Vladimir G. Svinukhov, doctor of geographical sciences, professor, Russian economic University G.V. Plekhanov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3180-9876>, customs202@gmail.ru

Victoria V. Khomyakova, postgraduate student, Plekhanov Russian University of Economics, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-2346-7660>, torrivx@gmail.ru





ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ЗЕРНОВОГО ХОЗЯЙСТВА НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Л.Б. Винничек¹, А.Ю. Киндаев², А.В. Моисеев², А.Ю. Павлов²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

²Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

Аннотация. Статья отражает результаты исследований авторов, направленных на выделение однородных групп сельскохозяйственных территорий по результатам возделывания зерновых культур и выявления природно-климатических и экономических факторов, влияющих на эту группировку. В качестве статистических данных для исследования использовались природно-климатические характеристики и показатели урожайности по пяти зерновым культурам в разрезе муниципальных образований Пензенской, Самарской, Саратовской и Ульяновских областей за 1995–2021 гг. Анализ динамики изменения посевных площадей зерновых и зернобобовых культур показал стабильность долевой структуры за исследуемый период. Для получения качественного разбиения применялись критерии *Duda* и *Hart* и *Calinski-Harabasz*, использовались различные алгоритмы выделения кластеров (Варда, полной связи) и исследовалась значимость различий урожайности в каждый исследуемый год при применении метода *k*-средних. В результате исследования было решено выделить 5 групп. Анализ значимости разбиения по годам методом *k*-средних показал не существенность 2010 г. по озимой ржи, что объясняется аномальными климатическими условиями в этот год для рассматриваемых областей. Полученные результаты подтверждают целесообразность проведенной группировки. На основе дискриминантного анализа в зависимости от природно-климатических характеристик была определена зерновая специализация выделенных групп. В частности, выделены районы с потенциально высокими показателями урожайности по всем рассматриваемым зерновым культурам, с ограничением выращивания ржи озимой, с рекомендацией по выращиванию пшеницы и другие. Полученные результаты важны для принятия управленческих решений сельскохозяйственными производителями с точки зрения выбора культур для возделывания, а также для принятия решений в области рискованного страхования страховыми компаниями.

Ключевые слова: урожайность, кластерный анализ, территориальное развитие, устойчивость

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-780-0220, <https://rscf.ru/project/22-78-00220>.

Original article

DETERMINATION OF AGRICULTURAL SPECIALIZATION OF GRAIN FARMING ON THE BASIS OF MATHEMATICAL AND STATISTICAL ANALYSIS

L.B. Vinnichek¹, A.Yu. Kindaev², A.V. Moiseev², A.Yu. Pavlov²

¹Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg, Pushkin, Russia

²Penza State Technological University, Penza, Russia

Abstract. The article reflects the results of the authors' research aimed at identifying homogeneous groups of agricultural territories based on the results of the cultivation of grain crops and identifying natural, climatic and economic factors that affect this grouping. As statistical data for the study, natural and climatic characteristics and yield indicators for five grain crops were used in the context of the municipalities of the Penza, Samara, Saratov and Ulyanovsk regions for 1995–2021. Analysis of the dynamics of changes in the sown areas of grain and leguminous crops showed the stability of the share structure for the study period. To obtain a qualitative partition, the *Duda* and *Hart* and *Calinski-Harabasz* criteria were used, various clustering algorithms (Ward, full connection) were used, and the significance of yield differences in each study year was studied using the *k*-means method. As a result of the study, it was decided to allocate 5 groups. The analysis of the significance of the division by years using the *k*-means method showed that 2010 was not significant for winter rye, which is explained by abnormal climatic conditions in this year for the regions under consideration. The results obtained confirm the expediency of the grouping. On the basis of discriminant analysis, depending on the natural and climatic characteristics, the grain specialization of the selected groups was determined. In particular, areas with potentially high yields for all considered crops, with a restriction on the cultivation of winter rye, with a recommendation for the cultivation of wheat, and others have been identified. The results obtained are important for making management decisions by agricultural producers in terms of choosing crops for cultivation, as well as for making decisions in the field of risk insurance by insurance companies.

Keywords: productivity, cluster analysis, territorial development, sustainability

Acknowledgments: the study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 22-780-0220, <https://rscf.ru/project/22-78-00220>.

Введение. На современном этапе развития общества, увеличения численности населения, повышения качества жизни важнейшим условием эффективного развития является обеспечение продовольственной безопасности. Ее обеспечение является одним из главных постулатов национальной безопасности государства. Стратегия продовольственной безопасности призвана обеспечить качество жизни населения страны за счет стабильного внутреннего производства, а также создания необходимых запасов и резервов.

Одной из задач Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации является своевременное прогнозирование, направленное на выявление и предотвращение внутренних и внешних угроз продовольственной безопасности. Прогнозирование является

одним из методов, позволяющим выявить зависимости или различия объектов любой природы, а также позволяет получить информацию о возможном состоянии объекта в будущем. Математико-статистические методы исследования позволяют оценить различные показатели сельского хозяйства в целом или отдельных показателей. С помощью таких методов можно выделить экстремальные значения ценовых максимумов и минимумов, оценить вероятность страховых выплат при исследовании рискованных видов страхования, оценить финансовые показатели, а также описать другие экономические процессы.

Реальные статистические данные позволяют оценить ситуацию в прошлом, настоящем, а также на основе построения моделей осуществить прогноз развития событий на перспективу.

Применение математических и статистических методов позволяет реализовать прогнозирование, которое необходимо для осуществления стратегического планирования.

Применение экономико-математических методов широко применяется в сельском хозяйстве. Вопросами применения таких методов для оптимизации размещения посевных площадей занимались Алтухов А.И., Силаева Л.П., Кравченко Р.Г., Чеплянская Н.М., Попов И.Г. и многие другие ученые [1, 2]. Вопросами эколого-экономического моделирования развития природно-хозяйственного комплекса занимались Долматова Л.Г., Щеткин Б.Н., Замятина М.Ф., Дьяков М.Ю. [3, 4]. Многие исследователи в своих работах отмечают необходимость применения математических методов для обеспечения устойчивого развития территорий [5, 6, 7].



Материалы и методы исследования.

Объектом исследования выступают природно-климатические и аграрно-экономические показатели муниципальных образований четырех областей Поволжья: Пензенской, Самарской, Саратовской и Ульяновской. Данные для анализа брались за период с 1995 по 2021 гг. в открытых источниках на сайтах территориальных органов Федеральной службы государственной статистики перечисленных выше областей.

В работе рассматривается производство зерна. При рассмотрении урожайности зерновых культур применяются методы сравнительного, кластерного, дисперсионного анализа. При проведении кластерного анализа рассматриваются критерий *Duda* и *Hart* (основан на оценке суммы квадратов внутрикластерных расстояний) и критерий *Calinski-Harabasz* (также известен как критерий отношения дисперсий) для расчета оптимального числа кластеров. Также анализ проводится методом Варда (также известен как метод минимальной дисперсии), методом полной связи (или метод «дальнего соседа») и методом *k*-средних.

Рассмотрим два наиболее эффективных метода, предложенных *Calinski* и *Harabasz* (1974) и *Duda* и *Hart* (1973) для работы с непрерывными данными. *Calinski* и *Harabasz* (1974) предложили принять значение *g* за число групп, которое соответствует максимальному значению *C(g)*, где *C(g)* рассчитывается как:

$$C(g) = \frac{trace(B)}{(g-1)} / \frac{trace(W)}{(n-g)}$$

Как и во всех методах определения количества групп, оценка этого критерия при заданном числе групп *g* требует знания принадлежности к группе для определения матриц *B* и *W*. Как правило, количество выбранных групп зависит от используемого кластерного метода (и реализации).

Duda и *Hart* (1973) предложили критерий разделения *m*-го кластера на два подкластера. Они сравнивают внутрикластерную сумму квадратов расстояний между объектами и центроидом $J_1^2(m)$, с суммой внутрикластерной суммы квадратов расстояний, когда кластер оптимально разделен на два, $J_2^2(m)$. Критическое значение по критерию находится как:

$$1 - \frac{2}{pp} - z_{(1-\alpha)} \sqrt{\frac{2(1 - \frac{8}{n^2p})}{np}}$$

где, *n* — число объектов; *p* — число критериев; $z_{(1-\alpha)}$ — квантиль стандартного нормального распределения уровня.

Нулевая гипотеза об однородных группах отклоняется в пользу следующей группы, когда хотя бы одна тестовая статистика превышает свое критическое значение [8].

При исследовании данных методом Варда (он же метод минимальной дисперсии или метод кластеризации минимальной дисперсии Варда) вместо прямого измерения расстояния анализируется дисперсия кластеров. Метод Варда является наиболее подходящим методом для количественных переменных. Недостатком является то, что это полученное число кластеров не всегда является оптимальным. Тем не менее полученные кластеры обычно достаточно хороши для большинства целей.

На основе статистических методов проводится интерпретация полученных кластеров и принимается решение об эффективности и обоснованности разбиений.

Результаты исследований и обсуждение.

Важнейшим условием эффективного развития зернового хозяйства является выявление факторов, обеспечивающих рост урожайности и валовых сборов зерна [9]. Зерно является не только основным жизненным продуктом городских и сельских жителей, но и важным стратегическим ресурсом, связанным с национальной безопасностью. Поэтому зерновая безопасность является важным аспектом национальной безопасности. Готовность фермеров выращивать зерно является ключевым фактором обеспечения продовольственной безопасности [10]. На рисунке 1 представлена доля посевных площадей зерновых и зернобобовых культур в общей структуре посевных площадей с 2010 по 2021 гг. [11].

Анализируя динамику изменения посевных площадей (рис. 1), видно, что долевая структура за исследуемый период весьма стабильная. По Саратовской области наблюдается уменьшение доли зерновых и зернобобовых с 62% в 2010 г. до 53% в 2021 г. Если рассматривать общую посевную площадь в абсолютных значениях, то наблюдается рост по Саратовской области на 548 тыс. га (или на 15%), по Ульяновской области — на 138 тыс. га (или на 15%), по Самарской области — на 351 тыс. га, а наибольший рост наблюдается по Пензенской области — на 29% или 340 тыс. га. Возделывание зерновых и зернобобовых культур занимает большую часть территории пахотных земель исследуемых регионов и является ключевым звеном в растениеводстве регионов.

Для оценки результатов выращивания зерновых культур была проанализирована урожайность пяти культур: пшеницы озимой, пшеницы яровой, ячменя ярового, озимой ржи и овса за период с 1995 по 2021 гг. В предыдущих работах [12, 13] было рассмотрено выделение кластеров по Пензенской области методом *k*-средних,

а разбиение проводилось на пять кластеров. Интерпретировались они как кластер с высокой, выше средней, средней, ниже средней и низкой урожайностями. При рассмотрении урожайностей пяти зерновых культур в разрезе муниципальных образований Пензенской, Самарской, Саратовской и Ульяновских областей были рассмотрены различные методы и критерии определения оптимального числа кластеров. В таблице 1 представлена сравнительная таблица выделения кластеров различными методами.

Получение чисто технического разбиения на кластеры недостаточно для утверждения, что полученное количество групп является оптимальным. Проанализируем получившиеся кластеры. В нашем случае число объектов составляет 110, разбиение на 2 кластера является не целесообразным, так как в этом случае получаются группы с высокой и низкой урожайностью, где объекты, несмотря на то что попали в один кластер, все же имеют значительный разброс урожайностей. Разбиение на 7-11 кластеров также нецелесообразно ввиду того, что такое разбиение приводит к выделению мелких (1-3 объекта) групп, которые трудно объяснить с какой-либо точки зрения.

При разбиении урожайности по методу *Duda* и *Hart* по пшенице яровой на 6 групп, в последнюю группу попал всего 1 объект, поэтому такое разбиение нельзя считать оптимальным. При рассмотрении того же метода по овсу также получается последний кластер из одного объекта. На основе представленной статистики из данных таблицы 2 можно сделать вывод, что по большинству культур для исходных данных наиболее подходящий метод полной связи, поскольку разбиение позволяет интерпретировать полученные кластеры, а также отсутствуют разбиения на 2 или более 7 кластеров.

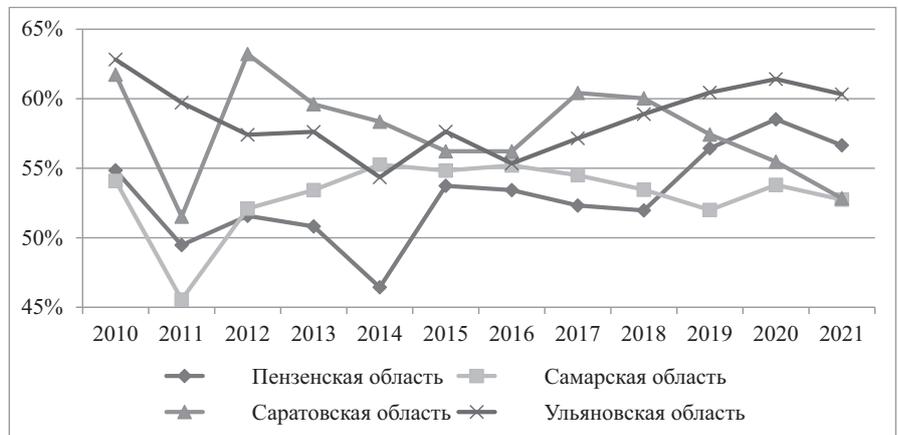


Рисунок 1. Доля посевных площадей зерновых и зернобобовых культур в общей структуре по четырем областям Поволжья с 2010 по 2021 гг.
Figure 1. The share of sown areas of grain and leguminous crops in the overall structure for the four regions of the Volga region from 2010 to 2021

Таблица 1. Сравнительная таблица выделения кластеров по урожайности зерновых культур за 26 лет по четырем областям
Table 1. Comparative table of cluster allocation by grain yield over 26 years in four regions

Культура	Метод <i>Duda</i> и <i>Hart</i>	Метод <i>Calinski</i> и <i>Harabasz</i>	Метод Варда	Метод полной связи
Пшеница озимая	5(4,11)	2(3,4)	2(3,4)	4
Пшеница яровая	6(7,11)	3(4,2)	3(4)	5(4)
Ячмень яровой	3(9,5)	2(3,4)	2	5(4)
Овес	7(5)	2(4)	4	4(5)
Рожь озимая	2(5,7)	4(5,6)	4	5(6)
				1 аномальное значение — Балашовский район





Для оценки влияния конкретного года на выделение кластеров проведем кластерный анализ методом k-средних. На основании вышеизложенного выберем 5 кластеров разбиения. Результаты представлены в таблице 2.

На основе проведенного дисперсионного анализа видно, что не значимый один год — 2010 г. по ржи озимой. Это можно объяснить засухой, которая была в этом году на анализируемых территориях. Многие хозяйства не стали убирать урожай ввиду экономической нецелесообразности. Остальные значения являются значимыми, то есть каждый год оказывает влияние на выделение объектов в кластер (расчетное значение (F) превышает табличное, уровень значимости (p) меньше критического уровня 0,05).

Сельское хозяйство является одной из областей экономики, которая в основном за счет интенсификации производства значительно влияет

на природную среду. Экономические выгоды от специализации очень тесно связаны с наличием эффекта масштаба в производстве. В сельском хозяйстве может быть получена как внешняя, так и внутренняя экономия за счет эффекта масштаба. Внутренний эффект масштаба достигается за счет преимуществ в расходах, обусловленных условиями внутри производственной единицы, а внешний эффект масштаба достигается за счет преимуществ в расходах, обусловленных увеличением производства в том или ином секторе, регионе или даже в экономике в целом.

В качестве факторов были выбраны природно-климатические характеристики, которые в значительной степени влияют на показатели результативности выращивания зерновых культур, такие как: x_1 — среднее значение урожайности, ц/га; x_2 — бальная оценка типа почвы; x_3 — бальная оценка почвообразующих пород;

x_4 — количество осадков за вегетационный период; x_5 — сумма средних суточных t воздуха за период с $t > 10^\circ\text{C}$; x_6 — продолжительность периода со средней суточной t воздуха выше 0°C ; x_7 — значение гидротермического коэффициента (ГТК); x_8 — степень эродированности сельскохозяйственных угодий; x_9 — доля посевных площадей зерновых и зернобобовых в общей структуре посевных площадей.

На основе дискриминантного анализа были выделены значимые факторы, которые влияют на выделение кластеров. Результаты сведены в таблицу 3.

Из данных таблицы 3 видно, что есть схожие факторы, которые являются значимыми для отдельных культур, так, например, степень эродированности сельскохозяйственных угодий и доля посевных площадей зерновых и зернобобовых в общей структуре посевных площадей значимы для озимых культур и не значимы для яровых. Средние значения урожайности являются значимыми для всех исследуемых культур.

С учетом результатов дискриминантного анализа было получено разбиение районов на группы по каждой культуре. Результаты выделения представлены на рисунках 2-6.

Выводы. На основе полученных результатов при одновременном рассмотрении четырех областей можно выделить специализации производства зерна:

1. Районы с потенциально высокими показателями урожайности по всем рассматриваемым зерновым культурам, благоприятными агроклиматическими характеристиками (достаточным количеством осадков, суммы температур в вегетационный период и т.д.). Среди районов можно выделить Мелекесский, Новомалыклинский, Ульяновский, Чердаклинский, Ставропольский, Бековский, Каменский, Мокшанский и Пензенский районы. Как правило, валовой сбор на данных территориях превышает большинство районов, как в составе своих территориальных единиц, так и при рассмотрении в совокупности четырех регионов. На данных территориях преобладают черноземные почвы, благоприятные для ведения сельского хозяйства. Значение гидротермического коэффициента Селянинова составляет более 1, что свидетельствует о достаточном уровне увлажнения, что также важно для получения высокого урожая.

2. Районы с высокими показателями урожайности по всем рассматриваемым зерновым культурам, кроме ржи озимой. К таким районам относятся Кузоватовский, Сурский, Цильинский, Кошкинский, Башмаковский, Белинский, Бессоновский, Вадинский, Земетчинский, Иссинский, Наровчатский, Нижнеомовский, Сердобский и Тамалинский районы. По большинству агроклиматических характеристик регионы не уступают перечисленным в группе выше, но существенно хуже результаты по выращиванию ржи озимой. Это может обуславливаться тем, что по другим культурам могут быть получены более высокие валовые сборы. Значение гидротермического коэффициента Селянинова составляет в среднем от 0,89 до 1,05, что свидетельствует о достаточном, но не оптимальном увлажнении. Так, сумма посевных площадей под рожью озимой уменьшилась в 5 раз за последние 20 лет.

3. Районы с рекомендацией по возделыванию пшеницы. К таким регионам можно отнести Сердобский, Колышлейский, Лунинский, Спасский и Пачелмский районы. Все перечисленные районы относятся к Пензенской области, где наблюдается оптимальная температура для роста и развития пшеницы — $10-24^\circ\text{C}$.

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа по культурам за 26 лет
Table 2. Results of analysis of variance by crops for 26 years

Год	Пшеница озимая		Пшеница яровая		Ячмень яровой		Овес		Рожь озимая	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
1995	25,61	0,000	21,46	0,000	19,98	0,000	23,27	0,000	10,35	0,000
1996	17,65	0,000	23,37	0,000	8,87	0,000	35,76	0,000	15,95	0,000
1997	4,29	0,003	9,45	0,000	7,17	0,000	17,28	0,000	11,48	0,000
1998	24,02	0,000	26,42	0,000	19,69	0,000	31,99	0,000	13,79	0,000
1999	17,22	0,000	17,30	0,000	6,72	0,000	31,78	0,000	8,84	0,000
2000	16,85	0,000	5,33	0,001	11,66	0,000	22,68	0,000	14,77	0,000
2001	26,19	0,000	7,73	0,000	22,74	0,000	48,02	0,000	21,37	0,000
2002	30,09	0,000	6,34	0,000	28,81	0,000	54,38	0,000	12,10	0,000
2003	15,80	0,000	8,22	0,000	12,62	0,000	14,67	0,000	11,19	0,000
2004	29,07	0,000	15,70	0,000	21,86	0,000	23,22	0,000	8,12	0,000
2005	36,04	0,000	11,67	0,000	18,46	0,000	17,95	0,000	6,32	0,000
2006	20,96	0,000	15,81	0,000	24,46	0,000	14,67	0,000	8,67	0,000
2007	14,21	0,000	11,43	0,000	9,11	0,000	24,64	0,000	9,99	0,000
2008	30,10	0,000	32,32	0,000	21,93	0,000	27,39	0,000	11,85	0,000
2009	42,19	0,000	23,75	0,000	21,15	0,000	29,03	0,000	7,79	0,000
2010	9,74	0,000	10,34	0,000	8,93	0,000	10,43	0,000	0,85	0,494
2011	10,63	0,000	20,65	0,000	17,26	0,000	41,83	0,000	3,62	0,008
2012	15,89	0,000	5,68	0,000	26,25	0,000	28,13	0,000	7,94	0,000
2013	16,22	0,000	37,32	0,000	30,53	0,000	25,41	0,000	24,49	0,000
2014	18,14	0,000	21,09	0,000	31,14	0,000	35,67	0,000	33,43	0,000
2015	46,86	0,000	42,22	0,000	45,02	0,000	44,08	0,000	27,31	0,000
2016	35,46	0,000	39,17	0,000	27,26	0,000	36,23	0,000	29,80	0,000
2017	45,28	0,000	27,43	0,000	54,98	0,000	49,56	0,000	16,85	0,000
2018	69,69	0,000	65,43	0,000	62,34	0,000	47,88	0,000	28,79	0,000
2019	82,04	0,000	31,36	0,000	64,71	0,000	36,74	0,000	15,54	0,000
2020	81,25	0,000	71,57	0,000	85,02	0,000	58,06	0,000	29,70	0,000

Таблица 3. Сводная таблица значимых дискриминантных переменных при анализе зерновых культур по Саратовской, Самарской, Ульяновской и Пензенской областям
Table 3. Summary table of significant discriminant variables in the analysis of grain crops in the Saratov, Samara, Ulyanovsk and Penza regions

Дискриминантная переменная	Пшеница яровая	Пшеница озимая	Ячмень яровой	Овес	Рожь озимая
Среднее значение урожайности, ц/га	+	+	+	+	+
Бальная оценка типа почвы	+				+
Бальная оценка почвообразующих пород	+				
Количество осадков за вегетационный период			+		
Сумма средних суточных t воздуха за период с $t > 10^\circ\text{C}$	+		+	+	
Продолжительность периода со средней суточной t воздуха выше 0°C	+			+	
Значение гидротермического коэффициента (ГТК)	+	+		+	+
Степень эродированности сельскохозяйственных угодий		+			+
Доля посевных площадей зерновых и зернобобовых в общей структуре посевных площадей		+			+

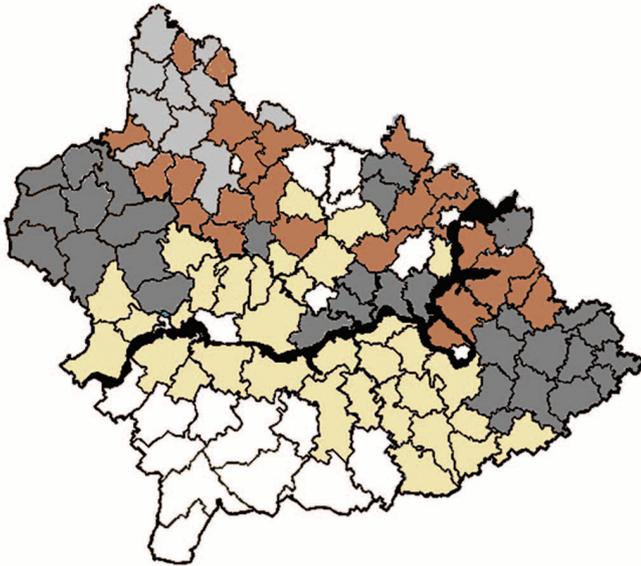


Рисунок 2. Выделение кластеров по пшенице яровой по значимым факторам
Figure 2. Clustering of spring wheat by significant factors

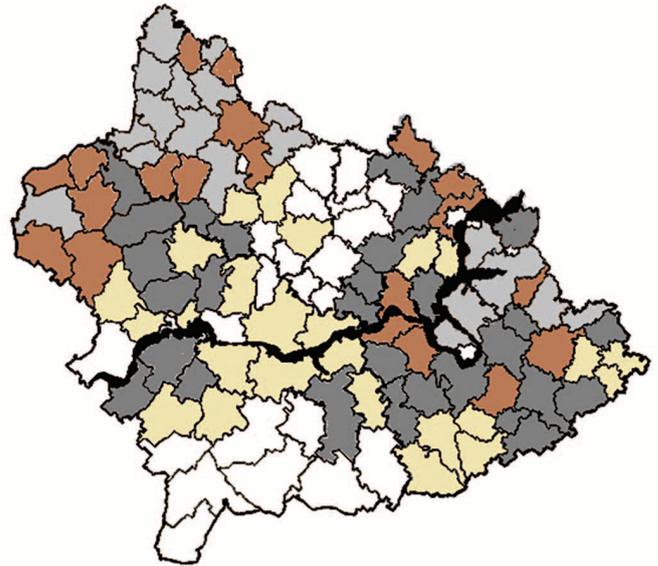


Рисунок 3. Выделение кластеров по пшенице озимой по значимым факторам
Figure 3. Identification of clusters for winter wheat by significant factors

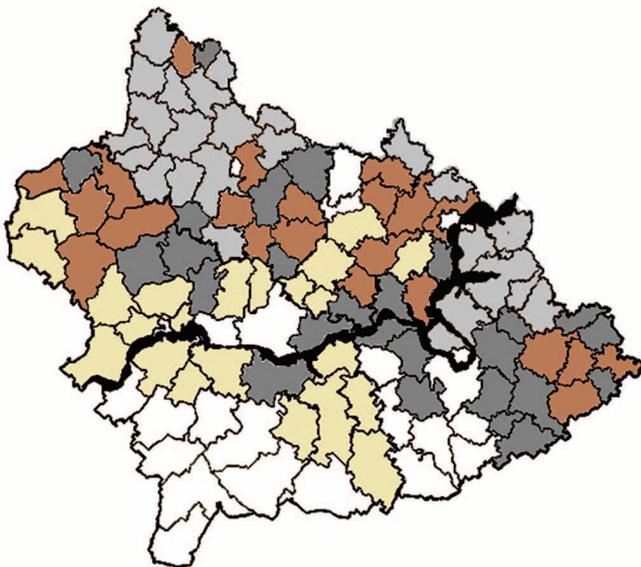


Рисунок 4. Выделение кластеров по ячменю яровому по значимым факторам
Figure 4. Clustering of spring barley by significant factors

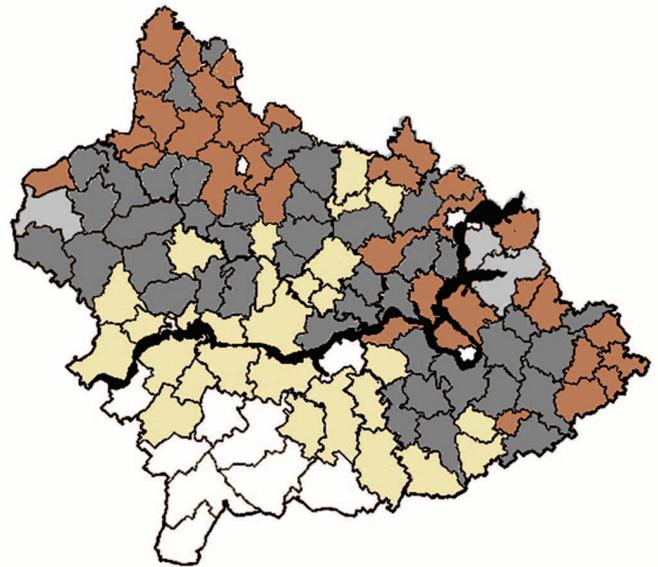


Рисунок 5. Выделение кластеров по овсу по значимым факторам
Figure 5. Clustering for oats by significant factors

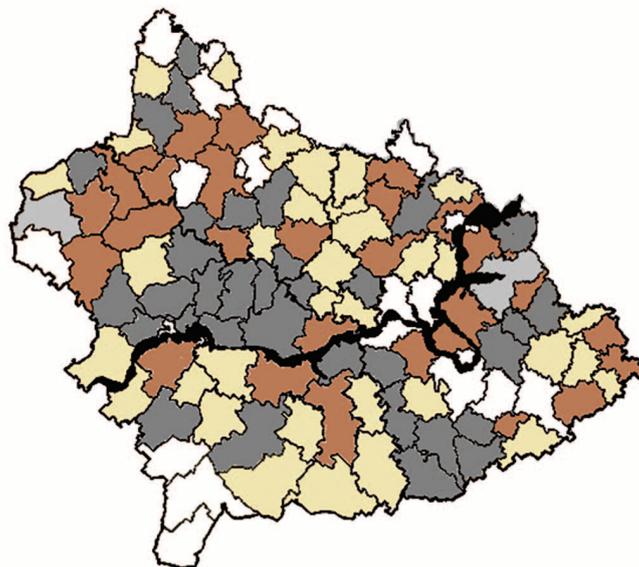


Рисунок 6. Выделение кластеров по ржи озимой по значимым факторам
Figure 6. Identification of clusters for winter rye by significant factors



Как более жаркая погода Саратовской области, так и более прохладная погода Ульяновской и Самарской областей отрицательно сказываются на росте, развитии и продуктивности пшеничного растения.

4. Районы с рекомендацией по возделыванию озимых зерновых культур. Наиболее благоприятные агроклиматические условия сложились в Аркадакском, Балашовском, Калининском и Безенчукском районах. Три района относятся к Саратовской области, занимающей пятое место в России по объему посевов озимой пшеницы. Это связано с тем, что культура успешнее зимует, если успевают образоваться 3-4 стебля, что требует длительной осенней вегетации порядка 50-55 дней, которая может быть обеспечена только в южных регионах.

5. Районы с рекомендацией по возделыванию яровых зерновых культур. Наиболее подходящие районы: Романовский, Старомайский, Иса克林ский, Шигонский, Городищинский, Шемшейский. В данную группу попали районы из всех рассматриваемых субъектов РФ, поскольку для возделывания зерновых культур подходят различные почвы с рН 6,5-7: черноземы, слабоподзолистые и каштановые почвы; семена прорастают при 1-2°C, всходы появляются при 4-5°C, наиболее благоприятная температура для прорастания — 12-15°C.

6. Районы с рекомендацией по возделыванию озимой ржи. Среди таких регионов можно выделить Клявлинский, Карсунский, Похвистневский, Кузнецкий, Лопатинский, Вешкаймский, Богатовский, Шенталинский, Балаковский, Никольский, Энгельсский. В силу природно-климатических особенностей в перечисленных районах в качестве основной страховой культуры выступает озимая рожь, которая не требовательна к виду почвы, способна выносить беснежные зимы с температурами ниже -30°C, при этом культура приносит стабильный урожай.

Список источников

1. Силаева Л.П., Баринаева Е.В. Современное состояние и условия рационального размещения производства пшеницы // Экономический журнал. 2019. № 1 (53). С. 33-42.
2. Алтухов А.И. Совершенствование размещения посевов пшеницы — основа производства высококачественного зерна в стране // Региональные проблемы устойчивого развития сельской местности: материалы XV Международной научно-практической конференции. Пенза: Пензенский ГАУ, 2018. С. 3-13.
3. Замятина М.Ф., Дьяков М.Ю. Развитие природно-хозяйственного комплекса муниципального образования на принципах эколого-экономической сбалансированности // Экономика и управление. 2014. № 4 (102). С. 28-38.

Информация об авторах:

Винничек Любовь Борисовна, доктор экономических наук, профессор, декан факультета экономики и управления в АПК, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6127-7201>, Scopus ID: 57536704400, Researcher ID: F-1187-2017, l_vinnichек@mail.ru

Киндаев Александр Юрьевич, кандидат технических наук, заведующий сектором научной аттестации, Пензенский государственный технологический университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3855-1970>, Scopus ID: 57214625051, Researcher ID: P-5306-2017, ale-kindaev@yandex.ru

Моисеев Александр Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой математики и физики, Пензенский государственный технологический университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9534-2465>, Scopus ID: 15731404900, Researcher ID: AAF-8891-2019, moigus@mail.ru

Павлов Александр Юрьевич, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики и управления, Пензенский государственный технологический университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3734-0183>, Scopus ID: 56149065900, Researcher ID: C-4781-2017, crsk@mail.ru

Information about the authors:

Lyubov B. Vinnichек, doctor of economic sciences, professor, dean of the faculty of economics and management in the agro-industrial complex, Saint-Petersburg State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6127-7201>, Scopus ID: 57536704400, Researcher ID: F-1187-2017, l_vinnichек@mail.ru

Alexander Yu. Kindaev, candidate of technical sciences, head of the sector of scientific attestation, Penza State Technological University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3855-1970>, Scopus ID: 57214625051, Researcher ID: P-5306-2017, ale-kindaev@yandex.ru

Alexander V. Moiseev, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, head of the department of mathematics and physics, Penza State Technological University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9534-2465>, Scopus ID: 15731404900, Researcher ID: AAF-8891-2019, moigus@mail.ru

Alexander Yu. Pavlov, candidate of economic sciences, associate professor, head of the department of economics and management, Penza State Technological University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3734-0183>, Scopus ID: 56149065900, Researcher ID: C-4781-2017, crsk@mail.ru

4. Щеткин Б.Н. Техничко-эколого-экономическое моделирование в процессе разработки новых технологий в агроэкологических системах // Актуальные вопросы современной науки. 2014. № 1 (2-3). С. 109-115.

5. Шаронова Е.В., Саникова М.О. Устойчивое производство зерна: формирование оптимальной программы минимизации рисков производителей // Научные труды Вольного экономического общества России. 2015. Т. 194. № 5. С. 336-349.

6. Агафонова Н.П. Принципы и методы оценки устойчивого развития сельских территорий // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 3. № 2. С. 113-115.

7. Антипов С.К. Математическая модель устойчивого развития регионов арктической зоны Российской Федерации // Социальные и экономические системы. 2022. № 6-6 (35). С. 356-370.

8. Everitt, B.S., Landau, S., Leese, M. (2011). *Cluster Analysis*. United States, Wiley, 346 p.

9. Сидоренко О.В., Буряева Е.В. Применение кластерного анализа и методов многомерного статистического моделирования при изучении факторов роста урожайности зерновых культур // Вестник аграрной науки. 2018. № 3 (72). С. 130-138.

10. Moreno-Camacho, C.A., Montoya-Torres, J.R., Jaegler, A., Gondran, N. (2019). Sustainability Metrics for Real Case Applications of the Supply Chain Network Design Problem: A Systematic Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, vol. 231, pp. 600-618.

11. Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 01.02.2023).

12. Киндаев А.Ю., Моисеев А.В. Поддержка принятия решений в агростраховании на основе анализа урожайности // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2023. Т. 12. № 1 (61). С. 36-40.

13. Киндаев А.Ю., Выхристюк Е.И. Цифровые технологии в анализе рисков в сложных системах // Современные вопросы финансовых и страховых отношений в мировом сообществе: сборник статей по материалам VIII Международной научно-практической конференции преподавателей вузов, ученых, специалистов, аспирантов, студентов, Нижний Новгород. Нижний Новгород: НГПУ имени Козьмы Минина, 2022. С. 59-62.

References

1. Silaeva, L.P., Barinova, E.V. (2019). Sovremennoe sostoyaniye i usloviya ratsional'nogo razmeshcheniya proizvodstva pshenitsy [Modern condition and conditions of rational placement of wheat production]. *Ehkonomicheskii zhurnal*, no. 1 (53), pp. 33-42.
2. Altukhov, A.I. (2018). Sovershenstvovaniye razmeshcheniya posevov pshenitsy — osnova proizvodstva vysokokachestvennogo zerna v strane [Improving the placement of wheat crops — the basis of the production of high-quality grain in the coun]. *Regional'nye problemy ustoichivogo razvitiya selskoi mestnosti: materialy XV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Regional problems of sustainable rural development: materials of the XV International scientific and practical conference]. Penza, Penza SAU, pp. 3-13.
3. Zamyatina, M.F., D'yakov, M.Yu. (2014). Razvitiye prirodno-khozyaistvennogo kompleksa munitsipal'nogo obrazovaniya na printsipakh ehkologo-ehkonomicheskoi sblansirovannosti [Development of the natural and economic

complex of the municipality on the principles of ecological and economic balance]. *Ehkonomika i upravlenie* [Economics and management], no. 4 (102), pp. 28-38.

4. Shchetkin, B.N. (2014). Tehnichko-ehkologo-ehkonomicheskoe modelirovaniye v protsesse razrabotki novykh tekhnologii v agroehkologicheskikh sistemakh [Technical, environmental, economical modelling in the process of the development of new technologies in agro-ecological systems]. *Aktual'nye voprosy sovremennoi nauki* [Topical issues of modern science], no. 1 (2-3), pp. 109-115.

5. Sharonova, E.V., Sannikova, M.O. (2015). Ustoichivoe proizvodstvo zerna: formirovaniye optimal'noi programmy minimizatsii riskov proizvoitelei [Sustainable grain production: forming the optimal program for minimizing risks for producers]. *Nauchnye trudy Vol'nogo ehkonomicheskogo obshchestva Rossii* [Scientific works of the Free Economic Society of Russia], vol. 194, no. 5, pp. 336-349.

6. Agafonova, N.P. (2017). Printsipy i metody otsenki ustoichivogo razvitiya selskikh territorii [Principles and methods for assessing sustainable development of rural territories]. *Uspekhi sovremennoi nauki i obrazovaniya* [Successes of modern science and education], vol. 3, no. 2, pp. 113-115.

7. Antipov, S.K. (2022). Matematicheskaya model' ustoichivogo razvitiya regionov arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii [Mathematical model of sustainable development of regions of the arctic zone of the Russian Federation]. *Sotsial'nye i ehkonomicheskie sistemy* [Social and economic systems], no. 6-6 (35), pp. 356-370.

8. Everitt, B.S., Landau, S., Leese, M. (2011). *Cluster Analysis*. United States, Wiley, 346 p.

9. Sidorenko, O.V., Buraeva, E.V. (2018). Primeneniye klaster'nogo analiza i metodov mnogomernogo statisticheskogo modelirovaniya pri izuchenii faktorov rosta urozhainosti zernovykh kul'tur [Application of the cluster analysis and methods of multifactorial statistical modelling when studying factors of grain crops productivity growth]. *Vestnik agrarnoi nauki* [Bulletin of agrarian science], no. 3 (72), pp. 130-138.

10. Moreno-Camacho, C.A., Montoya-Torres, J.R., Jaegler, A., Gondran, N. (2019). Sustainability Metrics for Real Case Applications of the Supply Chain Network Design Problem: A Systematic Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, vol. 231, pp. 600-618.

11. Federal State Statistics Service. Available at: <https://rosstat.gov.ru/> (accessed: 01.02.2023).

12. Kindaev, A.Yu., Moiseev, A.V. (2023). Podderzhka prinyatiya reshenii v agrostrakhovaniye na osnove analiza urozhainosti [Decision support in agricultural insurance based on yield analysis]. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus XXI century: resumes of the past and challenges of the present plus*, vol. 12, no. 1 (61), pp. 36-40.

13. Kindaev, A.Yu., Vykhristyuk, E.I. (2022). Tsifrovyye tekhnologii v analize riskov v slozhnykh sistemakh [Digital technologies in risk analysis in complex systems]. *Sovremennyye voprosy finansovykh i strakhovykh otnochenii v mirovom soobshchestve: sbornik statei po materialam VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii prepodavatelei vuzov, uchenykh, spetsialistov, aspirantov, studentov, Nizhniy Novgorod* [Modern issues of financial and insurance relations in the world community: a collection of articles based on the materials of the VIII International scientific and practical conference of university teachers, scientists, specialists, post-graduates, students, Nizhny Novgorod]. Nizhny Novgorod, pp. 59-62.



Научная статья

УДК: 330.341.1+338.1:001

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_467

СМЕНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ В КОНТЕКСТЕ ESG: ВЛИЯНИЕ КОНЪЮНКТУРНЫХ ФАКТОРОВ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ПИЩЕВОЙ ИНДУСТРИИ

Ю.А. Левин¹, Г.Ю. Фомина², А.В. Волков³¹Московский государственный институт международных отношений, Москва, Россия²Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва, Россия³Международная промышленная академия, Москва, Россия

Аннотация. Целью работы является анализ конъюнктурных изменений потребительского рынка и трансформации пищевой индустрии, которые происходят в результате реализации продуктовой и технологической стратегий хозяйствующих субъектов, приводя к формированию новых пропорций производственной структуры. Аргументируется, что факторы конъюнктурных изменений в существенно большей мере влияют на циклы в сельскохозяйственной и продовольственной отраслях в отличие от их влияния на циклы в других отраслях. Анализируется сущность инновационного развития в потребительской сфере, следствием которого является внедрение возможностей нового технологического уклада. Сформулирована соответствующая ESG-стратегии концепция формирования нового технологического уклада в пищевой индустрии, учитывающая влияние факторов конъюнктуры. Показано, что потребительские предпочтения при становлении нового технологического уклада отражают взаимосвязь между инновационными возможностями и рыночной конъюнктурой. Приводятся факторы технологической эволюции в пищевой индустрии, которые, сопрягаясь с экономическими процессами, социальными явлениями и техническими инновациями, определяют ядро нового уклада. Даются подходы к оценке изучения спроса на производство альтернативной продукции в индустрии растительной продукции. Обосновывается воздействие покупательских возможностей, мер государственной поддержки, пищевой культуры, духовных и нравственных воззрений общества и ценностных установок на формирование рынка продукции на растительной основе, ускорение его роста и продвижение системных инноваций. Представлена диверсификация продуктов растительного происхождения. Даются характеристики российских и зарубежных рынков продукции на растительной основе; риски развития и причины, способные замедлить рост рынков. Анализируется экологическая сущность нового уклада и делается вывод о принципиальной возможности включения инновационного направления пищевой индустрии по производству продуктов на растительной основе в таксономию «зеленых» проектов ESG-стратегии.

Ключевые слова: индустрия растительной продукции, ESG-стратегия, таксономия «зеленых» проектов, ядро технологического уклада

Original article

CHANGING TECHNOLOGICAL MODES IN THE CONTEXT OF ESG: THE CONJUNCTURAL FACTORS INFLUENCE ON THE OF THE FOOD INDUSTRY TRANSFORMATION

Yu. A. Levin¹, G. Yu. Fomina², A. V. Volkov³¹Moscow State Institute of International Relations, Moscow, Russia²Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia³International Industrial Academy, Moscow, Russia

Abstract. The purpose of the work is to analyze the conjunctural changes in the consumer market and the transformation of the food industry that occur as a result of the implementation of the product and technological strategies of economic entities. That is leading to the formation of new proportions of the production structure. It is argued that the factor of conjunctural changes significantly affects the agricultural sector cycles in contrast to its influence on cycles in other industries. The essence of innovative development in the consumer sphere is analyzed. The consequence is the new conjunctural-technological mode formation. The author's concept of the conjunctural-technological mode is formulated. It is shown that the conjunctural-technological mode reflects the relationship between innovations and market conditions. The factors of technological evolution in the food industry are studied. Interfacing with social phenomena, economic processes and technical capabilities, determine the core of new mode. Approaches to the study of the possibilities of forming the new conjunctural-technological mode core of the food industry on the basis of the of alternative products production are given. The impact of purchasing opportunities, government support measures, food culture, spiritual and moral views of society, social forces and values on the formation of the plant-based products market, acceleration of its growth and promotion of systemic innovations is substantiated. The diversification of plant-based products is presented. The characteristics of the Russian and foreign plant-based products markets are given; the risks of development and the reasons constraining their growth. The ecological essence of the new mode is analyzed and the conclusion is made about the fundamental possibility of including the innovative direction of the food industry for the production of plant-based products in the taxonomy of «green» projects.

Keywords: consumer choice, ESG strategy, taxonomy of «green» projects, the core of technological mode, innovative field of the food industry

Введение. Исследование инноваций должно распространяться не только на технологию и экономику, но и на взаимосвязанные с ними различные сферы жизни общества, включая социо-культурную, частью которой является пищевая культура, влияющая на потребительский выбор социума и конъюнктуру рынка. С происходящими изменениями пищевой культуры и соответствующими им трансформацией аграрной отрасли связано постоянно увеличивающееся потребление продукции на растительной основе, полученной способом глубокой переработки

зерновых, бобовых, масличных культур и орехов, как растительной альтернативы продукции животноводства.

Продовольственная линейка новой пищевой индустрии по производству продукции без содержания ингредиентов животного происхождения представлена мясными, молочными, рыбными альтернативами, растительными соусами и мороженым. Ключевой сегмент продукции растительного происхождения на основе микроорганизмов и клеток животных — альтернативные белки [2].

Появление потребительского интереса к растительным продуктам было связано с рядом специфических факторов: возникновением жизненных принципов потребления «здоровой пищи» [4] вкупе с заинтересованностью потребителей в альтернативных продуктах, которые не содержат холестерина, гормоны роста и антибиотики [11]; распространении экологических и этических норм в обществе [14], проявляющихся, в частности, в таких мотивах как «забота о безопасности животных»; в снижении негативного воздействия на окружающую среду при



сокращении поголовья скота, являющимся основным источником выбросов парниковых газов; в высвобождении пахотных земель, за счет чего может снизиться эрозия почвы [12].

Теоретические предпосылки и методы исследования. Исследование влияния конъюнктурных факторов на формирование нового технологического уклада в индустрии растительной промышленности производится в рамках методов синтеза и анализа. Авторы, соглашаясь с положением, что изначально требуется воспринять окружающую технологическую, экономическую, экологическую, культурную и социальную реальность в *совокупной целостности*, признают, что для исследования этой реальности фундаментально такое восприятие будет слишком поверхностным. «Познанию целого чаще всего сопутствует познание частей этого целого, а следовательно, разложение (мысленное или иногда — реальное) целого на отдельные части в ходе проводимого анализа» [7]. Поэтому в качестве первого шага в ходе анализа каждого из факторов технологической эволюции в пищевой индустрии определяется суть его влияния на трансформацию отрасли, а вторым шагом выступает последующий синтез, который позволяет найти общее и особенное в реализации возможностей нового технологического уклада применительно к производству продукции на растительной основе. Эти методы дополняет логический анализ, являющийся третьим шагом, на основе которого исследуются тенденции растущего спроса на диверсификацию продуктов растительного происхождения с точки зрения подходов к ESG.

Исследование. Необходимым условием производства нового продукта является предварительная готовность к реализации соответствующих компонентов инновационного технологического потенциала, когда предприятия в стремлении к повышению уровня конкурентоспособности переходят к проактивным стратегиям развития, ориентированным на производство инновационного продукта и изменение конъюнктуры рынка [8, с.16].

И. Шумпетер (1934г.) утверждал, что предприятия «создают новые возможности как таковые, создают новый товар, вводят новую технологию, используют новые источники сырья, а затем убеждают рынок в полезности результатов своей деятельности» [16]. Добавим, что возможности возникают в результате технологического прогресса. Базисом возможностей является постепенное накопление запаса инноваций, реализуемого в виде последовательно сменяющихся друг друга технологических укладов. Согласно определению С.Ю. Глазьева «технологический уклад представляет собой целостное и устойчивое образование, в рамках которого осуществляется замкнутый цикл, начинающийся с добычи и получения первичных ресурсов и заканчивающийся выпуском набора конечных продуктов, соответствующих типу общественного потребления» [3].

Поскольку развитие технологий происходит в полностью открытой рыночной среде, то появление и распространение нового технологического уклада в потребительской сфере, при естественном сохранении прежнего уклада, в значительной мере связано с конъюнктурой рынка. В силу этого следует применительно к потребительской сфере выделять конъюнктурные факторы технологические уклады.

Потребительские предпочтения формируют взаимосвязь между технологическими сдвигами и рыночной конъюнктурой. Хотя каждый технологический уклад может быть по-своему уникален для каждого сегмента потребительской

сферы, но ему всегда присущи наряду с отмеченными выше специфические факторами, общие показатели, характеризующие уровень инновационного развития: технические, экономические, финансовые и другие.

Можно дать следующее общее определение инновационному развитию в потребительской сфере, следствием которого является формирование конъюнктурной составляющей нового технологического уклада: «изменение пропорций внутри отрасли в результате изменений в продуктовой и технологической стратегиях хозяйствующих субъектов, при которых реакция на динамику факторов внешней среды (новые запросы потребителей, наличие ресурсов, политика государственной поддержки и другие) выражается в виде использования результатов научно-технического прогресса — внедряемых результатов научных разработок (производства инновационных продуктов, использования инновационных технологий), приводящих к конъюнктурным изменениям потребительского рынка и его новой структуре». В соответствии с таким определением, технологическое развитие, сопровождающееся существенными конъюнктурными изменениями, стимулирует потребительский интерес в инновационном поле отрасли и в итоге могут привести к формированию нового уклада.

Данное определение позволяет сделать вывод о взаимовлиянии конъюнктурных и технологических факторов на развитие отрасли как мезосистемы и на обеспечение устойчивого спроса в новом сегменте рынка. В целом, это в полной мере касается разработки технологий производства продукции на растительной основе. Здесь, в силу отмеченного взаимовлияния, технологические наработки по производству продукции на растительной основе должны быть ориентированы на необходимость постоянного улучшения вкусовых характеристик растительной продукции, часто уступающих традиционным альтернативам, а стимулирование спроса — на улучшение ценовых характеристик и противостояние покупательскому консерватизму [6]. Если эти цели не будут достигнуты, то создастся неопределенность при переходе на новую технологию, высокая рискованность финансирования их создания, что способно привести к попаданию в так называемую технологическую ловушку на пути дальнейшего развития рынка.

Ядро нового технологического уклада производства продукции на растительной основе может быть охарактеризовано как «изменение пропорций между производством традиционных продуктов, требующих значительного времени и ресурсов на производство кормов для животных, выращивание этих животных и производством инновационных продуктов питания, при котором эти элементы технологической цепи отсутствуют». Технологические нововведения, определяющие формирование ядра нового уклада, обеспечивают достижение эффекта времени, позволяют исключить целое звено, обладающее большим негативным воздействием на экологию, и включить в таксономию «зеленых» проектов ESG-стратегии производство продукции на растительной основе.

Анализ формирования технологических укладов пищевой отрасли требуется проводить во взаимосвязи не только с факторами потребности спроса и технологическими способами производства, но также и с аграрными циклами.

По мнению проф. Гайсина Р.С., выделяющего в аграрной сфере экономики четыре долгосрочных цикла, которым соответствуют четыре технологических уклада, «...циклы в продовольственной сфере не всегда совпадают

по структуре и продолжительности с циклами в промышленности и других отраслях экономики» [1].

На наш взгляд, циклы в продовольственной сфере, являясь в большей мере конъюнктурными, в отличие от воспринимающихся преимущественно как некие закономерности функционирования капитала циклов в промышленности, строительных и других циклов со спорадически сменяющимися фазами оживления производства, подъема, кризиса перепроизводства, переходящего в стадию депрессии и т.д. Поэтому на появление новых циклических волн, ведущих к формированию нового уклада, кроме создания нового технологического базиса в пищевой индустрии, влияет конъюнктура рынка, формирующаяся под влиянием объективной информации о специфических характеристиках инновационных продуктов и отвечающая появлению в социуме соответствующих новых представлений, в том числе об экологическом и этическом восприятии окружающей среды, изменений в сфере пищевой культуры, усиливающих соответствующие духовно-нравственные представления и ценностные установки по отношению потребителей к собственному здоровью и др.

В минувшем и нынешнем десятилетиях быстрорастущий сегмент продовольственного рынка — производство продукции на растительной основе — сопровождается появлением новых компаний и выпуском инновационных продуктов на фоне повышения потребительского спроса [9]. Спрос на такую продукцию ежегодно растет в среднем на 20%. Вместе с тем в перспективе в отдельные периоды не исключено снижение темпа роста. Для избежания сценария стагнации производителю требуется практически постоянно стимулировать дальнейший рост спроса, повышая доступность продуктов за счет снижения цены и масштабируемых цепочек поставок, а также улучшая вкусовые характеристики и увеличивая их разнообразие. Вместе с тем, хотя постоянные инвестиции в технологии, ингредиенты и маркетинг способны обеспечить создание более сложных и качественных продуктов, которые позволят национальным рынкам наращивать текущие темпы, но при этом могут привести к удорожанию продукции.

Оценка возможности пищевых альтернатив стать за счет системных инноваций ядром нового уклада аграрного сектора должно базироваться на исследовании множества катализаторов роста производства продуктов питания на растительной основе: экономических, финансовых, логистических, технологических, медицинских, психологических, демографических, отраслевых и межотраслевых факторов, поведенческих концепций, этических и экологических концепций, а также на изучении влияния труднопредсказуемых факторов, одним из которых явилась, например, пандемия Covid-19, изменившая образ жизни и традиционные представления о продуктах питания существенной части населения мира.

Очевидно, что на формировании нового уклада пищевой индустрии и системных инноваций в производстве продуктов питания на растительной основе отражается давление глобального рынка [10], которое выражается в как направленном изменении поведения органов исполнительной власти, производителей и потребителей в сторону зеленой экономики, так и условно синхронном развитии рынков традиционных и инновационных пищевых продуктов, а как следствие, росте конкуренции, общемировом развитии новых технологий, глобализации спроса и предложения. В силу усиления этого давления во всем мире инновации



в современной экономике повсеместно признаны необходимостью, способом выживания на рынке, повышения конкурентоспособности и дальнейшего процветания [17].

Общий фактор, влияющий на масштаб распространения инноваций на локальных рынках, — это «...потребность в них, выступающая в виде платежеспособного спроса, обусловленного экономической ситуацией, степенью удовлетворения потребностей, возможностями потребителя и др.». [8, с.21]. На зависимость восприимчивости среды к инновациям в потребительской сфере преимущественно от экономических и технических факторов выше указывалось. Однако несмотря на очевидный прогресс, достигнутый в теории инноваций, остается еще множество «белых пятен», которые, в частности, затрудняют оценку ряда других факторов восприимчивости потребителей к продовольственным инновациям.

Авторы, оставляя за пределами своего исследования оценки культурно-идеологических и конфессиональных факторов, зачастую способны влиять на формирование нового уклада, признают их значимость в структуре спроса и не исключают, что под их воздействием продукция на растительной основе может стать ключевым компонентом рациона людей, отказавшихся полностью или частично от употребления продуктов животного происхождения или отказывающихся от них на какой-то период времени. Например, интерес к потреблению исключительно продукции на растительной основе связан в определенной мере с перманентной агрокультурой и идеологией веганской пермакультуры. Изначально под термином «перманентная агрокультура» понимается агрокультура с неистощимыми ресурсами. Ее разновидность — веганская пермакультура основана на производстве сельскохозяйственной продукции без использования животных и удобрений на животной основе. Вместо них применяются так называемое «зеленое удобрение» (сидерат), компост из растительных отходов, мульчирование. Соответственно, во многих странах определенная часть потребителей продукции на растительной основе являются сторонниками этой культуры и ее идеологии.

Обсуждение. Рыночный ландшафт производителей продукции на растительной основе представлен весьма разнообразно: от крупных конгломератов до небольших стартапов. Выделяют компании, занимающиеся поставкой сырья, производством конечной продукции для потребителя, разработками и исследованиями, а также инвестициями.

Основные игроки и инвестиции сосредоточены в США, Западной Европе и Юго-Восточной Азии. Среди них наиболее емким национальным рынком растительной пищи и крупнейшим ее мировым производителем является США. Доминирующая доля потребления растительной пищи в США приходится на молочную продукцию и мясо. При этом быстрее всего в США развивается производство растительного мяса его крупнейшими мировыми производителями [9]. Объем рынка США превысил 10 млрд. долл., увеличиваясь ежегодно примерно на 15-30%. В США осуществляется большинство инвестиционных сделок в этой области.

К 2022 году общий объем инвестиций США составил около 4 млрд. долл., что соответствует примерно трехкратному росту за три года. Почти половина финансирования направляется пятерым производителям: растительного мяса Impossible Foods, растительного мяса Livekindly Collective, молочной продукции Perfect Day, клеечного мяса Memphis Meats и культивируемого мяса и яиц на растительной основе Eat Just.

В Азии наиболее масштабным рынком в данном сегменте является рынок растительного мяса Китая, который превысил 1 млрд долл.

В странах Западной Европы розничные продажи заменителей мяса и молочных продуктов за последние 10 лет увеличивались в среднем на 10% в год. Наиболее стремительно растет рынок растительных продуктов Великобритании, общий объем продаж на котором составляет 500 млн. евро. Далее: Германия, Италия, Нидерланды, Франция и страны Скандинавии. Быстрее всего развивается молочная отрасль: потребление в Европе превышает средний мировой показатель, здесь сосредоточены ведущие производители, растительные альтернативы составляют 3% от общего рынка молочной продукции. Если европейский рынок поддержит текущие темпы, то к 2025 году вырастет до 7,5 млрд евро.

На европейских рынках крупнейшими игроками с продажами более 100 млн. евро являются шведский производитель овсяного молока, Oatly и французский производитель соевых продуктов Sojasun, а также американские компании Beyond Meat и Impossible Foods, представляющие мясную категорию альтернативных продуктов.

В Израиле, где нет крупных игроков, стартапы компании разрабатывают запатентованную технологию аддитивного производства — промышленное производство рыбы на основе 3D-печати — для создания альтернатив рыбе на растительной основе по низкой цене и в больших масштабах

Российский рынок альтернативной продукции находится в начальной стадии. Российское производство растительного мяса начинает развиваться и составляет менее 1% от европейского. Отечественный рынок альтернативного мяса оценивается примерно в 3 млрд. руб. Остальные рынки продукции на растительной основе, включая альтернативной рыбы и морепродуктов, в России пока представлены только стартапами и несколькими крупными игроками, производящими продукцию для потребления внутри страны и на экспорт.

Поскольку предприятия по выпуску растительной продукции являются, как правило, высокотехнологичными производствами, то наращивание объемов способно повлечь за собой развитие не только научно-технического потенциала страны, отечественного машиностроения, но также других сфер экосистемы и подготовку новых профессиональных кадров [14]. Заявленный уход с российского рынка некоторых зарубежных компаний, может дать дополнительный шанс отечественным производителям для развития и увеличения конкурентоспособности российской пищевой индустрии.

К основным причинам, сдерживающим данный российский рынок, равно как и все аналогичные национальные рынки, относятся вкусовые и ценовые характеристики растительной продукции, которые часто уступают традиционным альтернативам [2]. Кроме того специфической причиной во всех странах является покупательский консерватизм, который отчасти связан с не вполне достаточным восприятием потребителями информации о безопасных продуктах питания [13].

Однако наибольший риск для рынка может представлять отсутствие стандартов рынка пищевой продукции на растительной основе. Поскольку на отечественном рынке недостает требований ГОСТов, то критерии качества и состав ингредиентов зачастую определяет каждый производитель и тем самым может вводить потребителя в заблуждение. Для сравнения в Китае существует ряд соответствующих стандартов, например, для альтернативных мясных продуктов на растительной основе, разработанный

Китайским институтом пищевой науки и технологии (CIFST). Создание в России аналогичных требований [15] не только исключило бы эту группу рисков на отечественном рынке, но также благодаря подтверждению соответствия требованиям к веганским и вегетарианским продуктам позволило бы дать импульс его экспортному потенциалу.

Анализ российских и зарубежных источников позволяет предположить начало фундаментальной реструктуризации рынков пищевых продуктов, в связи с чем требуются инвестиции в технологии пищевых инноваций, способные обеспечить паритет с животными белками в ключевых областях потребительских предпочтений. Это обуславливает сильную зависимость рынка от инвестиций по всей цепочке создания стоимости продукта: от оптимизации урожая до повышения эффективности экстракции белка и увеличения его текстурирующей способности.

Следует также признать, что хотя нет однозначного ответа на вопрос об оценках взаимосвязи между расходами на НИОКР и инновациями в разных отраслях (мезосистемах) и не существует стандартной проработанной процедуры оценки результатов инноваций, которая необходима для коммерциализации результатов НИОКР, но многие исследователи находили прямую положительную корреляцию между расходами на НИОКР и инновациями. Однако в России, в отличие от США, ЕС, Китая высокотехнологичное производство растительной продукции является по масштабам расходов на проведение исследований «отстающей отраслью». Расходы на НИОКР в этой сфере крайне низкие и по нашим оценкам составляют не более 0, 1% от общего дохода, что крайне недостаточно даже для низкотехнологичных отраслей, которой считается традиционное сельское хозяйство.

Признание зависимости выручки от затрат на НИОКР будет способствовать совершенствованию механизма стратегического планирования и прогнозированию аграрной экономики, ее устойчивому росту, позволит усилить инструментальную поддержку предвидения биотехнологического развития сельскохозяйственного производства в соответствии со стратегией научно-технологического развития России.

Необходимость компенсации затрат производителей растительной продукции на НИОКР, наряду с оказанием помощи в регулировании рынка и создании отраслевых стандартов и субсидированием процентной ставки по аналогии с IT-отраслью, отмечались органами федеральной исполнительной власти. Однако конкретные программы господдержки, реальные возможности получения льготных кредитов на техническое перевооружение производств и выделение отдельного кода ОКПД-2 для продукции на растительной основе, пока что не осуществляются. В новой госпрограмме по сельскому хозяйству производство растительной продукции практически только обозначено как отдельное направление, но необходимое финансирование не предусмотрено. Добавим, что производители продукции на растительной основе не отнесены к категории предприятий, на продукцию которых распространяется льготная ставка НДС на уровне 10%.

Выводы. Продукция на растительной основе, характеризующаяся многолетней устойчивой тенденцией роста спроса, призвана расширить доступность продовольственной корзины. Ее производство — это инновационное направление пищевой промышленности, ядро нового технологического уклада, в котором используются передовые биотехнологии, реализуются новейшие разработки рынка Food Net,





появляются новые продукты питания, входящие в «зеленую» корзину и относящиеся к здоровому рациону. Индустрия растительных продуктов способна оперативно производить альтернативную продукцию в востребованном количестве и участвовать в обеспечении продовольственной безопасности страны [12]. Органические технологии и производство продукции на растительной основе — отличаются принципиально, с точки зрения производства сырья, но, с точки зрения подходов к ESG, совпадают.

В заключение авторы отмечают, что рассмотрение ими ключевых вопросов и особенностей становления конъюнктурно-технологического уклада явилось логическим продолжением обобщения их исследований в сфере сельского хозяйства, изучения междисциплинарных теоретических трудов и практических наработок российских и зарубежных ученых, а также развитием авторского опыта по реализации проектов ESG-стратегии и развитию производства пищевой продукции на растительной основе.

Список источников

1. Гайсин Р.С., Кирюшин О.И., Ротенко Е.С., Мигунов Р.А. Аграрные циклы: монография. Под общ. ред. Р.С. Гайсина. Москва: РГАУ-МСХА, 2016. 142с.
2. Гинс М.С., Романова Е.В., Плющиков В.Г. и др. Функциональные продукты питания из растительного сырья: учеб. пособие. Москва: РУДН, 2017. 148 с.
3. Глазьев С.Ю. Открытие закономерности смены технологических укладов ЦЭМИ АН СССР // Экономика и математические методы. 2018. Том 54. № 3. С. 17-30
4. Дунченко Н.И., Янковская В.С., Маницкая Л.Н. Научное обоснование методологических принципов формирования качества продуктов: монография. Москва: Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева. 2022. 211с.
5. Крючкова В.В., Контарева В.Ю., Шрамко М.И., Евдокимов И.А. Перспективы развития функциональных продуктов питания // Молочная промышленность. 2011. № 8. С. 36-37
6. Курбанов Р.Ф., Маракулина И.В. Маркетинговый анализ конкурентных предложений на рынке растительной мясо-имитирующей продукции // Вестник аграрной науки. 2020. № 6 (87). С.114-121. doi: 10.17238/issn2587-666X.2020.6.114
7. Левин Ю.А., Фомина Г.Ю., Волков А.В. Методологические и теоретические аспекты этического предпринимательства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 5 (389). С. 546-549. doi: 10.55186/25876740_2022_65_5_546
8. Левин Ю.А., Павлов А.О. Инновационно-технологическое развитие: теоретический базис и прикладные аспекты. Москва. 2022. 152 с.
9. Макарова А.А., Пасько О.В. Маркетинговые исследования потребительских предпочтений для разработки аналогов мясной продукции // Индустрия питания. 2020. Том 5. № 2. С. 21-28. doi: 10.29141/2500-1922-2020-5-2-3

Информация об авторах:

Левин Юрий Анатольевич, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и финансов, Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1140-5778>, levin25@mail.ru

Фомина Галина Юрьевна, кандидат экономических наук, доктор бизнес-администрирования, президент Российско-итальянского координационного совета «Этическое предпринимательство», вице-президент АО «Альфа-Банк», директор научно-исследовательского центра финансовой дипломатии факультета финансов и банковского дела Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9568-7866>, fomina-gy@ranepa.ru

Волков Андрей Валентинович, кандидат экономических наук, доцент, руководитель центра органических и цифровых технологий, Международная промышленная академия, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1827-5606>, wolk448822@yandex.ru

Information about the authors:

Yuri A. Levin, doctor of economic sciences, professor with the department of economics and finance, Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, ORCID: <http://0000-0002-9568-7866>, levin25@mail.ru

Galina Yu. Fomina, candidate of economic sciences, doctor of business administration, president of the Russian-Italian coordination council «Ethical Entrepreneurship», vice-president of Alfa-Bank, director of the research center for financial diplomacy of the faculty of finance and banking, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1140-5778>, fomina-gy@ranepa.ru

Andrey V. Volkov, candidate of economic sciences, associate professor, head of the center for organic and digital technologies, International Industrial Academy, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1827-5606>, wolk448822@yandex.ru

10. Оболенский В.П. Технологическое соперничество на мировом рынке // Мировая экономика и международные отношения. 2003. № 7. С. 3-12

11. Олсуфьева Е.Н., Янковская В.С., Дунченко Н.И. Обзор рисков контаминации антибиотиками молочной продукции // Антибиотики и химиотерапия. 2022. Т. 67. № 7-8. С. 82-96. doi: 10.37489/0235-2990-2022-67-7-8-82-96

12. Панфилов В.А. Продовольственная безопасность России и шестой технологический уклад в АПК // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 1. С. 10-12.

13. Dunchenko N.I., Yankovskaya V.S., Voloshina E.S., [et al] Quality designing and food safety provisions based on qualimetric forecasting // Quality Ciencia e Tecnologia de Alimentos. 2022. - Т. 42. - P.e112021. doi: 10.1590/fst.112021

14. Levin Yu.A., Ivanova O.P., Fomina G.Yu., Volkov A.V. Institutional, financial and digital aspects of the ethical entrepreneurship structure in ecological economics // International Scientific and Practical Conference Strategy of Development of Regional Ecosystems «Education-Science-Industry» (ISPCR 2021). Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Strategy of Development of Regional Ecosystems «Education-Science-Industry» (ISPCR 2021). Atlantis Press. 2022. С. 271-276.

15. ISO 23662. Issue 1. Definitions and technical criteria for foods and food ingredients suitable for vegetarians or vegans and for labelling and claims. Plant-based global standard. London. BRC Trading Ltd: First edition. 2021. <http://www.iso.org/ru/news/ref2634>.

16. Shumpeter J.A. The analysis of economic change. Essays on Entrepreneurs, Innovations, Business Cycles and the Evolution of Capitalism. R.V. Clemence, editor. // Transactions Publishers, New Brunswick, 2000. Pp. 134-149. Originally published in Review of Economic Statistics. 1935.

17. Vanberg V. J. On the Economics of Moral Preferences // American Journal of Economics and Sociology. Wiley Blackwell. 2008. Vol. 67(4). Pp. 605-628.

References

1. Gajsin, R. S., Kiryushin, O. I., Rotenko, E. S., Migunov, R. A. (2016). *Agrarye tsikly: monografiya* [Agrarian cycles: monograph], Moscow: RGAU-MSKHA.
2. Gins M.S., Romanova E.V., Plyushchikov V.G., [et al] (2017). *Funktsional'nye produkty pitaniya iz rastitel'nogo syr'ya* [Functional food products from plant raw materials], Moscow: RUDN.
3. Glazev S.Yu. (2018). Otkrytie zakonornosti smeny tekhnologicheskikh ukkladov CEMI AN SSSR [The discovery of the regularity of the change of technological patterns of the CEMI of the USSR Academy of Sciences]. *Economics and Mathematical Methods*, Vol. 54, no. 3, pp.17-30
4. Dunchenko N.I., Yankovskaya V.S., Manickaya L.N. (2022). *Nauchnoe obosnovanie metodologicheskikh principov formirovaniya kachestva produktov: monografiya* [Scientific substantiation of methodological principles of product quality formation: monograph], Moscow: RGAU-MTAA, 212 p.
5. Kryuchkova V.V., Kontareva V.Yu., Shramko M.I., Evdokimov I.A. (2011). *Perspektivy razvitiya funktsional'nykh produktov pitaniya* [Prospects for the development of functional food products]. *Dairy industry*, no. 8, pp. 36-37

6. Kurbanov R.F., Marakulina I.V. (2020). *Marketingovyy analiz konkurentnykh predlozheniy na rynke rastitel'noj myaso-imitiruyushchej produktsii* [Marketing analysis of competitive offers on the market of vegetable meat-imitating products [Bulletin of Agrarian Science]. *Bulletin of Agrarian Science*, no. 6(87), pp. 114-121. doi: 10.17238/issn2587-666X.2020.6.114

7. Levin Yu.A., Fomina G.Yu., Volkov A.V. (2022). *Metodologicheskie i teoreticheskie aspekty eticheskogo predprinimatel'stva* [Methodological and theoretical aspects of ethnic entrepreneurship] *International Agricultural Journal*, no. 5 (389), pp. 546-549. doi: 10.55186/25876740.2022.65.5.546

8. Levin Yu.A., Pavlov A.O. (2022). *Innovatsionno-tekhnologicheskoe razvitiye: teoreticheskij bazis i prikladnye aspekty* [Innovative and technological development: theoretical basis and applied aspects], Moscow: RuScience.

9. Makarova A.A., Pasko, O.V. (2020). Marketingovyye issledovaniya potrebitel'skikh predpochteniy dlya razrabotki analogov myasnoj produktsii [Marketing research of consumer preferences for the development of meat products analogues]. *Food industry*, vol. 5, no. 2, pp. 21-28. doi: 10.29141/2500-1922-2020-5-2-3

10. Obolenskij V.P. (2003). Tekhnologicheskoe sopernichestvo na mirovom rynke. [Technological rivalry in the global market] *World economy and international relations*, no. 7, pp. 3-12.

11. Olsufeva E.N., Yankovskaya V.S., Dunchenko N.I. (2022). *Obzor riskov kontaminatsii antibiotikami molochnoj produktsii* [Overview of the risks of antibiotic contamination of dairy products]. *Antibiotics and chemotherapy*, vol. 67, no. 7-8, pp. 82-96. doi: 10.37489/0235-2990-2022-67-7-8-82-96

12. Panfilov V.A. (2016). *Prodovol'stvennaya bezopasnost' Rossii i shestoj tekhnologicheskij uklad v APK* [Food security of Russia and the sixth technological order in the agro-industrial complex]. *Bulletin of the Russian Agricultural Science*, no. 1, pp. 10-12.

13. Dunchenko N.I., Yankovskaya V.S., Voloshina E.S., [et al] (2022). Quality designing and food safety provisions based on qualimetric forecasting. *Quality Ciencia e Tecnologia de Alimentos*. Vol. 42, P.e112021. doi: 10.1590/fst.112021

14. Levin, Yu. A., Ivanova, O.P., Fomina, G. Yu. & Volkov, A.V. (2022). Institutional, financial and digital aspects of the ethical entrepreneurship structure in ecological economics. International Scientific and Practical Conference Strategy of Development of Regional Ecosystems «Education-Science-Industry» (ISPCR 2021). Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Strategy of Development of Regional Ecosystems «Education-Science-Industry» (ISPCR 2021). Atlantis Press, pp. 271-276.

15. Definitions and technical criteria for foods and food ingredients suitable for vegetarians or vegans and for labelling and claims. Plant-based global standard. (2021) ISO 23662. Issue 1. London, BRC Trading Ltd: First edition.

16. Shumpeter J.A. (2000). The analysis of economic change. Essays on Entrepreneurs, Innovations, Business Cycles and the Evolution of Capitalism. R.V. Clemence, editor. Transactions Publishers, New Brunswick, Pp. 134-149. Originally published in Review of Economic Statistics, 1935.

17. Vanberg V. J. (2008). On the Economics of Moral Preferences. *American Journal of Economics and Sociology*. Wiley Blackwell, vol. 67(4), pp. 605-628.



Научная статья

УДК 338.43

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_471

РОЛЬ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ В РАЗВИТИИ РОССИЙСКОГО АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Д.А. Зюкин¹, Р.Я. Вакуленко^{2,3}, Е.А. Большаева⁴,
Н.А. Яковлев⁵, М.А. Ронжина⁴

¹Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, Курск, Россия

²Нижегородский государственный лингвистический университет имени Н.А. Добролюбова,
Нижний Новгород, Россия

³Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород, Россия

⁴Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия

⁵Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, Орел, Россия

Аннотация. В современных социально-экономических и геополитических условиях обеспечение и стимулирование развития сфер логистики и транспорта является актуальным и значимым направлением государственной политики, направленной на достижение высоких темпов экономического роста, реализации политики импортозамещения, расширение географии экспорта агропродукции и противодействия внешнему санкционному давлению со стороны ряда зарубежных стран. Целью данной работы является определение роли и степени влияния транспорта и логистики на функционирование и развитие российского агропромышленного комплекса. Транспорт в сельском хозяйстве и агропромышленном комплексе в целом обеспечивает существующие технологические и производственные процессы в отрасли, а также ее взаимосвязь и взаимодействие со смежными сферами экономики. Внедрение эффективных и рациональных логистических решений, обновление материально-технической базы являются необходимыми условиями повышения объемов производства конечной продукции, снижения уровней издержек и затрат транзакционного характера, эффективного ведения внешнеэкономической деятельности. Наиболее распространенным в сельском хозяйстве видом транспорта является автомобильный: более 85% от общего объема перевозок зерна по территории Российской Федерации для внутреннего потребления приходится именно на этот вид транспорта. Однако использование автомобильного транспорта в условиях роста накладных расходов становится невыгодным с экономической точки зрения. В данном аспекте необходимым является оптимальное сочетание имеющихся видов транспорта, что обеспечивает своевременное, качественное и эффективное решение имеющихся транспортных задач с минимизацией транзакционных, временных и производственных издержек. Обеспечение развития и эффективного функционирования сфер логистики и транспорта позволяют повышать качество инфраструктуры, улучшать результаты деятельности российских аграриев за счет минимизации транзакционных издержек, а также привлечь значительные объемы инвестиций в отрасль, улучшить инвестиционный климат в данной сфере.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, логистика, продовольствие, транспортная инфраструктура, государственное регулирование, агропродовольственная политика

Original article

THE ROLE OF TRANSPORT LOGISTICS OF THE RUSSIAN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX DEVELOPMENT

D.A. Zyukin¹, R.Ya. Vakulenko^{2,3}, E.A. Bolycheva⁴,
N.A. Yakovlev⁵, M.A. Ronzhina⁴

¹Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia

²Linguistics University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

³Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev,
Nizhny Novgorod, Russia

⁴Southwest State University, Kursk, Russia

⁵Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia

Abstract. In modern socio-economic and geopolitical conditions, ensuring and stimulating the development of logistics and transport is an urgent and significant direction of state policy aimed at achieving high rates of economic growth, implementing import substitution policy, expanding the geography of agricultural exports and countering external sanctions pressure from a number of foreign countries. The purpose of this work is to determine the role and degree of influence of transport and logistics on the functioning and development of the Russian agro-industrial complex. Transport in agriculture and the agro-industrial complex as a whole provides the existing technological and production processes in the industry, as well as its interrelation and interaction with related spheres of the economy. The introduction of effective and rational logistics solutions, the renewal of the material and technical base are necessary conditions for increasing the volume of production of final products, reducing the levels of costs and transactional costs, effective conduct of foreign economic activity. The most common type of transport in agriculture is automobile: more than 85% of the total volume of grain transportation across the territory of the Russian Federation for domestic consumption falls on automobile transport. However, the use of road transport in conditions of increasing overhead costs becomes unprofitable from an economic point of view. In this aspect, an optimal combination of available modes of transport is necessary, which ensures timely, high-quality and efficient performance of existing transport tasks while minimizing transaction, time and production costs. Ensuring the development and effective functioning of the logistics and transport sectors makes it possible to improve the quality of infrastructure, improve the performance of Russian farmers by minimizing transaction costs, as well as attract significant amounts of investment in the industry, improve the investment climate in this area.

Keywords: agro-industrial complex, logistics, food, transport infrastructure, state regulation, agri-food policy

Введение. Вопросы развития и функционирования российского агропромышленного комплекса приобретают особую актуальность и значимость в контексте обеспечения

продовольственной безопасности Российской Федерации и достижения необходимых темпов экономического роста в условиях внешнего санкционного давления со стороны ряда

зарубежных стран. Внедрение новых производственных, цифровых и инновационных технологий, логистических решений, обновление материально-технической базы являются



необходимыми условиями повышения объемов производства конечной продукции, снижения уровней издержек и затрат, а также эффективно-го осуществления и ведения внешнеэкономической деятельности [1].

Транспорт в сельском хозяйстве и агропромышленном комплексе в целом обеспечивает существующие технологические и производственные процессы в отрасли, а также ее взаимосвязь и взаимодействие со смежными сферами экономики. Эффективное управление логистическими процессами и цепочками позволяет обеспечивать своевременную поставку товаров, сырья и материалов, исключить или минимизировать временные издержки, связанные с простоем рабочей силы, машин и оборудования. Правильные и оптимальные логистические решения позволяют не только снизить транзакционные издержки, но и снизить себестоимость реализуемой конечной продукции. При этом эффективность и рациональность используемых логистических инструментов и решений находят свое отражение в процессах материально-технического обеспечения, а также сбыте готовой продукции на международных рынках [2].

Усиление внешнего санкционного давления в отношении Российской Федерации со стороны ряда зарубежных стран привели к возникновению и усилению степени влияния угроз внешнего и внутреннего характера, в том числе и для логистической составляющей агропромышленного комплекса и сельскохозяйственной отрасли российской экономики. Наибольшее значение и роль для логистики российского агропромышленного комплекса представляет автомобильный транспорт, поскольку на его долю приходится наибольшая часть от общего объема грузоперевозок в сельском хозяйстве. Своевременное, качественное и эффективное выполнение имеющихся транспортных работ с минимизацией транзакционных, временных и производственных издержек обеспечивается за счет оптимального сочетания имеющихся транспортных средств. Также стоит отметить, что транспорт является важнейшей составляющей обеспечения и функционирования производственных процессов в сельском хозяйстве и агропромышленном комплексе, являясь наиболее трудоемким и энергоемким процессом.

Методика исследования. В работе используются материалы и данные, представленные на официальных сайтах Федеральной службы государственной статистики, Министерства сельского хозяйства, Правительства Российской Федерации, результаты исследований ученых и экспертов в данной области. Для достижения поставленных целей исследования рассматривается динамика показателей, отражающих динамику развития сферы логистики в российской экономике, грузооборота автомобильного транспорта, производства продукции сельского хозяйства, объемы и структуры экспорта продукции российского агропромышленного комплекса за 2017-2021 г. Авторами используются общенаучные методы исследования, экономико-статистический анализ, синтез, дедукция, индукция, обобщение научной практики.

Результаты исследования. Функционирование и развитие российского агропромышленного комплекса позволяет не только обеспечивать продовольственную безопасность Российской Федерации, внутренние потребности населения по большинству категорий про-

довольственных товаров, а также эффективно осуществлять внешнеэкономическую деятельность, экспортировать российское продовольствие на мировой рынок. Усиление внешнего санкционного давления в отношении Российской Федерации со стороны ряда зарубежных стран привело к нарушению условий функционирования и развития логистических цепочек поставок, обеспечивающих импорт и экспорт товаров, сырья и материалов. Например, по итогам 2022 г. ключевыми продуктами экспорта российского агропромышленного комплекса стали зерновые, продукция масложировой отрасли, рыба, морепродукты, где ключевыми покупателями стали страны ЕС, Китай, Турция, Казахстан, Республика Корея и Египет.

В данном аспекте решение вопросов и проблем в сфере логистики и развитие соответствующей инфраструктуры является одной из актуальных задач аграрной политики, что выступает фактором успешного и устойчивого развития агропромышленного комплекса Российской Федерации [3], поскольку развитие логистики способствует снижению себестоимости производимой и реализуемой продукции, а использование логистических инструментов позволяет сократить соответствующие категории затрат хозяйствующих субъектов, что положительно сказывается на их финансово-экономическом положении [4].

Развитие логистики позволяет не только улучшать соответствующую инфраструктуру, что положительно сказывается на результатах деятельности российских аграриев, но и способствует привлечению значительных объемов инвестиций, улучшению инвестиционного и делового климата в отрасли и экономике в целом. При этом основными сферами применения логистических инструментов в агропромышленном комплексе являются запасы и транспорт. В общей структуре себестоимости продукции сельского хозяйства более 20% занимают именно расходы, связанные с погрузочно-разгрузочными и транспортными работами, что и обуславливает актуальность повышения эффективности транспортного обеспечения данной отрасли [5].

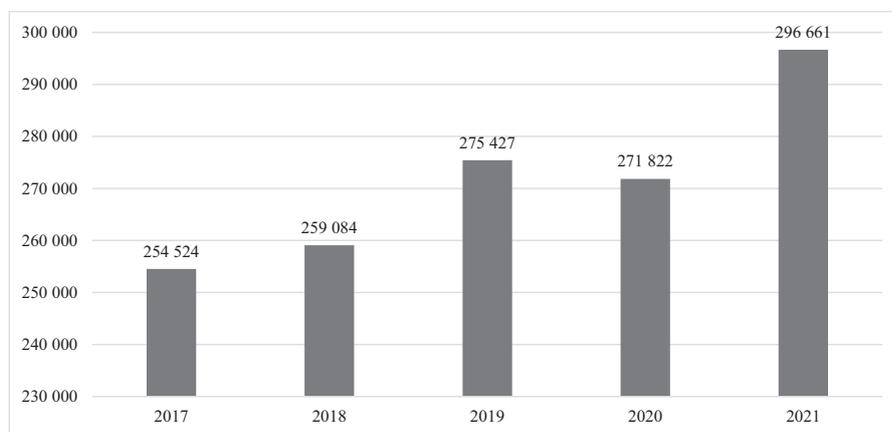
Усиление внешнего санкционного давления в отношении Российской Федерации со стороны ряда зарубежных стран с начала 2022 г. оказало определенное негативное влияние на конъюнктуру внешней торговли и условия

функционирования логистических цепочек поставок товаров, сырья и материалов. Реализация государственной политики развития и регулирования инфраструктуры российского зернового рынка позволили изменить территориальное расположение объектов производства продовольствия, сформировать экспортноориентированный подход в логистике. Актуальным направлением развития в данном аспекте является определение роли государства как координатора между аграрным бизнесом и РЖД, что позволит повысить экспортную ориентацию зернового хозяйства с точки зрения логистической составляющей [6]. При этом более 85% от общего объема перевозок зерна по территории Российской Федерации для внутреннего потребления приходится именно на автомобильный транспорт, 13% же приходится на железнодорожный транспорт. Также стоит отметить тот факт, что переориентация российского рынка зерна с импортной на экспортную модель показала имеющиеся несоответствия между структурой рынка зерна и транспортной логистикой, к числу которых можно отнести следующие:

- возникновение возможной необходимости хранения больших объемов зерна в хранилищах сельскохозяйственных товаропроизводителей;
- недостаточный уровень технического состояния и количество вагонов-зерновозов и локомотивов на станциях, что не позволяет обеспечивать бесперебойную отгрузку и перевозку зерна;
- использование автомобильного транспорта в условиях роста накладных расходов становится невыгодным с экономической точки зрения;
- затраты на перевозку зерна из пунктов производства до конечного потребителя и осуществление внешнеэкономической деятельности являются одними из самых высоких в мире [7].

В аспекте оценки влияния логистики и транспорта на развитие и функционирование российского агропромышленного комплекса целесообразным является рассмотрение динамики грузооборота автомобильного транспорта в экономике за 2017-2021 гг. (рис. 1).

За 2017-2021 гг. в российской экономике отмечается увеличение объема грузооборота автомобильного транспорта более чем на 16,56%,



Источник: составлено на основе данных Федеральной службы государственной статистики [8].

Рисунок 1. Динамика грузооборота автомобильного транспорта в Российской Федерации за 2017-2021 гг., млн тонно-км

Figure 1. Dynamics of cargo turnover of motor transport in the Russian Federation for 2017-2021, million ton-km



что является положительной динамикой в аспекте развития логистики и транспортной отрасли в целом. При этом стоит отметить тот факт, что для развития и функционирования российского агропромышленного комплекса автотранспорт является ключевым видом логистики снабжения и сбыта, поскольку многие виды агропродовольственной продукции требуют быстрой доставки от пунктов производства к пунктам переработки и в дальнейшем до точек реализации [9].

В аспекте развития инфраструктуры и логистики в российской экономике первостепенную значимость приобретают уровень и масштабы оказываемой государственной поддержки. Например, перечень мер государственной поддержки сельскохозяйственной отрасли и агропромышленного комплекса в части логистики включает: льготные лизинг и кредитование, компенсацию затрат на транспортировку продукции, создание и модернизацию объектов агропромышленного комплекса [10]. На уровне Правительства Российской Федерации утверждены к реализации в рамках «Концепции технологического развития на период до 2030 года» такие меры, как создание механизмов по стимулированию инвесторов к созданию инфраструктуры на территориях с преференциальными режимами, создание и развертывание индустриальных парков, опытных полигонов, центров трансфера технологий и инжиниринговых услуг, объединение инфраструктурной и производственной баз в целях создания высокотехнологичной продукции на основе комплексного подхода [11].

В сложившихся социально-экономических и геополитических условиях логистика и транспорт по-прежнему играют важную роль в достижении ключевых показателей и решения задач в расширении географии экспорта продукции российского агропромышленного комплекса. Например, в условиях санкций и усиления

внешнеполитического давления на российскую экономику актуальным и значимым является преодоление введенных запретов и ограничений, что требует разработки новых логистических направлений [12]. На рисунке 2 представлены ключевые направления и задачи развития логистики и транспортной отрасли, обеспечивающие функционирование российского агропромышленного комплекса и необходимые темпы экономического роста.

Реализация задач по представленным на рисунке 2 направлениям позволит не только провести модернизацию и развитие соответствующей инфраструктуры и дать импульс развитию транспортной отрасли, но и стать стимулирующим фактором роста смежных отраслей и экономики в целом. Эффективное управление логистическими потоками и цепями поставок во многом является результатом синергии таких бизнес-процессов, как увеличение лояльности потребителей, управление спросом и предложением, снабжением, исполнением заказов, управление товаром и доведением его до конечного потребителя, а также материальными возвратными потоками. Для обеспечения эффективного функционирования и качественного развития транспортной отрасли необходимо принятие и реализация мер, направленных на улучшение условий и эффективности хранения и переработки продукции, переоснащение и модернизацию основных производственных фондов перерабатывающей промышленности, налаживание и конфигурация цепей поставок [13].

В условиях внешнего санкционного давления на Российскую Федерацию со стороны ряда зарубежных стран необходимым и целесообразным является масштабная и структурная перестройка транспортной и логистических сфер экономики с целью адаптации к новым условиям функционирования хозяйствующих субъектов,

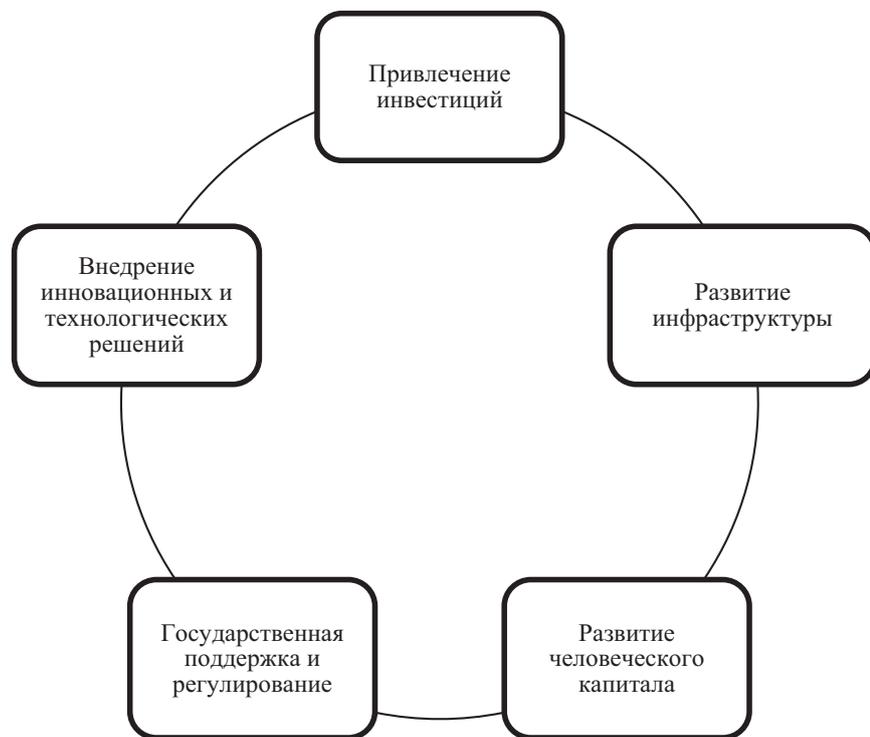
а также осуществления внешнеэкономической деятельности, повышения устойчивости и экономической эффективности работы транспортно-логистической отрасли в российской экономике. Для достижения поставленной цели ключевая роль отводится именно государству, поскольку расширение перечня инструментов регулирования и поддержки транспортной отрасли позволит дать новый импульс развитию экономики Российской Федерации в целом.

В условиях возникших сложностей и проблем логистические компании перестраивают свои цепочки поставок. Например, практикуется доставка грузов воздухом к ближайшим к России точкам, далее товары перегружаются на автомобильный транспорт. Исследователи и аналитики отмечают тот факт, что в сложившейся геополитической ситуации Турция может стать перевалочным хабом европейско-российских перевозок. Например, в марте 2022 г. количество заявок на экспортные перевозки в сторону Турции выросло на 125%. При этом также отмечается возможность поставок импортных товаров через Грузию и Индию, однако это влечет за собой значительное увеличение размеров транзакционных издержек [14]. Но, несмотря на возникшие проблемы в транспортной и логистической отрасли, российские компании переориентируются на новые маршруты и рынки, в частности Китая, ОАЭ, Южная Корея.

Выводы и рекомендации. В аспектах развития и обеспечения функционирования агропромышленного комплекса в российской экономике логистика и транспорт играют одну из ключевых ролей, что во многом обусловлено высокой долей транспортных затрат в общей структуре себестоимости продукции сельского хозяйства. Транспорт в сельском хозяйстве также обеспечивает существующие технологические и производственные процессы в отрасли, а также ее взаимосвязь и взаимодействие со смежными сферами экономики.

С начала 2022 г. российский агропромышленный комплекс и экономика в целом функционируют в условиях жесткого внешнего санкционного давления со стороны ряда зарубежных стран, что привело к возникновению и усилению степени влияния угроз внешнего и внутреннего характера, в том числе и для сфер логистики и транспорта. В данном аспекте стоит отметить, что более 85% от общего объема перевозок зерна по территории Российской Федерации для внутреннего потребления приходится именно на автомобильный транспорт, а 13% приходится на железнодорожный транспорт. Оптимальное сочетание имеющихся видов транспорта обеспечивает своевременное, качественное и эффективное выполнение имеющихся транспортных задач с минимизацией транзакционных, временных и производственных издержек.

Обеспечение развития и эффективного функционирования сфер логистики и транспорта позволяет повышать качество инфраструктуры, улучшать результаты деятельности российских аграриев за счет минимизации транзакционных издержек, а также привлечь значительные объемы инвестиций в отрасль, улучшить инвестиционный климат. При этом развитие логистики и транспорта характеризуется мультипликативным влиянием на смежные сферы экономики, поскольку оказывается как прямое, так и косвенное влияние на финансово-экономические результаты деятельности предприятий и организаций.



Источник: составлено авторами.

Рисунок 2. Ключевые направления и задачи развития логистики и транспорта российского агропромышленного комплекса

Figure 2. Key directions and tasks of logistics and transport development of the Russian agro-industrial complex





Список источников

1. Zyukin, D.A., Pronskaya, O.N., Golovin, A.A., Belova, T.V. (2020). Prospects for increasing exports of Russian wheat to the world market. *Amazonia Investiga*, vol. 9, no. 28, pp. 346-355.
2. Севостьянов А.Л. Логистическая концепция экспорта и международной торговли продукции АПК // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (89). С. 160-166.
3. Национальный доклад о ходе и результатах реализации в 2021 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия // Официальный сайт Федерального центра развития экспорта продукции АПК Минсельхоза России. Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/60d/60d8f2347d3eb724ab9b57c61a9ac269.pdf>
4. Петчина Д.К. Методы снижения логистических затрат на производственном предприятии в современных условиях // Теория и практика общественного развития. 2018. № 5 (123). С. 117-120. doi: 10.24158/tpor.2018.5.22
5. Алексеева С.С., Журавлева Е.А. Влияние транспортной логистики на конкурентоспособность продукции агропромышленного комплекса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2016. № 4 (32). С. 101-104.
6. Зюкин Д.А. Модель экономического и государственного регулирования развития инфраструктуры зернового рынка // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 1. С. 47-50. doi: 10.24411/2587-6740-2020-11010
7. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации // Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/4cc/4ccb020ac06ff1823e0c06e8a6dfaa8.pdf>
8. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>
9. Толмачев О.М. Проблемы логистики в российском АПК // Экономика и социум: современные модели развития. 2022. Т. 12. № 3. С. 183-194. doi: 10.18334/escos.12.3.116387
10. Господдержка. Официальный сайт Федерального центра развития экспорта продукции АПК Минсельхоза России. Режим доступа: <https://aemcx.ru/support/g/>
11. Концепция технологического развития на период до 2030 года // Официальный сайт Правительства Российской Федерации. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/content/uploadfiles/technological-2023.pdf>
12. Бережной В.И., Сероштан М.В., Марцева Т.Г. и др. Проблемы транспортно-логистической системы России в современных условиях (на примере экспорта зерна) // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2022. № 3. С. 52-72. doi: 10.52180/2073-6487_2022_3_52_72

13. Дьяков С.А., Шитухин А.М., Третьяков А.С. Совершенствование межорганизационной координации в цепях поставок логистической сети АПК Краснодарского края // Вестник Академии знаний. 2021. № 5 (46). С. 117-127.

14. Транспортная отрасль в России: идеальный шторм в настоящем, перестройка впереди // Официальный сайт Национального рейтингового агентства. Режим доступа: https://www.ra-national.ru/sites/default/files/analytic_article/NRA_Research_cargo_transport.pdf

References

1. Zyukin, D.A., Pronskaya, O.N., Golovin, A.A., Belova, T.V. (2020). Prospects for increasing exports of Russian wheat to the world market. *Amazonia Investiga*, vol. 9, no. 28, pp. 346-355.
2. Sevost'yanov, A.L. (2021). Logisticheskaya kontseptsiya ehksporta i mezhdunarodnoi trgovli produktssii APK [Logistic concept of export and international trade of agricultural products]. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Orel State Agrarian University], no. 2 (89), pp.160-166.
3. Natsional'nyi doklad o khode i rezul'tatakh realizatsii v 2021 godu Gosudarstvennoi programmy razvitiya sel'skogo khozyaistva i regulirovaniya ryнков sel'skokhozyaistvennoi produktssii, syr'ya i prodovol'stviya [National report on the progress and results of the implementation in 2021 of the State Program for the Development of Agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and food markets]. *Oftisial'nyi sait Federal'nogo tsentra razvitiya ehksporta produktssii APK Minsel'khoza Rossii* [Official website of the Federal Center development of export of agricultural products of the Ministry of Agriculture of Russia]. Available at: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/60d/60d8f2347d3eb724ab9b57c61a9ac269.pdf>
4. Petchina, D.K. (2018). Metody snizheniya logisticheskikh zatrat na proizvodstvennom predpriyatii v sovremennykh usloviyakh [Methods of reducing logistics costs at a manufacturing enterprise in modern conditions]. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* [Theory and practice of social development], no. 5 (123), pp. 117-120. doi: 10.24158/tpor.2018.5.22
5. Alekseeva, S.S., Zhuravleva, E.A. (2016). Vliyaniye transportnoi logistiki na konkurentosposobnost' produktssii agropromyshlennogo kompleksa [The impact of transport logistics on the competitiveness of agricultural products]. *Vestnik Ryzanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva* [Herald of Ryzan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev], no. 4 (32), pp. 101-104.
6. Zyukin, D.A. (2020). Model' ehkonomicheskogo i gosudarstvennogo regulirovaniya razvitiya infrastruktury zernovogo rynka [Model of economic and state regulation of grain market infrastructure development]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 1, pp. 47-50. doi: 10.24411/2587-6740-2020-11010

7. Dolgosrochnaya strategiya razvitiya zernovogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii [Long-term development strategy of the grain complex of the Russian Federation]. *Oftisial'nyi sait Ministerstva sel'skogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii* [Official website of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation] Available at: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/4cc/4ccb020ac06ff1823e0c06e8a6dfaa8.pdf>

8. Oftisial'nyi sait Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki Rossiiskoi Federatsii [Official website of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/>

9. Tolmachev, O.M. (2022). Problemy logistiki v rossiiskom APK [Logistics problems in the Russian agro-industrial complex]. *Ekonomika i sotsium: sovremennye modeli razvitiya* [Economics and society: contemporary models of development], vol. 12, no. 3, pp. 183-194. doi: 10.18334/escos.12.3.116387

10. Gospodderzhka. Oftisial'nyi sait Federal'nogo tsentra razvitiya ehksporta produktssii APK Minsel'khoza Rossii [State support. Official website of the Federal Center for export development of agricultural products of the Ministry of Agriculture of Russia]. Available at: <https://aemcx.ru/support/g/>

11. Kontseptsiyatekhnologicheskogo razvitiya na period do 2030 goda [The concept of technological development for the period up to 2030]. *Oftisial'nyi sait Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii* [Official website of the Government of the Russian Federation]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/content/uploadfiles/technological-2023.pdf>

12. Berezhnoi, V.I., Seroshan, M.V., Martseva, T.G. i dr. (2022). Problemy transportno-logisticheskoi sistemy Rossii v sovremennykh usloviyakh (na primere ehksporta zerna) [Problems of the transport and logistics system of Russia in modern conditions (on the example of grain exports)]. *Vestnik Instituta ehkonomiki Rossiiskoi akademii nauk* [Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences], no. 3, pp. 52-72. doi: 10.52180/2073-6487_2022_3_52_72

13. D'yakov, S.A., Shitukhin, A.M., Tret'yakov, A.S. (2021). Sovershennstvovanie mezhhorganizatsionnoi koordinatsii v tsepyakh postavok logisticheskoi seti APK Krasnodarskogo kraia [Improvement of inter-organizational coordination in the supply chains of the logistics network of the agro-industrial complex of the Krasnodar territory]. *Vestnik Akademii znaniy* [Bulletin of the Academy of knowledge], no. 5 (46), pp. 117-127.

14. Transportnaya otrasl' v Rossii: ideal'nyi shtorm v nastoyashchem, perestroika vpered [Transport industry in Russia: a perfect storm in the present, perestroika ahead]. *Oftisial'nyi sait Natsional'nogo reitingovogo agentstva* [Official website of the National Rating Agency]. Available at: https://www.ra-national.ru/sites/default/files/analytic_article/NRA_Research_cargo_transport.pdf

Информация об авторах:

Зюкин Данил Алексеевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и финансов, Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8118-2907>, nightingale46@rambler.ru

Вакуленко Руслан Яковлевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой мировой экономики и логистики, Нижегородский государственный лингвистический университет имени Н.А. Добролюбова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1483-9734>, vakulenko_r@rambler.ru

Большичева Елена Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры таможенного дела и мировой экономики, Юго-Западный государственный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3365-8621>, boly4eva2012@yandex.ru

Яковлев Николай Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экономики и менеджмента в АПК, Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0269-2544>, yakovlevnikolay@yandex.ru

Ронжина Мария Анатольевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, управления и аудита, Юго-Западный государственный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5117-7784>, ronmaria@mail.ru

Information about the authors:

Danil A. Zyukin, candidate of economic sciences, associate professor of the department of accounting and finance, Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8118-2907>, nightingale46@rambler.ru

Ruslan Ya. Vakulenko, doctor of economic sciences, professor, head of the department of world economy and informatics, Linguistics University of Nizhny Novgorod, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1483-9734>, vakulenko_r@rambler.ru

Elena A. Bolycheva, candidate of economic sciences, associate professor of the department of customs and world economy, Southwest State University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3365-8621>, boly4eva2012@yandex.ru

Nikolai A. Yakovlev, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of economics and management in agriculture, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0269-2544>, yakovlevnikolay@yandex.ru

Maria A. Ronzhina, candidate of economic sciences, associate professor of the department of economics, management and audit, Southwest State University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5117-7784>, ronmaria@mail.ru



Научная статья
УДК 334:631.14
doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_475

КООПЕРАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЗОН ПО ПРОИЗВОДСТВУ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

О.А. Моисеева

Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий — Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

Аннотация. Обеспечение продовольственной безопасности — важнейшая задача, стоящая перед отраслью сельского хозяйства. Решение этой задачи не должно сводиться только к насыщению рынка сельскохозяйственной продукцией, одновременно стоит пристальное внимание уделить вопросам устойчивого развития малых форм хозяйствования, популяризировать сельский образ жизни и повышать уровень жизни в сельской местности и заселенность сельских территорий. Одним из базовых направлений является, по нашему мнению, формирование и развитие на базе кооперации специализированных высокотехнологичных зон по производству сельскохозяйственной продукции. В основе создания таких зон должны быть малые формы хозяйствования как базовые производители продукции, а решение вопросов, связанных с закупкой, переработкой и реализацией созданной продукции должно осуществляться кооперативами. Именно они должны представлять интересы малых форм хозяйствования во внешней среде, обеспечивая их реальной рыночной властью через эффект масштаба, позволяя им быть не номинальными участниками рынка с ограниченными правами, а партнерами, получающими оптимальную цену за свою продукцию и возможность осуществления расширенного воспроизводства. Низкий уровень рентабельности основной деятельности в малых формах хозяйствования требует со стороны государства поддержки, которая бы стимулировала их объединяться для формирования рыночной власти. В связи с этим традиционная модель кооперативов решает краткосрочные задачи при поддержке местных и региональных властей. На долгосрочную перспективу целесообразно рассматривать кооперативы, объединяющие однородных членов, имеющие больше возможностей привлекать инвестиции, решения в которых принимаются с учетом объемов проведенных операций с кооперативом.

Ключевые слова: кооперация, сельскохозяйственная кооперация, сельскохозяйственные потребительские кооперативы, специализированные высокотехнологичные зоны, формирование и развитие, сельскохозяйственные товаропроизводители, малые формы хозяйствования, традиционные кооперативы, новые кооперативы

Original article

COOPERATION AS A TOOL FOR THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF SPECIALIZED HIGH-TECH ZONES FOR THE PRODUCTION OF AGRICULTURAL PRODUCTS

O.A. Moiseeva

Federal Research Center of Agrarian Economy and Social Development of Rural Areas — All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia

Abstract. Ensuring food security is the most important task facing the agricultural sector. The solution to this problem should not be limited only to the saturation of the market with agricultural products. It is necessary to consider the issues of sustainable development of small forms, popularize the rural lifestyle and improve the standard of living in rural areas, the population of rural areas. One of basic directions is the formation and development on the basis of cooperation of specialized high-tech zones for the production of agricultural products. The creation of such zones should be based on small forms as basic producers of products, and the solution of issues related to the purchase, processing and sale of created products should be carried out by cooperatives. They should represent the interests of small business entities in the external environment, provide them with real market power through economies of scale, not allow them to be nominal market participants with limited rights, but partners who receive the optimal price for their products and the possibility of extended reproduction. The low level of profitability in small forms requires support from the state, which would encourage them to unite to form a market power. In this regard, the traditional model of cooperatives solves short-term tasks with the support of local and regional authorities. In the long term, it is advisable to consider cooperatives that unite homogeneous members, have more opportunities to attract investment, decisions are made taking into account the volume of transactions with the cooperative.

Keywords: cooperation, agricultural cooperation, agricultural consumer cooperatives, specialized high-tech zones, formation and development, agricultural producers, small forms, traditional cooperatives, new cooperatives

Введение. Несмотря на высокий уровень конкуренции с агрохолдингами, малые формы хозяйствования в отрасли создают значительные объемы сельскохозяйственной продукции, но их разобщенность и неоднородность производимой продукции не позволяет получать приемлемые цены за произведенную продукцию, приобретает необходимые средства производства, что существенно ограничивает воспроизводственные процессы, снижает уровень жизни в сельской местности. В связи с этим пространственное развитие сельского хозяйства с помощью создания специализированных высокотехнологичных зон по производству отдельных видов сельскохозяйственной продукции на базе

кооперации будет способствовать повышению уровня социально-экономического развития села, обеспечивать основу продовольственной безопасности страны. Специализированные высокотехнологичные зоны характеризуются специфическим экономико-географическим единством, своеобразием природных и социально-климатических условий, где благодаря рациональному использованию имеющихся факторов производства достигнут сравнительно большой уровень производства сельскохозяйственной продукции с низкими издержками и соответствующего качества. Ведущая роль в этом процессе отводится такому инструменту как кооперация.

Цель исследования состоит в выявлении проблем, ограничивающих деятельность сельскохозяйственных потребительских кооперативов, которые выступают основным инструментом формирования и развития специализированных высокотехнологичных зон по производству сельскохозяйственной продукции.

Материалы и методы исследования. В процессе исследования были использованы аналитический, монографический и абстрактно-логический методы исследования, также материалы, полученные из официальных источников информации (сайтов) Министерства сельского хозяйства России, Росстата, труды отечественных и зарубежных ученых.



Результаты и обсуждение. Отрасль развивается поступательно, но неоднородно. Несмотря на экономические кризисы, большие возможности для крупного производства по диверсификации производства, доступности государственной поддержки, кредитных ресурсов и страховых механизмов, а также наличия полного цикла производства, переработки продукции и реализации ее агрохолдингами в собственных магазинах и на экспорт, значение малых форм хозяйствования (хозяйств населения, крестьянских (фермерских) хозяйств, индивидуальных предпринимателей (ИП), микро и малых предприятий — сельскохозяйственных организаций) невозможно переоценить. Они производят более 40% продукции отрасли. Как отмечал А.В. Чаинов, «крестьянские хозяйства проявили исключительную сопротивляемость и живучесть, ... сама природа земледельческого производства ставит естественный предел укрупнению сельскохозяйственного производства» [14]. Краткая характеристика малых и средних форм хозяйствования в отрасли представлена в таблице 1.

Согласно данным Росстата на 01 января 2021г. на территории России зарегистрировано 165 тыс. к(ф)х и ИП с основным видом экономической деятельности «Сельское хозяйство» и «Рыбоводство», число хозяйств населения составляет 16,6 млн., их удельный вес в общем объеме производства продукции сельского хозяйства России за последние тридцать лет увеличился с 26,3% в 1990г. до 40% в 2021г., из них 25,5% приходится на хозяйства населения, 15,4% — на к(ф)х [2]. Существенным отличием форм хозяйствования является цель их создания. Для хозяйств населения — это обеспечение потребностей семьи, для крестьянского(фермерского) хозяйства — высокотоварное производство и получение прибыли, для индивидуальных предпринимателей, хозяйственных обществ, товариществ, производственных кооперативов — получение прибыли, для потребительских кооперативов — оказание услуг членам кооператива. На долю хозяйств населения в структуре производства продукции животноводства приходилось (по видам продукции в 2021г.): КРС (на убой) — 51,9%, овцы, козы

(на убой) — 66,2%, молоко — 35,7%, шерсть — 44,3%, мед — 94,1%. В структуре производства основных продуктов растениеводства хозяйства населения в 2021г. занимали ведущие позиции по следующим видам продукции: картофель — 65,2%, плоды и ягоды — 64,2%, овощи — 50,1% [2]. Хозяйства населения — форма семейного объединения людей, осуществляющих трудовую деятельность на приусадебном участке с целью удовлетворения внутренних потребностей, при наличии излишков продукции осуществляет ее реализация. Основное отличие хозяйств населения состоит в ведении непредпринимательской деятельности, ограничении размера общей площади. Согласно результатам Всероссийской сельскохозяйственной переписи (далее ВСХП 2016г.), общая площадь земли в среднем на одно хозяйство в сельских поселениях составляла 0,8га (по результатам ВСХП 2006г. — 0,6га), в городских округах и поселениях — 0,3 (по результатам ВСХП 2006г. — 0,1га). В разрезе округов наибольшая площадь отмечается в Приволжском федеральном округе — 0,8 га, Дальневосточном — 0,8га, Южном — 1,1га, Сибирском — 1,5га [4]. Результаты переписи в отрасли в 2021 году продемонстрировали сокращение поголовья КРС в хозяйствах населения по сравнению с 2016 годом на 23%, свиней — на 46%, что связано со снижением численности сельского населения, отсутствием доступных кормов и пр. [6]. Существенная разница в площадях и поголовье — одна из характеристик, которая подтверждает неоднородность хозяйств населения: часть из них осуществляют деятельность с целью производства продукции для личного потребления, излишки продают только при их наличии, другая — наиболее близка к категории ИП или фермерского хозяйства, осуществляет целенаправленное производство и реализацию сельскохозяйственной продукции. Именно эта часть может являться потенциальными членами кооперативов. Решение проблем с обеспечением средствами производства, гарантированный сбыт с помощью кооперативов будут способствовать переходу высокотоварных хозяйств населения к организованной предпринимательской деятельности в виде фермерского

хозяйства, а также повышению качества и однородности производимой продукции.

Фермерские хозяйства в 2021г. занимали значимые позиции по производству следующих видов продукции (% от общего объема производства): семена подсолнечника — 35,0%, зерна — 29,5%, волокна льна-долгунца — 29%, овощей — 21,4%, картофеля — 13,3%, шерсти — 38,2%. По наличию ресурсов и объемам производства фермерские хозяйства и ИП также неоднородны. В частности, общая площадь земли в среднем на одно к(ф)х и ИП — 240,9га (по данным ВСХП-2016г.), по федеральным округам наибольшее значение площадей приходится на Сибирский федеральный округ — 374,1га, Приволжский — 339,2га, Южный — 333,6га [4]. Показатели финансово-экономической деятельности к(ф)х, несмотря на высокий удельный вес прибыльных хозяйств в их общем числе и наличие валовой прибыли (табл. 2), свидетельствуют о неудовлетворительном финансовом состоянии этих сельскохозяйственных товаропроизводителей (высокая кредиторская задолженность). Доступ к кредитам и субсидиям для этой категории хозяйств существенно ограничен (89% крестьянских хозяйств в 2020г. не получали кредиты, а 75% — не имели доступа к субсидиям) [6].

К малым предприятиям (включая микропредприятия) отнесены юридические лица — коммерческие организации, внесенные в единый государственный реестр юридических лиц и соответствующие условиям, установленным Федеральным законом от 24 июля 2007 г. N 209-ФЗ (с изменениями) «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации». Малые предприятия занимают существенный удельный вес в общих объемах производства сельскохозяйственных организаций (табл. 3). В частности, более трети объемов приходится на зерно, семена и плоды масличных культур (подсолнечника, сои, рапса), льноволокно, картофель, овощи, молоко и шерсть. Около десяти процентов занимает производство сахарной свеклы и яиц. За последние четыре года произошло значительное снижение объемов производства сахарной свеклы (почти в два раза), картофеля, овощей, шерсти.

Таблица 1. Характеристика малых и средних форм хозяйствования в отрасли
Table 1. Characteristics of small and medium-sized forms of farming in agriculture

Наименование	Хозяйства населения	Крестьянское (фермерское) хозяйство	Малые и средние предприятия
Регулирование	ФЗ «О личном подсобном хозяйстве» от 7 июля 2003 г. N 112-ФЗ	ФЗ «О крестьянском (фермерском) хозяйстве» от 11 июня 2003 г. N 74-ФЗ	ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» от 24 июля 2007 г. N 209-ФЗ (с изменениями)
Понятие	Личное подсобное хозяйство — форма непредпринимательской деятельности по производству и переработке сельскохозяйственной продукции	К (ф) х (далее — фермерское хозяйство) — объединение граждан, связанных родством и (или) свойством, имеющих в общей собственности имущество и совместно осуществляющих производственную и иную хозяйственную деятельность (производство, переработку, хранение, транспортировку и реализацию сельскохозяйственной продукции), основанную на их личном участии.	хозяйственные общества, хозяйственные товарищества, хозяйственные партнерства, производственные кооперативы, потребительские кооперативы, крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели
Ограничения	Максимальный размер общей площади — 0,5га, м.б. увеличен законом субъекта РФ, но не более, чем в 5 раз	Членами могут быть представители не более трех семей. Могут входить граждане, не состоящие в родстве с главой фермерского хозяйства (не более 5 человек). Предельные размеры земельных участков, находящихся в гос. или муниципальной собственности, устанавливаются законами субъектов РФ	До 15 чел. — микропредприятия, доход — 120 млн. руб.; до 100 чел. — малые предприятия, доход — 800 млн. руб.; 101-250 — средние предприятия, доход — 2 млрд. руб.; доля участия других юридических лиц не должна превышать 25% в УК
Вид (цель) деятельности	непредпринимательская	предпринимательская	коммерческая, некоммерческая
Ответственность	-	Субсидиарная в размере доли в течении двух лет после выхода	В соответствии с законодательством РФ
Регистрация, учет	Не требуется, учет осуществляется в похозяйственных книгах, которые ведутся органами местного самоуправления	Требуется в ФНС	Требуется в ФНС

Составлено автором на основе федеральных законов



Малые формы хозяйствования, формально являясь равноправными участниками рынка, практически не имеют возможностей повлиять на цены реализации своей продукции и закупки сырья и материалов у поставщиков ресурсов, что существенно ограничивает процессы воспроизводства в отрасли [9]. Изучение деятельности кооперативов с позиции неоклассической теории позволяет рассматривать их как инструмент для увеличения экономической власти, обеспечить членам кооператива гарантированный сбыт и необходимые средства производства, повысить их долю в конечной цене реализации продукции. Их рассматривают как общественное благо (М.И. Туган-Барановский, Е. Норс, А. Сапиро и др.), поскольку кооперативы через координацию деятельности фермеров способствуют выравниванию ситуации на рынке, так как первая и третья сферы агропромышленного комплекса представлена монополистами, а вторая сфера — большим числом сельскохозяйственных товаропроизводителей, высоким уровнем специализированных активов в сельском хозяйстве, что приводит к неэластичности предложения сельскохозяйственной продукции. Первичным стимулом для организации кооперативной деятельности является улучшение благосостояния сельскохозяйственных товаропроизводителей через:

- наличие выгод от эффекта масштаба (совместная закупка средств производства);
- получение прибыли на других уровнях агропродовольственной цепи (совместная переработка, упаковка продукции);
- обеспечение отсутствующих услуг;
- гарантия обеспечения ресурсами и сбыта продукции;
- выгоды от координации (ресурсов, производства, сбыта) [8].

Число и удельный вес отдельных видов малых форм хозяйствования и СПоК по федеральным округам представлены в таблице 4. Только две трети кооперативов из числа зарегистрированных осуществляют какую-либо деятельность, не все действующие кооперативы работают в соответствии с принципами создания и функционирования кооперативов [1]. Наибольший удельный вес из числа зарегистрированных СПоК приходится на кооперативы, расположенные в Приволжском, Центральном, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах.

Среди кооперативов в количественном плане преобладают перерабатывающие (27,4%), сбытовые (15,3%) и обслуживающие (14,9%). Динамика числа СПоК существенно менялась за последние два десятилетия. На начало 2006 года было зарегистрировано всего 776 сельскохозяйственных потребительских кооперативов, из них 511 кредитных и 265 специализированных (перерабатывающих, обслуживающих и пр.) потребительских кооперативов. В 2006 году было создано 1700 сельскохозяйственных потребительских кооперативов (при плановом показателе 1200), в том числе более 600 кредитных. Лидерами по созданию кооперативов являлись Приволжский (510 кооперативов) и Центральный (332 кооператива) федеральные округа. К 2013 году число кооперативов (без кредитных) увеличилось до 4958, в 2023 году — до 5326. Несмотря на рост общего числа кооперативов необходимо отметить, что в настоящее время их роль в закупках основных видов товарной продукции остается незначительной (не превышает 4%), а уровень вовлеченности в кооперативы малых форм хозяйствования — менее 1% (всего 125519 членов) [11].

Таблица 2. Финансово-экономические показатели деятельности крестьянских (фермерских) хозяйств за 2019-2021г.г.

Table 2. Financial and economic indicators of peasant (farmer) farms for 2019-2021

Показатели	2019г.	2020г.	2021г.
Число к(ф)х, тыс. ед.	55,8	55,8	54,6
Удельный вес прибыльных в общем числе, %	84,9	84,7	84,3
Рентабельность по всей деятельности (включая субсидии из бюджета), %	16,9	21,7	18,9
Финансовый результат (валовая прибыль), млрд. руб.	67,2	109,8	116,5
Субсидии из бюджетов всех уровней, млрд. руб.	37,8	37,4	38,9
Кредиторская задолженность, млрд. руб.	130,4	117,0	144,7

Источник информации [3]

Таблица 3. Удельный вес малых предприятий в общем объеме производства в сельскохозяйственных организациях (в процентах)

Table 3. The share of small enterprises in the total volume of production in agricultural organizations (as a percentage)

Показатели	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.	Среднее значение за 2017-2020 г.г.	Изменение 2020г. по сравнению с 2017 г.
Производство продуктов сельского хозяйства, %:						
зерна (в весе после доработки)	40,3	37,9	37,3	39,0	38,6	-1,3
сахарной свеклы	15,5	13,0	11,7	8,0	12,1	-7,5
семян и плодов масличных культур (в весе после доработки)	43,8	43,4	43,8	42,4	43,4	-1,4
льноволокна	66,2	63,7	64,5	69,3	65,9	+3,1
картофеля	57,6	52,6	47,1	42,4	49,5	-15,2
овощей	44,6	37,3	32,8	31,8	31,8	-12,8
молока	27,9	26,7	26,5	26,6	26,6	-1,3
шерсти (в физическом весе)	65,9	28,9	38,8	33,1	41,7	-32,8

Рассчитано на основании данных Росстата [2]

Таблица 4. Число и удельный вес отдельных видов малых форм хозяйствования и СПоК по федеральным округам

Table 4. Number and specific weight of certain types of small business and agricultural consumer cooperatives by federal districts

Наименование	К(Ф)Х и ИП в 2020г., тыс. ед.	Уд. вес К(Ф)Х и ИП в 2020г., %	Число СПоК на 1 января 2021г., ед.	Уд. вес СПоК в общем числе, %	в том числе					
					перерабатывающих	обслуживающих	сбытовых	снабженческих	кредитных	прочие
РФ	168,2	100,0	5816	100,0	1593	870	888	303	764	1398
ЦФО	25,8	15,3	1472	25,3	235	198	204	124	354	357
СЗФО	6,4	3,8	199	3,4	52	31	19	10	40	47
ЮФО	38,9	23,1	549	9,5	121	94	116	16	93	109
СКФО	29,2	17,2	398	6,8	110	39	40	8	17	184
ПФО	31,4	18,8	1686	28,9	576	303	235	91	111	370
УФО	6,5	3,8	306	5,3	54	62	79	18	39	54
СФО	19,6	11,5	624	10,8	259	64	151	20	27	103
ДФО	10,9	6,4	582	10,0	186	79	44	16	83	174

Рассчитано автором на основе статистических данных [2, 5]

Кооперация — общепризнанный инструмент выживания и развития малых форм хозяйствования, нацелена на интересы производителей, а не капитала, доказала свою эффективность многократно в истории зарубежных стран и в дореволюционной России, подтверждает свою значимость действующими мощными кооперативами и сегодня в Канаде, Германии, Дании и др. странах. А.В. Чаынов считал, что «возникновение и развитие кооперативных элементов в процессе вертикальной концентрации сельского хозяйства становится возможным только при известных фазах самого процесса и при обязательной предпосылке относительной слабости местного капитала, ... относительная слабость местных предпринимателей капиталистов может получиться не только в силу абсолютной их собственной слабости, но также и в силу с одной стороны, зажиточности самого крестьянского хозяйства (Дания), а, с другой стороны, в силу того, что за

кооперативными элементами могут стоять финансирующие их ресурсы государства или крупного экспортного или индустриального капитала, нуждающегося в нефальсифицированном сырье» [14]. В данном случае предполагается, что на уровне государства осознается значимость кооперации для отрасли, а на уровне крестьянского хозяйства есть понимание специфики кооперативной деятельности и экономических выгод от нее, что становится возможным при высоком уровне ответственности и выполнении принятых на себя обязательств, т.е. кооперативного сознания, кадрового потенциала, навыков кооперативной работы. Повышение инициативы крестьянства в создании кооперативов предполагает также долгосрочное планирование деятельности, согласование действий отдельного хозяйства с деятельностью кооператива, отказ от сиооперативной деятельности. При наличии





Таблица 5. Характеристика традиционной и современной модели кооператива
Table 5. Characteristics of the traditional and modern cooperative model

Основные отличительные элементы	Традиционный кооператив	Новые модели кооперативов
Принципы	соблюдаются основные принципы в соответствии с ФЗ «О сельскохозяйственной кооперации», в частности, добровольность членства, голосование по принципу один член-один голос, ограничения участия лиц, не являющихся его членами и пр.	предусматривают избирательность при вхождении в кооператив для обеспечения однородности членства и интересов членов кооператива, голосование не всегда осуществляется по принципу один член-один голос
Управление	преимущественно председателем кооператива, который является его членом	профессиональными (нанятыми) менеджерами
Ответственность по обязательствам кооператива	субсидиарная	размер ответственности и последствия для участников отражаются в действующем уставе кооператива (в большинстве случаев — ограничивается размером вклада)
Возможность привлекать инвестиции	через действующих членов кооператива	дочерние предприятия, холдинговые компании, совместные предприятия
Права собственности	члены кооператива владеют его имуществом	через ценные бумаги возможна индивидуальная собственность помимо кооперативной, собственниками могут быть также внешние инвесторы
Перспективы развития	ограничены местными и региональными границами	региональные, межрегиональные, национальные и международные

Составлено автором с использованием [7, 10, 12, 13]

соответствующего законодательства о сельскохозяйственной кооперации, государственной поддержки кооперативов, центров компетенций и пр. необходимых элементов развития, возникает вопрос какие факторы ограничивают расширение деятельности кооперативов, и какая организационная модель будет являться оптимальной для повышения значимости кооперации в сельскохозяйственном производстве.

В настоящее время возможно выделить кооперативы, которые формируются на основе традиционной модели и новые модели, основные их характеристики представлены в таблице 5.

Представленные основные характеристика традиционной и современной моделей кооперативов показывают их диаметрально противоположные принципы, специфику управления, что несомненно проявляется в их производственно-финансовой деятельности. Традиционные кооперативы должны соответствовать основным положениям законодательства, при выполнении соответствующих условий имеют возможность получить государственную поддержку, как правило, создаются с использованием административных ресурсов. Как показывает практика их деятельности, среди них также отмечаются успешные примеры, но в большей степени они ориентированы на достижение краткосрочных задач, льготные условия деятельности, поддержку местных и региональных органов власти. Их уровень конкурентоспособности и соответственно рыночная сила, как правило создается искусственно и требует административного рычага для поддержания жизнедеятельности. Новые модели кооперативов предусматривают самостоятельное формирование конкурентоспособности через сознательное использование преимуществ кооперации действующими членами кооператива, долгосрочное планирование,

жесткие условия по качеству продукции, срокам в договорах поставки продукции.

Выводы. Таким образом, при формировании и развитии специализированных высокотехнологичных зон по производству сельскохозяйственной продукции на базе кооперации необходимо оценить готовность малых форм хозяйствования к кооперированию. На данном после реформенном этапе развития сельского хозяйства и низком уровне рентабельности деятельности малых форм хозяйствования, несомненно, значимая роль будет отводиться государству и его приоритетам в видении перспектив развития отрасли. Поэтому традиционная модель кооператива на краткосрочную перспективу является обоснованной, долгосрочные планы развития кооперации в отрасли потребуют новых горизонтов, а потому и новых принципов. В связи с этим, считаем целесообразным рассматривать новые модели кооперативов как весьма перспективное направление развития отрасли при формировании специализированных высокотехнологичных зон по производству сельскохозяйственной продукции.

Список источников

1. Федеральный закон «О сельскохозяйственной кооперации» от 08.12.1995 № 193-ФЗ
2. Сельское хозяйство в России: Статистический сборник. / Росстат С. 29 М., 2021. 100 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа http://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf
3. Сельское хозяйство России. М.: Росинформагротех, 2022, с. 52
4. Сельскохозяйственная микроперепись 2021 года [Электронный ресурс]. Режим доступа SXMP_2021_predv_KFH_IP.pdf (rosstat.gov.ru)
5. Итоговый доклад о результатах деятельности Минсельхоза России за 2021 год [Электронный ресурс]. Режим доступа aed85b58433e872aa1848ad21ced148.pdf (mcx.gov.ru)

6. Агрессектор снова переписали. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.agroinvestor.ru/opinion/article/39713-agrosector-snova-perepisali-kakie-tendentsii-vyyavila-selskokhozyaystvennaya-mikroperepis/?ysclid=lg0qxi7rlq300935403>

7. Володина Н.Г., Головина С.Г. Эволюция кооперативных практик и экономическая теория кооперации. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2008. 248с.

8. Дешковская Н.С. Экономическая теория сельскохозяйственной кооперации: Учеб. пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. 304 с.

9. Моисеева О.А. Роль кооперации в пространственном развитии аграрного сектора России и стран ЕАЭС // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № с. 479-483.

10. Моисеева О.А. Новые формы кооперативов в аграрном секторе экономики как основа его пространственного развития // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2022. № 2. С. 85-90.

11. Морозов А.В. Презентация выступления президента РСО «Агроконтроль» на десятом Всероссийском съезде сельскохозяйственных кооперативов [Электронный ресурс].

12. Нилссон Й., Неганов С.А. Аграрная кооперация в России: проблемы выбора организационной модели // Экономика региона. 2008. № 3. с. 199-207.

13. Папцов А.Г. Сельскохозяйственная кооперация за рубежом: исторические аспекты формирования и тенденции развития: монография. М: Сам Полиграфист». 2021. 484 с.

14. Чайнов А.В. Основные идеи и формы организации сельскохозяйственной кооперации. М.: Наука, 1991, 456 с.

References

1. Federal'nyi zakon «O sel'skokhozyaystvennoi kooperatsii» 08.12.1995 N 193-FZ [Elektronnyi resurs] http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8572/
2. Sel'skoe khozyaistvo v Rossii: Statisticheskii sbornik. Moscow, 2021, 100 p. [Elektronnyi resurs] http://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf
3. Sel'skoe khozyaistvo Rossii. Moscow: Rosinformagrotekh, 2022, 52 p.
4. Sel'skokhozyaystvennaya mikroperepis' 2021 goda [Elektronnyi resurs] SXMP_2021_predv_KFH_IP.pdf (rosstat.gov.ru)
5. Itogovyi doklad o rezul'tatakh deyatel'nosti Minsel'khoza Rossii za 2021 god [Elektronnyi resurs] aed85b58433e872aa1848ad21ced148.pdf (mcx.gov.ru)
6. Agrosector snova perepisali [Elektronnyi resurs] <http://www.agroinvestor.ru/opinion/article/39713-agrosector-snova-perepisali-kakie-tendentsii-vyyavila-selskokhozyaystvennaya-mikroperepis/?ysclid=lg0qxi7rlq300935403>
7. Volodina N.G., Golovina S.G. (2008). *Ehvolutsiya kooperativnykh praktik i ehkonomicheskaya teoriya kooperatsii*, Moscow: RGAU-MSKHA, 248p.
8. Deshkovskaya N.S. (2006). *Ehkonomicheskaya teoriya sel'skokhozyaystvennoi kooperatsii: Ucheb. posobie*, Tomsk: Tom. un-ta, 2006. — 304 s.
9. Moiseeva O.A. (2022). *Rol' kooperatsii v prostranstvennom razvitiy agrarnogo sektora Rossii i stran EAEHS. Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaystvennyi zhurnal*, no. 5, pp. 479-483.
10. Moiseeva O.A. (2022). *Novye formy kooperativov v agrarnom sektore ehkonomiki kak osnova ego prostranstvennogo razvitiya. Ehkonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii*, no. 1, pp. 85-90.
11. Morozov A.V. *Prezentatsiya vystupleniya prezidenta RSO «Agrokontrol'» na desyatom Vserossiiskom s'ezde sel'skokhozyaystvennykh kooperativov* [Elektronnyi resurs].
12. Nilsson I., Neganov S.A. (2008). *Agramaya kooperatsiya v Rossii: problemy vybora organizatsionnoi modeli. Ehkonomika regiona*, no. 3, pp. 199-207.
13. Paptsov A.G. (2021). *Sel'skokhozyaystvennaya kooperatsiya za rubezhom: istoricheskie aspekty formirovaniya i tendentsii razvitiya: monografiya*, Moscow: sam poligrafist, 484 p.
14. Chayanov A.V. (1991). *Osnovnye idei i formy organizatsii sel'skokhozyaystvennoi kooperatsii*, Moscow: Nauka, 456 p.

Информация об авторе:

Моисеева Ольга Александровна, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела систем управления, интеграции и кооперации в АПК, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2080-6370>, moiseevaolga2015@mail.ru

Information about the author:

Olga A. Moiseeva, candidate of economic sciences, associate professor, Leading Scientific Researcher of department of management systems, integration and cooperation in the agro-industrial complex, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2080-6370>, moiseevaolga2015@mail.ru



Научная статья

УДК 339.7+336.7+338.43

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_479

ЦИФРОВАЯ ЭКОСИСТЕМА АГРОСЕКТОРА: АРХИТЕКТУРА, ЗЕРНОВЫЕ ТОКЕНЫ, СТАРТАПЫ (КОНТЕКСТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРИОРИТЕТА И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ)

В.Н. Володина¹, И.В. Лукашенко², О.С. Рудакова²¹Фининформсервис НИКА, Москва, Россия²Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

Аннотация. В данной статье подробно рассмотрены проблемы цифровизации агросектора мировой экономики на основе экосистемного подхода в контексте устойчивого развития, приведена модель архитектуры агроэкоэкологии, ее элементы, финансовое взаимодействие, применение таких креативных крипто решений, как зерновые агротокены. Показано внедрение финансовых технологий в агроэкоэкологическую систему, линейки технологических решений, таких как блокчейн, цифровые инструменты. На основе анализа показателей, характеризующих роль агросектора в мировой экономике, приведена динамика его развития. Перечислены наиболее значимые агростартапы различных стран и направления их сельскохозяйственной деятельности. Наряду с примерами зарубежного опыта цифровизации сельского хозяйства и функционирования агроэкоэкологии, авторы остановились на российском опыте создания Россельхозбанком собственной экосистемы и сопутствующих сервисов. В статье отмечены причины, по которым цифровые агроэкоэкологии становятся актуальными в наши дни: сельское хозяйство является стратегическим сектором мировой экономики по таким аспектам, как обеспечение продовольственных потребностей населения мира, содействие доходам экономики каждой страны, агросектор представляет собой важный фактор занятости населения, удовлетворяет потребности промышленного сектора в сырье, преобразуется в лидирующую статью экспорта страны. Авторы делают вывод, что токенизация зерновых активов, цифровые банковские операции для сельских предприятий, цифровые агроэкоэкологии в целом, способны повысить эффективность отрасли, увеличить ликвидность сельскохозяйственной продукции, привлечь в сельское хозяйство капитал, соответствующий условиям для его высокотехнологичного развития и повышения маржинальности.

Ключевые слова: устойчивое развитие, цифровизация агросектора мировой экономики, экосистемы, факторы роста агросектора, агроэкоэкология, сельскохозяйственные стартапы

Original article

DIGITAL ECOSYSTEM OF THE AGRICULTURAL SECTOR: ARCHITECTURE, GRAIN TOKENS, STARTUPS (CONTEXT OF FUNCTIONAL PRIORITY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT)

V.N. Volodina¹, I.V. Lukashenko², O.S. Rudakova²¹Fininformservice NIKA, Moscow, Russia²Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

Abstract. This article discusses in detail the problems of digitalization in the agricultural sector of the world economy based on the ecosystem approach in the context of sustainable development, provides a model of the agroecosystem architecture, its elements, financial interaction, the use of such creative crypto solutions as grain agrotokens. The introduction of financial technologies into the agroecosystem, the line of technological solutions such as blockchain, digital tools is shown. Based on the analysis of indicators characterizing the role of agricultural sector in the global economy, the dynamics of its development is given. The most significant agricultural startup of various countries and the directions of their agricultural activities are listed. Along with examples of foreign experience in the digitalization of agriculture and the functioning of agroecosystems, the authors focused on the Russian experience of creating their own ecosystem and related services by Rosselkhozbank. The article notes the reasons why digital agroecosystems are becoming relevant today: agriculture is a strategic sector of the world economy in such aspects as ensuring the food needs of the world's population, contributing to the income of the economy of each country, the agricultural sector is an important factor in employment, satisfies the needs of industrial sector in raw materials, is transformed into the country's leading export item. The authors conclude that the tokenization of grain assets, digital banking operations for rural enterprises, and digital agroecosystems in general can increase the efficiency of the industry, increase the liquidity of agricultural products, attract capital to agriculture, and, accordingly, create conditions for its high-tech development and increase marginality.

Keywords: sustainable development, digitalization of the agricultural sector of the world economy, ecosystems, growth factors of the agricultural sector, agroecosystem, agricultural start-ups

Введение. В статье сконцентрировано внимание на цифровых экосистемах аграрного сегмента как важного элемента устойчивого развития. Сельскохозяйственная отрасль всегда была ключевым звеном реальной экономики, но в свете последних событий, связанных с протекционистской политикой западных держав по отношению к своим союзникам и рестрикционной политикой — к остальному миру, аграрное хозяйство приобрело стратегическое значение.

Особенно следует отметить, что сельское хозяйство составляет жизненную основу не только развивающихся стран, но и продвинутых экономик, выступая в качестве источника продовольственной безопасности, обеспечивая доход и средства к существованию для множества

крупных и мелких фермерских хозяйств, которых насчитывается более 500 млн по всему миру.

Мелкие фермеры сталкиваются с многочисленными проблемами, которые серьезно ограничивают их сельскохозяйственную производительность и потенциальный доход, включая ограниченную информацию о надлежащих агрономических методах, недостаточный доступ к кредитам и ресурсам, к логистическим и транспортным услугам. Уровень планирования и управления рисками, степень и темпы распространения болезней и вредителей сельскохозяйственных культур нуждаются в улучшении с точки зрения применения технологических решений, основанных в том числе и на

одноранговых сетях (сети, построенные на платформе блокчейна) [1].

Цель исследования заключается в рассмотрении архитектуры агросектора, факторов и тенденций процесса ее цифровой трансформации в целях устойчивого развития. Для достижения цели решены следующие задачи:

- проведена оценка подходов стран к внедрению цифровых технологий в агропромышленный комплекс;
- изучены механизмы имплементации одноранговых криптоплатформ в производственно-сбытовые цепочки фермерских хозяйств в мире и России;
- описана обобщенная модель цифровой агроэкоэкологии.



Объектом исследования выступает экосистема агросектора и ее архитектура. **Предметом** исследования является процесс цифровизации агросектора. **Методологической базой** исследования являются методы статистического, технологического и логического анализа, метод сравнения.

Результаты исследования. В контексте отраслевой цифровизации можно выделить общие подходы разных стран к технологическим инновациям. В частности, в России продекларировано применение экосистемного подхода: в своем выступлении «Новые технологические тренды и модели эффективного менеджмента» еще в 2017 г. председатель правления ПАО Сбербанк России Герман Греф утверждал: «В мире зарождается экономика экосистем, в основе которой лежит принцип удовлетворения широкого спектра конечных потребностей клиентов через «единое окно взаимодействия» [2].

В этом же выступлении им было дано определение экосистемы как «сети организаций, создающейся вокруг платформы и пользующейся ее услугами по формированию лучших предложений клиентам и доступа к ним». Следуя его логике, концепция построения цепочки создания стоимости под влиянием определенных факторов в настоящее время преобразуется и с определенного момента начинает включать в себя некое агрегирующее ядро, влияющее на взаимоотношения элементов, последовательности действий от создания продукта до его получения конечным потребителем. Герман Греф назвал это ядро «дирижером экосистемы», акцентируя таким образом его лидирующую роль в указанных экономических процессах [2].

Решающими импульсами построения подобных бизнес-экосистем можно считать три фактора: социальный, технологический и предпринимательский.

Под социальным фактором понимаются растущие запросы и предпочтения потребителей в купе с комплексом мер по сбалансированности и устойчивости развития общества, в том числе и в аспекте содействия устойчивому развитию сельского хозяйства.

Под технологическим фактором имеется в виду настоящий инновационный «цунами» информационных технологий, в корне меняющих практику ведения и управления предприятием.

Предпринимательский фактор развития бизнес-экосистем подразумевает использование таких неотъемлемых характеристик, в особенности присущих малым и средним предприятиям, как мобильность, гибкость, постоянный поиск более рациональных решений и инновационных способов ведения дел в условиях ограниченных финансовых, человеческих и других видов ресурсов.

В триаде перечисленных факторов важную роль играет технологический показатель. Недаром в отчете консалтинговой компании McKinsey «Ecosystem 2.0: Climbing to the next level» от 2020 г. указано, что из семи компаний — мировых лидеров финансового рынка по капитализации — шесть создали и следуют философии экосистем с опорой на информационные технологии. Это Apple, Microsoft, Amazon, Alphabet, Facebook и Alibaba [3].

В основании ядра их экосистем лежат инновационные информационно-технологические платформы, использующие передачу данных в реальном времени, облачные технологии, машинное обучение, большие данные,

программное обеспечение с открытым исходным кодом, так называемый Open API — интерфейс для передачи данных между разными системами и другие информационно-технологические решения, стремительно завоевывающие позиции в операционном менеджменте и управленческих процессах на предприятиях различных отраслей как в развитых, так и в развивающихся экономиках мира [4].

Следующим шагом в цифровой революции для сельскохозяйственного сектора становятся цифровые агроэкосистемы.

Цифровое сельское хозяйство может помочь мелким фермерам преодолеть вышеперечисленные проблемы, повысив их производительность и интеграцию в продовольственные производственно-сбытовые цепочки.

Внедрение крипторешений в агропромышленный сектор призвано создать в нем интегрированные платформы, нацеленные на помощь фермерам в управлении линии поставок или получении доступа к финансовым услугам.

Указанные решения обычно состоят из элементов цифровой структуры, включающей данные в виде множеств и таблиц, возможные операции в виде алгоритмов и схем агрономического руководства, уровней интеграции между элементами, аналитики и уровня, ориентированного на пользователя (включая приложения и инструменты). Все это построено на базе надежной цифровой инфраструктуры, разработанного соответствующего государственного регулирования, функционирующих сельскохозяйственных рынков и имеющихся в наличии или потенциальных ресурсов человеческого капитала.

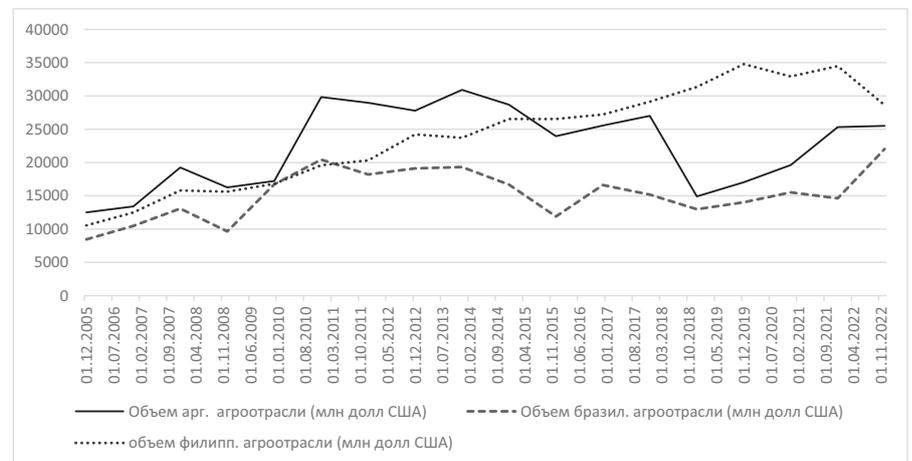
Так в странах, чья аграрная отрасль играет решающую роль в собственной экономике и чей объем производимого зерна значим в мировом или региональном масштабе, выпускаются агротокены — криптоактивы, обеспеченные соответствующей сельскохозяйственной продукцией: пшеницей, соей, кукурузой. Такая практика развивается в Аргентине, Бразилии, на Филиппинах. История подобной торговли еще невелика, поэтому констатировать большие достижения пока рано. Тем не менее динамика, демонстрируемая объемом сельского хозяйства указанных стран (рис. 1), внушает сдержанный оптимизм в отношении развивающихся новых форм ведения бизнеса и внедрения цифровой архитектуры агроэкосистем.

Анализируя динамику роста сельского хозяйства, интересно заметить, что за рассматриваемый период обе латиноамериканские страны прибавили в одном и том же диапазоне — 13 млрд долл. США. Что же касается Филиппин, то прирост объема ее агроотрасли превысил 18 млрд долл. США. Ниже будет показано, что тихоокеанская страна создает серьезную и целостную архитектуру цифровой экосистемы зерновой отрасли.

Большинство криптоактивов, обеспеченных наиболее востребованными в мире зерновыми культурами с присвоенными им криптоидентификаторами: SOYA, CORA, WHEA, SOYB, CORB, Agri Token — начали торговаться не ранее 2021 г., поэтому представляет интерес характер динамики роста сельскохозяйственной отрасли в сравнении с динамикой валового внутреннего продукта соответствующих стран за период с последнего квартала 2021 г. по первый квартал 2023 г., как показано в таблице 1. Что касается соевого токена SOYA, то это первая в мире криптовалюта с зерновым покрытием, которая, торгуясь на цифровой платформе, позволяет приобретать агроактивы, обеспеченные соей цифровым способом, через блокчейн. Ожидаемый результат этой токенизации видится положительным. Структуру участников и их функции в экосистеме агротокенов можно обрисовать следующим образом:

- производители могут конвертировать собственное зерно в цифровые активы, чтобы быстро и безопасно обменять их на товары и услуги;
- магазины принимают агротокены в обмен на товары или услуги;
- участники токенизации собственного зерна, а также пользователи платформы, создают потенциальную аудиторию;
- инвесторы, которые работают с криптоактивами, могут приобретать агротокены на основных биржах.

Вырисовывается возможность инвестирования в сою с помощью соответствующего агротокена в мировом охвате, используя доступную, децентрализованную технологию [6]. Если учитывать тот факт, что Бразилия и Аргентина, наряду с Уругваем и Парагваем, производят более 60% всемирного производства сои и первым двум странам принадлежит здесь ведущая роль, то становится понятен интерес, проявляемый их сельхозпроизводителями к цифровым



Источник: [5].

Рисунок 1. Динамика объема сельскохозяйственных отраслей Аргентины, Бразилии и Филиппин
Figure 1. Volume dynamics for the agricultural industries in Argentina, Brazil and the Philippines



Таблица 1. Поквартальный рост агропромышленного сектора Аргентины, Бразилии и Филиппин в сравнении с динамикой квартального ВВП
Table 1. Quarterly growth of the agro-industrial sector in Argentina, Brazil and the Philippines compared to the dynamics of quarterly GDP

Страна / источник статистических данных	Кв. 4 2022 г.	Кв. 3 2022 г.	Кв. 2 2022 г.	Кв. 1 2022 г.	Кв. 4 2021 г.
Аргентина / Национальный институт статистики и переписей Аргентины					
Валовой внутренний продукт (млн аргентинских песо)	103347504,90	88714530,80	78305709,43	60233214,28	54415560,49
Сельское хозяйство, животноводство, охота и лесное хозяйство	4517725,2	4272820,5	3131555,3	3542691,1	2600889,4
Бразилия / Бразильский институт географии и статистики					
Валовой внутренний продукт (млн бразильских реалов)	2250297	2201585	2138856	1978157	1949574
Сельское хозяйство	116479	161537	194820	202713	81423
Филиппины / Статистическое управление Филиппин					
Валовой внутренний продукт (млн филиппинских песо)	5151946,9	5030041,1	4869085,1	4885788,2	4808300,0
Сельское хозяйство	499949,5	580203,4	433482,7	453932,5	486726,0

Источники: [7-9].

технологиям и построенным на их основе агро-экосистемам, оптимизирующим цепочки поставок и облегчающим финансирование отрасли.

Один обобщенно называемый агротокен, как правило, равен одной тонне зерна, заявленного в его обеспечении. Его ценообразование также находится в привязке к цене соевых бобов, кукурузы или пшеницы соответственно. На бирже могут проводиться не только коммерческие (с физической поставкой), но и финансовые транзакции (на ценовую разницу). Создатели биржевой токенизированной инфраструктуры утверждают, что с использованием технологии блокчейн торговля зерном становится более эффективной и надежной, поскольку является прозрачной, благодаря сетевому регистратору. Децентрализация снижает транзакционные расходы. А еще использовать зерновые токены финансово комфортно. Это — немаловажный аргумент в пользу развития токенизированной торговли и развития инфраструктуры для цифровых зерновых активов и соответствующих цифровых агроэкосистем. В данных условиях фермеру или сельхоз-предприятию нужно токенизировать (оцифровать) собственную зерновую продукцию, что при существовании соответствующей инфраструктуры можно сделать онлайн, получить соответствующее количество зерновых токенов на свой электронный счет/электронный кошелек и распорядиться ими, используя ноутбук или мобильное приложение личного смартфона, или завести специализированную банковскую карту, даже брать займы под обеспечение имеющимися агротокенами или использовать иные оцифрованные банковские продукты. Модель цифровой агро-экосистемы для реализации токенизированной сельскохозяйственной производственно-сбытовой цепочки представлена на рисунке 2.

На рисунке 2 показаны основные элементы агроэкосистемы: фермерское хозяйство или сельскохозяйственное предприятие; принадлежащий ему электронный кошелек; кредитная организация, выполняющая цифровые банковские операции; две биржи, одна из которых криптовалютная, производящая обмен фиатной валюты в виртуальную и обратно и проводящая криптовалютные транзакции, вторая — это электронная торговая площадка, торгующая, с одной стороны, сельскохозяйственными ресурсами, а с другой — фермерской продукцией; регулятор, в роли которого может выступать министерство сельского хозяйства или иной специализированный институт; объединяющим звеном всей представленной экосистемы — «дирижером» агроэкосистемы служит компания-агрегатор.

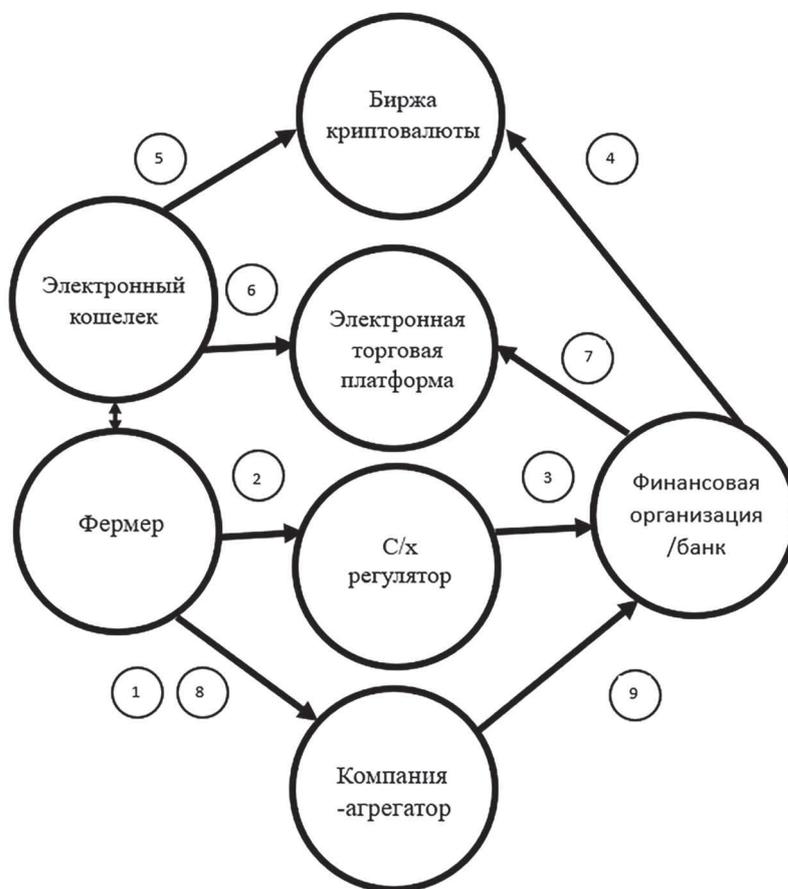
Цифрами отмечен порядок взаимодействия между всеми звеньями структуры, показанной на рисунке 2.

Поэлементный анализ указанной экосистемной архитектуры можно представить следующим образом:

- под цифрой 1 или шагом 1 подразумевается процесс подписания контракта между фермером (или малым сельскохозяйственным предприятием) и компанией-агрегатором цифровых услуг;
- далее фермер заводит себе электронный кошелек и обращается за ссудой в банк/кредитную организацию (шаг 2);
- в процессе этого обращения его деятельность проверяется соответствующим сель-

скохозяйственным регулятором, будь то министерство сельского хозяйства или специальный выделенный государственный орган, после одобрения которого его обращение поступает в банк (шаг 3);

- банк, предварительно оценив качество и количество зерна в обеспечении, а также условия его хранения на оговоренный в кредитном контракте срок, не передает фермеру деньги напрямую, а обращается к агрокриптовалютной бирже (шаг 4);
- криптовалютная биржа генерирует одобренное кредитной организацией количество агротокенов, обеспеченное зерновой продукцией фермера по оговоренной в контракте цене (шаг 5);



Источник: Построено авторами на базе данных [10].

Рисунок 2. Взаимодействие элементов в цифровой агроэкосистеме
Figure 2. Interaction of elements in a digital agroecosystem





Таблица 2. Примеры успешных агротехнических стартапов разных стран
Table 2. Examples of successful agrotechnical start-ups from different countries

Характеристика	Название стартапа			
Проект	The Crop Project (проект Урожай)	DeHaat (ДеХаат)	Wefarm (Вефарм)	Augmenta (Аугмента)
Год основания	2020	2012	2015	2016
Местонахождение	Бруклин, США	Бихар, Индия	Лондон, Великобритания	Афины, Греция
Вид финансирования	1,5 млн долл. посевного финансирования	254,3 млн долл. Серия Е венчурного финансирования	32 млн долл. Серия А венчурного финансирования	11,2 млн долл. Серия А венчурного финансирования
Вид деятельности	Разведение и сбор ламинарии, улавливание углерода, снижение закисления океана	Агрегатор на цифровой платформе DeHaat	Агрегатор — Платформа для фермеров-индивидуалов	Аналитика, мониторинг сельскохозяйственных угодий и техники (компьютерное зрение)
Рост за предыдущие 5 лет	266%	650%	100%	56%
Характер роста	Взрывной	Взрывной	Размеренный	Размеренный

Источник: [11].

- за выделенные агротокены фермер на электронной торговой платформе покупает необходимое ему оборудование, сырье, инвентарь, иные, необходимые ему сельскохозяйственные ресурсы (шаг 6);
- впоследствии агротокены электронной торговой платформой могут быть обменены в банке (через криптовалютную биржу) на фиатную валюту государства или, может быть, любую другую валюту зарубежного инвестора, покупающего сельскохозяйственную продукцию на этой электронной площадке (шаг 7);
- в определенный криптодоговором срок фермер поставяет свою продукцию в залоговом объеме фирме-агрегатору (шаг 8);
- компания-агрегатор, которая играет роль «дирижера» экосистемы, в свою очередь расплачивается с банком (шаг 9).

Сельское хозяйство постепенно трансформируется из стратегической в инновационную высокотехнологичную отрасль, составляющую основу развития страновой экономики и являющейся гарантом ее суверенитета.

Такие технологии как блокчейн, искусственный интеллект и компьютерное зрение используются в сельском хозяйстве для повышения урожайности, оптимизации цепочек поставок и устойчивости развития. Благодаря своему потенциалу общий объем инвестиций в агротехсектор за 2021 г. достиг 10,5 млрд долл. Ожидается, что к 2025 г. рыночная стоимость мировой агротех-индустрии превысит отметку в 22,5 млрд долл. [3, 16].

По мере того, как новые технологии продолжают интегрироваться в сельское хозяйство, по всему миру растет число агротехнологических стартапов, четыре из которых приведены в таблице 2.

Россия продвинулась в вопросе цифровизации агробизнеса достаточно далеко. Создана экосистема, которая в состоянии поддерживать замкнутый цикл.

Среди причин, побудивших представителей сельского хозяйства нашей страны обратиться к цифровым технологиям и новой философии ведения агробизнеса, помимо желания следовать всемирному тренду, можно назвать улучшение динамики зерновой экспортной выручки. Статистика показывает, что за последние 10 лет Россия упрочила свои экспортные позиции и вышла на первое место по объему продаж пшеницы, оставив позади таких признанных экспортеров зерна, как ЕС, США, Канада, Украина, Аргентина. В 2014 г. экспортный доход от продажи зерновых (18,9 млрд долл. США) впервые превзошел доход от экспорта оружейных товаров (13,2 млрд долл. США). Но при этом эффективность торговли в России в 2014 г. была на 30% ниже. В то время как пшеница США стоила 335 долларов США за тонну, отечественное зерно торговалось по 232 долл. США за тонну. Понятно, что на получение такого результата были и политические причины, но задачу повышения экспортной эффективности нужно было решать [12, 13].

Тогда Россельхозбанк разрабатывает цифровую экосистему «Свое», структура которой представлена на рисунке 3.

В целом нужно сказать, что Российская Федерация в настоящее время входит в первые 10 стран мира по показателям цифровизации. Упомянутая выше экосистема «Свое» насчитывает 1 млн пользователей. Россельхозбанк начинает внедрять цифровые сервисы, делая акцент на внимание к нуждам и интересам малых и средних агрохозяйств, фермеров, их производственным и сбытовым цепочкам.

Своей целью проект ставит увеличение производительности агроотрасли в 2 раза [14], но в данный момент только крупные агрохолдинги могут позволить создание собственных цифровых экосистем. Задача Россельхозбанка — сделать цифровую экосистему доступной малому и среднему сельскохозяйственному бизнесу.

Его проект «Цифровое сельское хозяйство» в блоке «Бизнес-сервисы» создал платформу для приобретения фермерами сельскохозяйственных ресурсов, дистанционных консультаций с необходимыми службами, дорогостоящими для содержания в личном штате, наем сезонных рабочих и др. Сюда же отнесем «Навигатор госуслуг», призванный помогать фермеру сориентироваться в видах господдержки [17].

Блок «Агросервисы» призван упростить логистические цепочки и сбыв, избавляя обе стороны торговли от существенной доли затрат на посредников во многом за счет цифровизации взаимодействия. Архитектура цифровой платформы располагает товары и производителей по категориям, что повышает удобство поиска для потребителя, расширяя таким образом количество клиентов. Вообще цепочка поставок — это одно из самых уязвимых мест для производителей сельхозпродукции. Применение решений на основе блокчейна способно с силу своей прозрачности и фиксируемости снизить ножницы цен между производителем и посредником, а также повысить производственную мотивацию фермера.

«Онлайн-бухгалтерия» является одной из самых востребованных услуг аутсорсинга для небольшого сельхозпредприятия, реальной экономией на оплате содержания штатного бухгалтера.

Блок «Образовательные ресурсы», включающий в себя такие сервисы, как «Обучение», «Школа Фермера» объединяет усилия профильных вузов, заявки практиков и адаптируется к потребностям конкретного региона.

Цифровые банковские услуги призваны решать финансовые проблемы и потребности агропредприятий. В ведении указанного блока дистанционное кредитование, дистанционное



Источник: [14].

Рисунок 3. Элементы цифровой экосистемы «Свое», модели, разработанной Россельхозбанком
Figure 3. Elements of the digital ecosystem "Svoe", a model developed by the Russian Agricultural Bank



оформление льгот и страховок. Финансовый блок расширяется по мере развития технологических возможностей и развития экосистемы «Свое» в целом. Однако нужно учитывать возникающие киберугрозы [18, 19, 20].

Аналитические итоги. Растущая потребность мира в сельском хозяйстве и сельскохозяйственной продукции быстро увеличивает экономическую мощь отрасли. Одновременно страх голода является причиной политических разногласий и войн. Основным выводом можно считать то, что возрастающая роль агросектора в мировой экономике принципиально трансформируется за счет применения цифровых технологий и вписывается в парадигму экосистемного варианта организации его функционирования. Данные тенденции определяют возрастающее значение научного анализа перспективных моделей архитектуры агросистем, способных значительно поднять технологический и социально-экономический уровень сельского хозяйства как отрасли национального-стратегического значения. Примером деструктивного характера внешних шоков стали санкции против РФ в области сдерживания агросектора. Однако цифровое страновое взаимодействие в виде платформ на основе блокчейна становится финансовым инструментальным решением «вне границ» в недалекой перспективе.

Список источников

1. Генкин А., Михеев А. Блокчейн для всех: как работают криптовалюты, BaaS, NFT, DeFi и другие новые финансовые технологии. М.: Альпина Паблишер, 2023. 588 с.
2. Герман Грег: «Новые технологические тренды и модели эффективного менеджмента», 2017. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7FCQ3tUKRW> (дата обращения: 30.04.2023).
3. «Ecosystem 2.0: Climbing to the next level». McKinsey report 2020. Available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/ecosystem-2-point-0-climbing-to-the-next-level> (accessed: 02.05.2023).
4. Лукашенко И.В., Глебова А.Г., Ивановская Ж.В. Обзор состояния децентрализованных цифровых валют и анализ биржевого криптосектора // Банковские услуги. 2021. № 11. С. 15-24. doi: 10.36992/2075-1915_2021_11_15
5. Tokenize your grains and pay anything you want. *Agrotoken*. Available at: <https://agrotoken.com/en/> (accessed: 02.05.2023).
6. *Agrotoken-quer-tokenizar-5-da-producao-agricola-mundial*. Available at: <https://criptoeconomia.com.br/agrotoken-quer-tokenizar-5-da-producao-agricola-mundial/> (accessed: 02.05.2023).
7. National Institute of Statistics and Census of Argentina (Instituto Nacional de Estadística y Censos — INDEC Argentina). Available at: <https://indec.gob.ar> (accessed: 30.04.2023).
8. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. Available at: <https://ibge.gov.br/> (accessed: 30.04.2023).

Информация об авторах:

Володина Валерия Николаевна, генеральный директор ООО «Фининформсервис НИКА», nikainform@mail.ru

Лукашенко Инна Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, доцент Департамента мировых финансов, руководитель Международной финансовой лаборатории, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7235-1139>, ivlukashenko@fa.ru

Рудакова Ольга Степановна, доктор экономических наук, профессор, профессор Департамента банковского дела и монетарного регулирования, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5164-0628>, osrudakova@fa.ru

Information about the authors:

Valeria N. Volodina, general director of OOO Fininformservice NIKA, nikainform@mail.ru

Inna V. Lukashenko, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the Department of world finance, head of the International financial laboratory, Financial University under the Government of the Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7235-1139>, ivlukashenko@fa.ru

Olga S. Rudakova, doctor of economic sciences, professor, professor of the Department of banking and monetary regulation, Financial University under the Government of the Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5164-0628>, osrudakova@fa.ru

9. Philippine Statistics Authority. Available at: <https://psa.gov.ph/> (accessed: 30.04.2023).

10. Agri Token Philippines. URL: <https://agritoken.com.ph/> (Дата обращения 30.04.2023).

11. 20 Agtech Startups On The Rise In 2023. Available at: <https://explodingtopics.com/blog/agtech-startups> (accessed: 02.05.2023).

12. Мировой рынок пшеницы: крупнейшие поставщики и покупатели // Агентство РИА-новости. URL: <https://ria.ru/20220607/pshenitsa-1793671039.html> (дата обращения: 02.05.2023).

13. Эксперты считают, что цены на хлеб вырастут меньше, чем на зерно // ИА Красная Весна. URL: <https://rossaprimavera.ru/news/3a5c4a42> (дата обращения: 02.05.2023).

14. Ведомственный проект Цифровое сельское хозяйство. URL: <https://mcx.gov.ru/> (дата обращения: 02.05.2023).

15. Дрейпер Т. Криптовалюты трансформируют финансы и коммерцию // Инвест-Форсайт, 2021. URL: <https://www.if24.ru/tim-drejper-kriptovalyuty-nft/> (дата обращения: 30.04.2023).

16. Gartner B. Blockchain will deliver \$3.1 trillion Dollars in Value by 2030 // ConsenSys.2019. URL: <https://media.consensys.net/gartner-blockchain-will-deliver-3-1-trillion-dollars-in-value-by-2030-d32b79c4c560> (Дата обращения 02.05.2023).

17. Анненская Н.Е. Цифровизация и перспективы совмещения различных видов деятельности на финансовом рынке // Финансы, деньги, инвестиции. 2021. № 4. С. 16-21. doi: 10.36992/2222-0917_2021_4_16

18. Морозова О.А. Киберугрозы цифровых платформ: основные риски, факты и тренды // Сберегательное дело за рубежом. 2021. № 2. С. 29-38. doi: 10.36992/75692_2021_2_29

19. Абрамова М.А., Дубова С.Е. Турбулентность угроз финансовой стабильности в новых реалиях развития денежной и платежной систем // Банковские услуги. 2022. № 7. С. 9-18. doi: 10.36992/2075-1915_2022_7_9

20. Панова Г.С. Риски инвестирования в криптовалюты // Банковские услуги. 2022. № 7. С. 19-24. doi: 10.36992/2075-1915_2022_7_19

References

1. Genkin, A., Mikheev, A. (2023). *Blokchein dlya vseh: kak rabotayut kriptovalyuty, BaaS, NFT, DeFi i drugie novye finansovye tekhnologii* [Blockchain for all: how cryptocurrencies, BaaS, NFTs, DeFi, and other new financial technologies work]. Moscow, Al'pina Publisher Publ., 588 p.
2. German Greg: «Novye tekhnologicheskie trendy i modeli ehffektivnogo menedzhmenta» [New technological trends and models of effective management], 2017. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=7FCQ3tUKRW> (accessed: 30.04.2023).
3. «Ecosystem 2.0: Climbing to the next level». McKinsey report 2020. Available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/ecosystem-2-point-0-climbing-to-the-next-level> (accessed: 02.05.2023).
4. Lukashenko, I.V., Glebova, A.G., Ivanovskaya, Zh.V. (2021). *Obzor sostoyaniya detsentralizovannykh tsifrovyykh valyut i analiz birzhevogo kriptosektora* [Review of the state of decentralized digital currencies and analysis of the exchange crypto sector]. *Bankovskie uslugi* [Banking services], no. 11, pp. 15-24. doi: 10.36992/2075-1915_2021_11_15

5. Tokenize your grains and pay anything you want. *Agrotoken*. Available at: <https://agrotoken.com/en/> (accessed: 02.05.2023).

6. *Agrotoken-quer-tokenizar-5-da-producao-agricola-mundial*. Available at: <https://criptoeconomia.com.br/agrotoken-quer-tokenizar-5-da-producao-agricola-mundial/> (accessed: 02.05.2023).

7. National Institute of Statistics and Census of Argentina (Instituto Nacional de Estadística y Censos — INDEC Argentina). Available at: <https://indec.gob.ar> (accessed: 30.04.2023).

8. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. Available at: <https://ibge.gov.br/> (accessed: 30.04.2023).

9. Philippine Statistics Authority. Available at: <https://psa.gov.ph/> (accessed: 30.04.2023).

10. Agri Token Philippines. Available at: <https://agritoken.com.ph/> (accessed: 30.04.2023).

11. 20 Agtech Startups On The Rise In 2023. Available at: <https://explodingtopics.com/blog/agtech-startups> (accessed: 02.05.2023).

12. Mirovoi rynek pshenitsy: krupneishie postavshchiki i pokupateli [World wheat market: the largest suppliers and buyers]. *RIA Agency-news*. Available at: <https://ria.ru/20220607/pshenitsa-1793671039.html> (accessed: 02.05.2023).

13. Ehksperytshitayut, chtotseny na khleb vyrastut men'she, chem na zerno [Experts believe that the price of bread will rise less than the price of grain]. *IA Red Spring*. Available at: <https://rossaprimavera.ru/news/3a5c4a42> (accessed: 02.05.2023).

14. Vedomstvennyi projekt Tsifrovoe sel'skoe khozyaistvo [Departmental project Digital Agriculture]. Available at: <https://mcx.gov.ru/> (accessed: 02.05.2023).

15. Dreiper, T. (2021). *Kriptovalyuty transformiruyut finansy i kommersiyu* [Cryptocurrencies transform finance and commerce]. *Invest-Foresight*. Available at: <https://www.if24.ru/tim-drejper-kriptovalyuty-nft/> (accessed: 30.04.2023).

16. Gartner, B. (2019). *Blockchain will deliver \$3.1 trillion Dollars in Value by 2030*. *ConsenSys*. Available at: <https://media.consensys.net/gartner-blockchain-will-deliver-3-1-trillion-dollars-in-value-by-2030-d32b79c4c560> (accessed: 02.05.2023).

17. Annenskaya, N.E. (2021). *Tsifrovizatsiya i perspektivy sovmeshcheniya razlichnykh vidov deyatel'nosti na finansovom rynke* [Digitalization and prospects for combining various types of activities in the financial market]. *Finansy, den'gi, investitsii* [Finances, money, investments], no. 4, pp. 16-21. doi: 10.36992/2222-0917_2021_4_16

18. Morozova, O.A. (2021). *Kiberugrozy tsifrovyykh platform: osnovnye riski, fakty i trendy* [Cyber threats of digital platforms: main risks, facts and trends]. *Sberagatel'noe delo za rubezhom* [Savings business abroad], no. 2, pp. 29-38. doi: 10.36992/75692_2021_2_29

19. Abramova, M.A., Dubova, S.E. (2022). *Turbulentnost' ugroz finansovoi stabil'nosti v novykh realiyakh razvitiya denezhnoi i platezhnoi sistem* [Turbulence of threats to financial stability in the new realities of the development of monetary and payment systems]. *Bankovskie uslugi* [Banking services], no. 7, pp. 9-18. doi: 10.36992/2075-1915_2022_7_9

20. Panova, G.S. (2022). *Riski investirovaniya v kriptovalyuty* [Risks of investing in cryptocurrencies]. *Bankovskie uslugi* [Banking services], no. 7, pp. 19-24. doi: 10.36992/2075-1915_2022_7_19





Научная статья

УДК 633.313:631.5:631.53.02(470.40/43)

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_484

АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

И.В. Епифанова

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

Аннотация. Исследования проводили в 2020-2022 гг. на опытном поле ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ». Материалом для исследований служили 10 сортообразцов люцерны ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ» и ТатНИИСХ. Научная новизна исследований заключается в изучении продуктивности, уровня стабильности и стрессоустойчивости новых сортообразцов люцерны. Цель работы — изучить адаптивные показатели по кормовой продуктивности люцерны в условиях лесостепи Среднего Поволжья. В год посева проводили фенологические наблюдения, подсчет густоты всходов и сохранности растений, оценку по кустистости, окраске, архитектонике, облиственности и интенсивности отрастания. Учет зеленой массы начали проводить с первого года пользования (2020 г.) в фазе бутонизации (2 укоса) поделочно. Доля влияния на признак «сбор сухого вещества» фактора «сортообразец» составляла 15,82%, доля влияния «условия возделывания» — 65,56%, что говорит об определяющем влиянии среды на величину данного признака. В результате исследований были определены три лучших сортообразца люцерны изменчивой: № 2, 4 и 5 (Урожайная 3, Индивидуальный отбор из Марусинской 425, ВИК № 27), имеющие максимальную продуктивность, стабильность и пластичность в условиях Пензенской области. Данные образцы обладали ценными признаками: низкий коэффициент вариации, высокая стрессоустойчивость, генетическая гибкость и показатель уровня стабильности сорта. Наибольший урожай зеленой массы и сбор сухого вещества — 42,29 т и 11,33 т/га (+8,5 и 10,3% к стандарту) сформировал сортообразец № 5 (ВИК № 27), имеющий высокий коэффициент адаптивности (1,06), уровень стабильности ПУСС (4,01), экологическую устойчивость сорта (6,67) и высокий коэффициент пластичности (1,12).

Ключевые слова: люцерна, сортообразец, кормовая продуктивность, коэффициент вариации, адаптивность, пластичность, стабильность

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания (FGSS-2022-0008) ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур».

Original article

AGROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF ALFALFA CHANGEABLE IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

I.V. Epifanova

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

Abstract. The research was carried out in 2020-2022 at the experimental field of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops — Separate division “Penza Research Institute of Agriculture”. The material for research was 10 varieties of alfalfa Federal Research Center for Bast Fiber Crops — Separate division “Penza Research Institute of Agriculture” and TatNIISH. The scientific novelty of the research lies in the study of productivity, the level of stability and stress resistance of new varieties of alfalfa. The purpose of the work is to study adaptive indicators of alfalfa feed productivity in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. In the year of sowing, phenological observations were carried out, the density of seedlings and the preservation of plants were calculated, bushiness, coloration, architectonics, leafiness and intensity of regrowth were evaluated. The accounting of the green mass began to be carried out from the first year of use (2020) in the budding phase (2 mowing) separately. The share of influence on the “collection of dry matter” attribute of the “varietal” factor was 15.82%, the share of influence of “cultivation conditions” was 65.56%, which indicates the determining influence of the environment on the magnitude of this attribute. As a result of the research, three best samples of variable alfalfa were identified: No. 2, 4 and 5 (Yield 3, Individual selection from Marusinskaya 425, VIC No.27), having maximum productivity, stability and plasticity in the conditions of the Penza region. These samples had valuable characteristics: low coefficient of variation, high stress resistance, genetic flexibility and an indicator of the level of stability of the variety. The highest yield of green mass and collection of dry matter — 42.29 t and 11.33 t/ha (+8.5 and 10.3% to the standard) formed the variety type No.5 (VIC No.27), which has a high coefficient of adaptability (1.06), the level of stability of the PUSS (4.01), ecological stability of the variety (6.67) and a high coefficient of plasticity (1.12).

Keywords: alfalfa, varietal, feed productivity, coefficient of variation, adaptability, plasticity, stability

Acknowledgments: the research was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the State Task (FGSS-2022-0008) of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops.

Введение. Люцерна является одной из наиболее ценных кормовых культур, способной во многих регионах России решать проблему устранения дефицита растительного белка в рационах животных из-за высокой экологической пластичности, долголетия, высокой урожайности и других ценных качеств [1, 2].

Получение генетически однородных биотипов в качестве исходных форм, с широкой

адаптацией и сочетанием высокого потенциала продуктивности с устойчивостью к влиянию окружающей среды является основной целью селекции люцерны [3]. Основным свойством адаптивности является стабильность под действием экологических факторов и способность к изменчивости признаков. По пластичности и стабильности урожайности судят об адаптивности к условиям среды. Взаимодействие

«генотип x среда» изучаемого генотипа определяется по стабильности и пластичности [4].

Научная новизна проведенных исследований заключается в изучении продуктивности, уровня стабильности и стрессоустойчивости новых сортообразцов люцерны.

Цель работы — изучить адаптивные показатели по кормовой продуктивности люцерны в условиях лесостепи Среднего Поволжья.



Методика исследований. Исследования проводили в 2020-2022 гг. на опытном поле ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ». Материалом для исследований служили 10 сортообразцов люцерны ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ» и ТатНИИСХ.

Схема опыта:

Фактор А — сорта люцерны: 1-10 (список приведен в таблице 1).

Фактор В — (годы) условия возделывания: 1. 2020 г.; 2. 2021 г.; 3. 2022 г.

Опыт с люцерной изменчивой заложен в июне 2019 г., в нем проходят оценку 10 сортообразцов в 4 повторениях. Посев беспокровный, летний. Площадь делянки — 10 м², ширина междурядий — 0,15 м, норма высева — 7,5 млн всхожих семян/га (15 кг/га). В качестве стандарта использовали сорт Камелия.

В год посева проводили фенологические наблюдения, подсчет густоты всходов и сохранности растений, оценку по кустистости, архитектонике, облиственности и интенсивности отрастания. Учет зеленой массы проводили с первого года пользования (2020 г.) в фазе бутонизации (2 узоса) поделяночно.

Закладку полевых питомников, сопутствующие наблюдения, отборы, оценки и учеты, браковки проводили в соответствии с существующими методическими указаниями и рекомендациями (Методические указания по селекции многолетних трав, 1985; Методические указания по селекции и первичному семеноводству, 1993) [5, 6].

Почвенный покров опытного участка представлен выщелоченным среднетяжелосуглинистым черноземом. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы: содержание гумуса — 6,2-6,3% по Тюрину и Симаковой (ГОСТ 26213-91); рН солевое — 5,3 потенциометрически (ГОСТ 26483-85); высокая емкость поглощения — 35,51-35,62 мг-экв./100 г почвы по Каппену (ГОСТ 27821-88), Н гидр. — 5,46 по Каппену (ГОСТ 26212-91); содержание легкогидролизуемого азота — 85-97 мг/кг по Корнфилду, содержание подвижного фосфора — 165 и обменного калия — 133 мг/кг почвы по Чирикову (ГОСТ 26204-91).

Математическую обработку результатов, долю вкладов факторов в формирование продуктивности и коэффициент вариации определяли по соответствующей методике Б.А. Доспехова [7].

Индексы (Y min-Y max), (Y min+Y max/2) определены по методике А.А. Rossielle и J. Hamblin [8].

Общая адаптивная способность (bi) и стабильность (s2d1) рассчитаны по методике А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой [9].

Индекс условий среды, экологическая пластичность определены по методике S.A. Eberhart и W.A. Russel [10].

Экологическая устойчивость рассчитана по уравнению $Y_{max}-Y_{min}$ согласно методике А.А. Rossielle и J. Hamblin [8]. Уровень устойчивости к стрессовым условиям произрастания (Y_2-Y_1) определен по методике А.А. Гончаренко [11].

Размах урожайности (d) рассчитан по В.А. Зыкину [12].

Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) и индекс стабильности (ИС) рассчитаны по методике Э.Д. Неттевича [13].

Результаты исследований. Метеорологические условия в годы исследований были различными по температурному режиму и влагообеспеченности.

Начало отрастания люцерны в условиях 2020 г. проходило 12 апреля при пониженной температуре воздуха и обильном увлажнении (-2,8°C и +28,2 мм к норме). Период отрастания-цветения характеризовался незначительной засухой — ГТК=0,88 и сумма активных температур 607°C. Достаточное увлажнение с апреля по май (+20,8 и +11,7 мм) способствовало получению максимальной кормовой продуктивности за годы пользования. За вегетационный период ГТК составил 0,77 ед. при сумме активных температур 1932°C. Кормовая продуктивность была на уровне 45,35-55,78 т/га и сбор сухого вещества — 11,57-14,10 т/га. По сбору сухого вещества все изучаемые сортообразцы за исключением № 3 (Зимостойкая 4) обеспечили существенный рост продуктивности — 13,07-14,10 т/га (+13,0-21,7% к ст.) (табл. 1).

Начало отрастания люцерны в условиях 2021 г. отмечено 14 апреля при благоприятных условиях (+4,2°C и +7,3 мм к норме). Межфазный период отрастания-бутонизации проходил на фоне достаточного увлажнения (49,9 мм осадков) и среднесуточной температуре 10,0°C. В целом за вегетационный период наблюдался дефицит осадков в мае (-4,5 мм к норме) и их избыток в III декаде июня и II декаде августа. ГТК был на уровне 1,04 ед., что характерно для нормального увлажнения, но нестабильная влагообеспеченность отразилась на урожайности люцерны второго года пользования. За годы пользования кормовая продуктивность была минимальной — урожай зеленой

массы составил 24,78-29,36 т/га, сбор сухого вещества — 6,30-7,59 т/га без превышения над стандартом.

Начало отрастания люцерны в условиях 2022 г. было отмечено 17 апреля в условиях повышенной температуры воздуха (+4,1°C к норме) и хорошего увлажнения. Фаза отрастания — бутонизации проходила также при достаточном увлажнении (23,0 мм осадков) и среднесуточной температуре 16,8°C. В целом вегетационный период также отличался неравномерным выпадением осадков: обилием в мае и июле (+18,4 и +32,5 мм к норме) и их отсутствием на фоне высоких температур в августе (+4,3°C к норме). ГТК=0,97 ед., что характерно для нормального увлажнения. Продуктивность сухого вещества находилась в пределах 10,77-12,95 т/га и существенное превышение — 12,46-12,95 т/га (+6,5-10,7% к ст.) обеспечили два образца — № 4 и № 5.

В среднем за 3 года пользования (2020-2022 гг.) по урожаю зеленой массы — 42,02-43,95 т/га три образца достоверно превысили стандарт на 7,8-12,7%. Достоверный рост продуктивности сухого вещества — 11,07-11,33 т/га обеспечили три образца: — № 2, 4 и 5 (+7,6-10,3% к ст.). По выходу переваримого протеина пять сортообразцов обеспечили существенный рост продуктивности — 1,36-1,56 т/га (+6,5-21,7% к ст.).

Двухфакторный дисперсионный анализ показал существенное влияние на признак «сбор сухого вещества» сортообразцов, условий и их взаимодействия (F факт. > F теор.) (табл. 2).

Доля влияния на признак «сбор сухого вещества» фактора «сортообразец» составляла 15,82%, доля влияния «условия возделывания» — 65,56%, что говорит об определяющем влиянии среды на величину данного признака.

Отклик генотипа на улучшение условий выращивания характеризует коэффициент линейной регрессии bi по методу Эберхарта и Рассела, а по дисперсии σ_d^2 определяется стабильность сорта в различных условиях среды.

Для вычисления коэффициента линейной регрессии определяется индекс условий среды. Совокупность индексов характеризует изменчивость условий, в которых возделываются сорта в данном опыте. Лучшие условия для роста и развития генотипов складываются при положительном значении условий среды, худшие при отрицательном. Согласно проведенным нами исследованиям лучшие условия для возделывания сортообразцов люцерны

Таблица 1. Продуктивность образцов люцерны изменчивой по годам пользования (2020-2022 гг.)
Table 1. Productivity of alfalfa samples variable by years of use (2020-2022)

№ образца	Название образца	Урожайность зеленой массы, т/га				Сбор сухого вещества, т/га			
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее
St	Камелия	45,35	25,43	42,26	37,68	11,57	7,55	11,70	10,27
1	Крупносемянная 5	52,72	28,50	40,02	40,42	13,77	7,59	10,77	10,71
2	Урожайная 3	55,58	27,31	47,74	43,54	14,10	7,26	11,79	11,07
3	Зимостойкая 4	47,80	28,52	38,56	38,29	12,38	7,04	10,80	10,07
4	Индивидуальный отбор из Марусинской 425	52,89	29,19	44,54	42,21	13,64	7,31	12,46	11,14
5	ВИК № 27	52,88	30,96	46,24	43,36	13,85	7,18	12,95	11,33
6	Сарга от СП-03	53,02	28,01	41,22	40,75	13,43	6,49	11,58	10,50
7	Гигантелла 1	52,58	26,85	42,43	40,62	13,36	6,30	11,85	10,51
8	Жидруне	50,23	26,70	41,68	39,54	13,07	7,21	11,22	10,50
9	Индивидуальный отбор из Мечты	52,35	25,57	39,80	39,23	13,25	7,27	11,23	10,58
	НСР ₀₅	3,19	1,72	2,81	2,57	0,83	0,50	0,76	0,70
	%	7,04	6,78	6,65	6,82	7,21	6,69	6,54	6,81



сложилось в 2020 г. (+2,58), а неблагоприятные — в 2021 г. (-3,55).

В ходе исследований было установлено, что в среднем за 2020-2022 гг. сбор сухого вещества люцерны колебался от 10,27 до 11,33 т/га. В среднем за 3 года пользования наибольшая продуктивность сформирована у двух сортообразцов — № 5 и № 4 (ВИК № 27, Индивидуальный отбор из Марусинской 425) — 11,33 и 11,14 т/га при продуктивности стандарта 10,27 т/га (табл. 3).

Анализ коэффициента вариации сбора сухого вещества люцерны показал, что более высокий показатель — 31,52-35,40% характерен для четырех образцов: № 2, 5, 6 и 7.

Согласно коэффициенту пластичности и варiances стабильности определяется экологическая пластичность по методике Эберхарта и Рассела.

Влияние условий возделывания определяется согласно предположению о корректности линейной регрессии с особенностью отклика генотипов на экологические условия. Коэффициент линейной регрессии b_i отражает степень реакции на изменение условий возделывания.

Чем больше значение коэффициента, тем выше степень отзывчивости сорта на изменения условий. При разных условиях возделывания это позволяет давать оценку пластичности и стабильности. Сорт обладает большей отзывчивостью на улучшение условий возделывания при $b_i > 1$, и в этом случае возможна его наибольшая отдача. Сорт имеет меньшую отзывчивость на изменение условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых сортов, при $b_i < 1$. В данном случае сорта лучше использовать на экстенсивном фоне, где возможна наибольшая отдача при минимальных затратах. Сорта имеют полное соответствие изменениям продуктивности к изменению условий возделывания при $b_i = 1$ [14]. Три образца: № 5, 6 и 7 при $b_i = 1,12-1,16$ целесообразнее использовать в интенсивных условиях. Стандарт Камелия и четыре образца: № 3, 1, 8 и 9 с коэффициентом регрессии b_i от 0,70 до 0,94 отличаются слабой отзывчивостью на уровень агротехники и проявляют ценные признаки при возделывании в экстремальных условиях.

Наиболее стабильными по сбору сухого вещества являются: № 1 и 2. Относительно средняя стабильность — 0,12-0,14 характерна для

образцов: № 3, 4, 5 и 6. Самой низкой стабильностью обладали стандарт и образцы: № 9, 8 и 7 — 0,06-0,09.

Индекс разницы минимальной и максимальной урожайности ($Y_{\min}-Y_{\max}$) позволяет определить способность сорта формировать стабильную продуктивность и стрессоустойчивость при неблагоприятных условиях. Чем меньше разница между показателями продуктивности, тем выше стрессоустойчивость сорта и больше интервал приспособительных возможностей [15]. Высокую стрессоустойчивость — от -4,02 до -5,98 показали стандарт и три образца: № 3, 8 и 9.

Высокой генетической гибкостью и соответствием между генотипом и факторами среды — 10,48-10,68 характеризовались четыре образца: № 4, 5, 1 и 2.

Более низкий показатель размаха продуктивности в проведенных нами исследованиях — 34,7-44,9% имели стандарт и три образца: № 3, 8 и 1. Стабильность объекта увеличивается по мере снижения данного показателя, наибольшие значения — 30,3-37,6% были характерны для четырех сортообразцов (табл. 4).

Таблица 2. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа образцов люцерны по признаку «сбор сухого вещества» (2020-2022 гг.)
Table 2. Results of two-factor dispersion analysis of alfalfa samples on the basis of "collection of dry matter" (2020-2022)

Источники варьирования	Степени свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F фактический	F теоретический	Доля фактора, %
Сортообразец (A)	9	10,50	10,50	2,13	15,82
Условия (B)	2	80,37	2477,94	3,18	65,56
Взаимодействие (AB)	18	9,01	9,01	1,95	5,90
Повторение условия	2	19,37	162,98	3,18	11,69
Случайное отклонение	58	0,12	-	-	1,03

Таблица 3. Показатели урожайности, экологической пластичности и стабильности образцов люцерны (2020-2022 гг.)
Table 3. Indicators of yield, environmental plasticity and stability of alfalfa samples (2020-2022)

№ образца	Сбор СВ, в среднем за 3 года, т/га	Колебания сбора СВ (min-max), т/га	Стрессоустойчивость Y_2-Y_1	Генетическая гибкость сорта $\frac{Y_1+Y_2}{2}$	Коэффициент линейной регрессии (пластичности) b_i	Варiances стабильности σ_d^2
St	10,27	7,55-11,57	-4,02	9,56	0,70	0,05
1	10,71	7,59-13,77	-6,18	10,68	0,93	0,16
2	11,05	7,26-14,10	-6,84	10,68	1,08	0,17
3	10,07	7,04-12,38	-5,34	9,71	0,85	0,12
4	11,14	7,31-13,64	-6,33	10,48	1,05	0,13
5	11,33	7,18-13,85	-6,67	10,51	1,12	0,13
6	10,50	6,49-13,43	-6,94	9,96	1,12	0,14
7	10,50	6,30-13,36	-7,06	9,83	1,16	0,09
8	10,50	7,21-13,07	-5,86	10,14	0,93	0,09
9	10,58	7,27-13,25	-5,98	10,26	0,94	0,06

Таблица 4. Параметры адаптивности, стабильности образцов люцерны по сбору сухого вещества (2020-2022 гг.)
Table 4. Parameters of adaptability, stability of alfalfa samples for collecting dry matter (2020-2022)

№ образца	Коэффициент вариации (CV), %	Размах продуктивности (d), %	Коэффициент адаптивности (KA)	Индекс стабильности, (L)	Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС), %	Экологическая устойчивость сорта	Стабильность ($S^2 d_1$)
St	22,94	34,7	0,96	0,45	4,60	4,02	44,80
1	28,87	44,9	1,00	0,37	3,97	6,18	36,68
2	31,52	48,5	1,04	0,35	3,87	6,84	37,70
3	27,20	43,1	0,94	0,37	3,73	5,34	36,32
4	30,21	46,4	1,04	0,37	4,11	6,33	39,97
5	31,96	48,2	1,06	0,35	4,01	6,67	39,08
6	34,21	51,7	0,98	0,31	3,22	6,94	31,39
7	35,40	52,9	0,98	0,30	3,11	7,06	30,31
8	28,52	44,8	0,98	0,37	3,87	5,86	37,65
9	28,75	45,1	0,99	0,37	3,89	5,98	37,92



Коэффициент адаптивности определяет продуктивные особенности образцов и оптимальное его значение от 1,0 и выше. В данном опыте коэффициент от 1,00 до 1,06 у четырех номеров: № 1, 2, 4 и 5.

Одним из важных параметров, характеризующих устойчивость проявления сорта в различных условиях, является индекс стабильности. Высокий индекс стабильности (L) характерен для образцов с большей стабильностью и приспособленностью к разным условиям возделывания. Максимальный индекс — 0,37-0,45 был отмечен у стандарта Камелия и пяти образцов: № 1, 3, 4, 8 и 9; данный показатель подтверждает их соответствие к возделыванию в данной сельскохозяйственной зоне.

Значение уровня стабильности сорта (ПУСС) является общим показателем гомостатичности и позволяет учитывать одновременно уровень стабильности урожайности сорта и способности отзываться на повышение уровня агрофона, сохраняя высокую продуктивность при ее ухудшении. Чем лучше сорт, тем выше данный показатель [15].

Более низким показателем экологической устойчивости — 4,02-5,86 характеризовались стандарт и два образца: № 3 и 8.

Большим диапазоном приспособленности к стрессовым условиям и лучшей стабильностью (s^2d1) — 37,9-44,8 характеризовались стандарт и четыре образца: № 4, 5, 1 и 9.

Заключение. В результате исследований были определены три лучших сортообразца люцерны изменчивой: № 2 (Урожайная 3), № 4 (Индивидуальный отбор из Марусинской 425) и № 5 (ВИК № 27), имеющие максимальную продуктивность, стабильность и пластичность в условиях Пензенской области. Образцы обладали ценными признаками: низкий коэффициент вариации, высокая стрессоустойчивость, генетическая гибкость и показатель уровня стабильности сорта.

Наибольший урожай зеленой массы и сбор сухого вещества — 42,29 и 11,33 т/га (+8,5 и 10,3% к стандарту) сформировал сортообразец № 5 (ВИК № 27), имеющий высокий коэффициент адаптивности (1,06), уровень стабильности ПУСС (4,01), стрессоустойчивость сорта (0,67) и высокий коэффициент пластичности (1,12).

Согласно проведенным нами исследованиям можно сделать вывод, что указанные образцы при различных погодных условиях существенно превышают стандарт по адаптивности и продуктивности.

Список источников

1. Косолапов В.М., Широкоярд М.С. Применение препарата «Биотроф» при сенажировании и силосовании люцерны // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2022. № 11 (208). С. 52-65.
2. Епифанова И.В., Тимошкин О.А. Селекция люцерны для возделывания на кормовые цели в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Достижения науки

и техники АПК. 2019. Т. 33. № 11. С. 48-51. doi: 10.24411/0235-2451-2019-11110

3. Шатский И.М., Иванов И.С., Переpravо Н.И., Золотарев В.Н. и др. Селекция и семеноводство многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России. Научное издание. Воронеж: Воронежская областная типография, 2016. 236 с.
4. Сапега В.А. Потенциал урожайности, стрессоустойчивость и экологическая пластичность среднеранних сортов яровой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2016. № 2. С. 6-10.
5. Методические указания по селекции многолетних трав. М.: ВИР, 1985. 188 с.
6. Методические указания по селекции и первичному семеноводству многолетних трав. М.: Россельхозакадемия, 1993. 112 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Rossielle, A.A., Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci.*, no. 21 (6), pp. 943-946.
9. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Генетические основы селекции растений. Общая генетика растений. Минск, 2008. Т. 1. С. 50-56.
10. Eberhart, S.A., Russel, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.*, no. 6, pp. 36-40.
11. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Россельхозакадемии. 2005. № 6. С. 49-53.
12. Зыкин В.А., Белан И.А., Россеев В.М. Селекция яровой пшеницы на адаптивность: результаты и перспективы // Доклады РАХН. 2000. № 2. С. 5-7.
13. Неттевич Э.Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в Центральном районе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2001. № 3. С. 50-55.
14. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С. и др. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа, 2005. 100 с.
15. Левакова О.В. Результаты изучения адаптивно-экологических показателей новых сортов и перспективных линий озимой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2. С. 13-16.

References

1. Kosolapov, V.M., Shirokoryad, M.S. (2022). Primenenie preparata «Biotrof» pri senazhировanii i silosovanii lyutserny [Application of the drug "Biotrof" during haylage and silage of alfalfa]. *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormloproizvodstvo* [Feeding of agricultural animals and feed production], no. 11 (208), pp. 52-65.
2. Epifanova, I.V., Timoshkin, O.A. (2019). Seleksiya lyutserny dlya vozdel'yvaniya na kormovye tseli v usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya [Selection of alfalfa for cultivation for forage purposes in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], vol. 33, no. 11, pp. 48-51. doi: 10.24411/0235-2451-2019-11110
3. Shatskii, I.M., Ivanov, I.S., Perepravo, N.I., Zolotarev, V.N. i dr. (2016). *Seleksiya i semenovodstvo mnogoletnikh trav v Tsentral'no-Chernozemnom regione Rossii. Nauchnoe izdanie*

[Selection and seed production of perennial grasses in the Central Chernozem region of Russia. Scientific publication]. Voronezh, Voronezh regional printing house, 236 p.

4. Sapega, V.A. (2016). Potentsial urozhainosti, stressooustoichivost' i ehkologicheskaya plastichnost' srednerannikh sortov yarovoi pshenitsy [Yield potential, stress resistance and environmental plasticity of medium-early spring wheat varieties]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain economy of Russia], no. 2, pp. 6-10.
5. VIR (1985). *Metodicheskie ukazaniya po seleksii mnogoletnikh trav* [Guidelines for the selection of perennial grasses]. Moscow, VIR, 188 p.
6. Russian Agricultural Academy (1993). *Metodicheskie ukazaniya po seleksii i pervichnomu semenovodstvu mnogoletnikh trav* [Guidelines for the selection and primary seed production of perennial grasses]. Moscow, Russian Agricultural Academy, 112 p.
7. Dospikhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [The methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results]. Moscow, Agropromizdat Publ., 351 p.
8. Rossielle, A.A., Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci.*, no. 21 (6), pp. 943-946.
9. Kil'chevskii, A.V., Khotyleva, L.V. (2008). *Geneticheskoe osnovy seleksii rastenii. Obshchaya genetika rastenii* [Genetic bases of plant breeding. General plant genetics]. Minsk, vol. 1, pp. 50-56.
10. Eberhart, S.A., Russel, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.*, no. 6, pp. 36-40.
11. Goncharenko, A.A. (2005). Ob adaptivnosti i ehkologicheskoi ustoichivosti sortov zernovykh kul'tur [The adaptability and ecological stability of varieties of grain crops]. *Vestnik Rossel'khozakademii* [Bulletin of the Russian agricultural academy], no. 6, pp. 49-53.
12. Zykin, V.A., Belan, I.A., Rosseev, V.M. (2000). Seleksiya yarovoi pshenitsy na adaptivnost': rezul'taty i perspektivy [Breeding of spring wheat for adaptability: results and prospects] *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk* [Reports of the Russian academy of agricultural sciences], no. 2, pp. 5-7.
13. Nettevich, E.D. (2001). Potentsial urozhainosti rekomendovannykh dlya vozdel'yvaniya v Tsentral'nom raione RF sortov yarovoi pshenitsy i yachmenya i ego realizatsiya v usloviyakh proizvodstva [Yield potential of the varieties of spring wheat and barley recommended for cultivation in the Central Region of the Russian Federation and its implementation in production conditions]. *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk* [Reports of the Russian academy of agricultural sciences], no. 3, pp. 50-55.
14. Zykin, V.A., Belan, I.A., Yusov, V.S. i dr. (2005). *Metodika rascheta i otsenki parametrov ehkologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii* [Methodology for calculating and evaluating the parameters of the ecological plasticity of agricultural plants]. Ufa, 100 p.
15. Levakova, O.V. (2019). Rezul'taty izucheniya adaptivno-ehkologicheskikh pokazatelei novykh sortov i perspektivnykh linii ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Ryzanskoi oblasti [Results of the study of adaptive-ecological indicators of new varieties and promising lines of winter soft wheat in the conditions of the Rязan region]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain economy of Russia], no. 2, pp. 13-16.

Информация об авторе:

Епифанова Ирина Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0892-7153>, i.epifanova.pnz@fncl.ru

Information about the author:

Irina V. Epifanova, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of selection technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0892-7153>, i.epifanova.pnz@fncl.ru





Научная статья

УДК 631.854.54: [631.53.048+631.82]

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_488

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ НА ЛЬНЕ МАСЛИЧНОМ

В.Н. Бражников

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

Аннотация. Лен — одно из ценнейших сельскохозяйственных растений, используемых человеком. Биологическая ценность льняного масла определяется его жирнокислотным составом и находится на одном из первых мест среди других масел. Важная роль в решении проблем повышения урожайности семян принадлежит биорегуляторам роста растений. Цель исследований — изучить эффективность действия на лен масличный новых защитно-стимулирующих комплексов для реализации потенциальных возможностей продуктивности культуры. Эксперименты выполняли в ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ» в 2020-2022 гг. Объектом исследований служил сорт льна масличного Исток. Работу выполняли согласно общепринятым методикам. Проанализированы результаты влияния защитно-стимулирующих комплексов на продуктивность льна. Установлено, что применение обработки посевов ЗСК-4-Э, ЗСК-6 и Байкал обеспечило максимальную семенную продуктивность — 1,34, 1,31 и 1,31 т/га, сбор масла и сырого протеина, составившие 521,3, 503,0, 505,5 и 304,8, 307,5, 299,5 кг/га соответственно. Использование защитно-стимулирующих комплексов не оказало существенного влияния на содержание масла и протеина в семенах льна, составивших 43,92-44,77 и 25,57-27,17% соответственно. Масса 1000 семян определена в пределах 5,31-5,57 г.

Ключевые слова: лен масличный (*Linum usitatissimum* L.), сорт Исток, защитно-стимулирующие комплексы, урожайность, масличность, содержание сырого протеина, сбор масла, сбор сырого протеина

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (№ FGSS-2022-0008). Выражаем благодарность Бражниковой О.Ф., кандидату сельскохозяйственных наук, лаборанту-исследователю лаборатории селекционных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур».

Original article

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF PROTECTIVE AND STIMULATING COMPLEXES ON OIL FLAX

V.N. Brazhnikov

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

Abstract. Flax is one of the valuable agricultural plants used by man. The biological value of linseed oil is determined by its fatty acid composition and is in one of the first places among other oils. Plant growth bioregulators play an important role in solving problems of increasing seed yield. The purpose of the research is to study the effectiveness of new protective and stimulating complexes on oilseed flax in order to realize the potential opportunities for crop productivity. The experiments were carried out at the Federal Research Center for Bast Fiber Crops — Separate division “Penza Research Institute of Agriculture” in 2020-2022. The object of research was the oil flax variety Istok. The work was carried out according to generally accepted methods. The results of the influence of protective-stimulating complexes on the productivity of flax are analyzed. It was established that the application of the treatment of crops ZSK-4-E, ZSK-6 and Baikal provided the maximum seed productivity — 1.34, 1.31 and 1.31 t/ha, the collection of oil and crude protein, which amounted to 521.3, 503.0, 505.5 and 304.8, 307.5, 299.5 kg/ha respectively. The use of protective-stimulating complexes did not have a significant effect on the content of oil and protein in flax seeds, which amounted to 43.92-44.77 and 25.57-27.17% respectively. The weight of 1000 seeds is determined within 5.31-5.57 g.

Keywords: oil flax (*Linum usitatissimum* L.), variety Istok, protective and stimulating complexes, yield, oil content, crude protein content, oil collection, crude protein collection

Acknowledgments: the work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the State Assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (No. FGSS-2022-0008). We express our gratitude to Brazhnikova O.F., candidate of agricultural sciences, laboratory assistant-researcher of the laboratory of breeding technologies of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops.

Введение. В народном хозяйстве нашей страны важнейшее значение имеют масличные культуры, по возделыванию которых накоплен большой теоретический и практический опыт. Эти растения широко используются в питании человека, кормлении сельскохозяйственных животных, промышленности и строительстве, медицине и парфюмерии. Они — важный источник высокомолекулярных жирных кислот (ВЖК) и полноценного белка [1].

Лен является одной из ценнейших масличных культур. В семенах льна содержится 30-50% жирного масла, в составе которого линоленовая кислота — 30-65%, линолевая — 5-35%, олеиновая — 15-20%, пальмитиновая — 5-7%, стеариновая — 3-4%; 12-27% белка, органические кислоты, ферменты, витамины, стиролы. Льняное масло обладает высоким удельным

энергосодержанием, равным 39,4 кДж/г. Высокомолекулярные ненасыщенные жирные кислоты, содержащиеся в его составе, определяют его способность к быстрому высыханию и ценность как технического масла. При гидрогенизации получают саломас, из которого производится маргарин [2, 3, 4].

Возделывание льна хорошо механизировано и по уровню затрат труда на единицу продукции близко к зерновым культурам. Относительно раннее созревание позволяет значительно снизить напряженность уборки [5].

Лен масличный — экологически и экономически выгодная культура. В мире растет спрос на семена льна масличного. Масло этой культуры применяют в качестве пищевого, лечебного средства и технического масла. Льняную солому используют для производства экологически

чистых строительных материалов, лучших сортов бумаги и топлива [6, 7]. Разработка безотходных экологически безопасных технологий возделывания, уборки и переработки льна является актуальной задачей научного обеспечения отрасли [8]. Лен — хороший предшественник для многих сельскохозяйственных культур. Его посеvy извлекают из зараженных земель тяжелые металлы и радионуклиды, при этом семена не имеют даже следов радиации [4].

Это пластичная и неприхотливая к возделыванию культура, при этом рентабельность ее возделывания составляет 100-125% [9].

Востребованность льна масличного на рынке в связи с его ценными качествами, широко масштабным применением в разных отраслях промышленности, медицине обусловила расширение его посевов в РФ [10].



Лен масличный в России был традиционной культурой Среднего Поволжья, в том числе и Пензенской области. В ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ», начиная с 1992 г., ведут работы по его изучению. Созданный сорт льна масличного Исток значительно превосходит по продуктивности районированные сорта. Сорт имеет измененный жирнокислотный состав масла. В его составе содержится до 70% линолевой кислоты и 5-7% линоленовой кислоты. Ареал возделывания сорта охватывает Центральную Россию, Среднее Поволжье, Западную Сибирь, Алтай, Дагестан и север Казахстана [4].

В последние годы значительно возрос интерес российских ученых к изучению льна масличного. Изучением элементов технологии возделывания культуры в различных регионах занимались многие советские и российские ученые. Тем не менее вопросы агротехники изучены недостаточно.

Высокая стоимость средств сельскохозяйственного производства при выращивании полевых культур требует дальнейшего совершенствования технологий их возделывания.

Важная роль в решении проблем повышения урожайности семян принадлежит биорегуляторам роста растений. Применение экологически безопасных высокоэффективных защитно-стимулирующих комплексов (ЗСК) способствует лучшему росту и развитию растений [11], позволяет увеличить урожай и его качество, снизить себестоимость производства [12, 13], проявляет фунгицидное действие [14], ослабляет жесткое воздействие используемых гербицидов, что повышает урожайность и качество продукции, улучшает фитосанитарное состояние посевов [15, 16].

Большое количество исследований по изучению новых ЗСК и регуляторов роста растений проводится на кафедре физической и органической химии РГАУ — МСХА имени К.А. Тимирязева. Систематическое изучение действия физиологически активных веществ (ФАВ) в составе защитно-стимулирующих комплексов на растения льна масличного в условиях Среднего Поволжья не проводилось.

Цель исследований — изучить эффективность действия на лен масличный новых защитно-стимулирующих комплексов для реализации потенциальных возможностей продуктивности культуры.

Материалы и методы исследований. Работу выполняли в ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ» в 2020-2022 гг. Почва опытного участка — чернозем выщелоченный мощный тяжелосуглинистый.

Объект исследований — сорт льна масличного Исток. В полевом опыте исследования проводили при общепринятой агротехнике. Предшественник — чистый пар. Норма высева семян льна — 7,0 млн всхожих семян/га. Повторность опыта 4-кратная.

Схема опыта «Изучение влияния ЗСК на продуктивность льна масличного»: 1. контроль — без обработки; 2. Флоравит (2 л/га); 3. Препарат № 3 (200 мл/га); 4. Изагри Фосфор (3 л/га); 5. Байкал (200 мл/га); 6. ЗСК-4-Э (1,0 л/га); 7. ЗСК-5-С (1,0 л/га); 8. ЗСК-6 (40 мл/га).

При выполнении исследований использовали «Методические указания по изучению коллекции технических и масличных культур» [17], «Методику Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур» [18]. Содержание масла в семенах льна определяли по мето-

ду Лебеядянцева-Раушковского [19]. Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [20].

Результаты исследований. Метеорологические условия в годы исследований были разнообразны и достаточно полно отражали особенности лесостепной зоны Среднего Поволжья (табл. 1).

Посев льна осуществляли в 2020 г. — 4 мая, 2021 г. — 9 мая, 2022 г. — 2 мая. Вегетация растений в условиях 2020 г. проходила в условиях обеспеченного увлажнения (ГТК — 1,03), 2021 г. характеризовался засушливыми условиями (ГТК — 0,80), 2022 г. — засушливыми условиями (ГТК — 0,96); ее продолжительность составила: 2020 г. — 111 суток, 2021 г. — 98 суток, 2022 г. — 113 суток; сумма активных температур — 1954,0, 2100,4 и 2135,0 °С соответственно. За данный период выпало 201,7, 169,0 и 210,0 мм осадков соответственно. Все указанные условия значительно повлияли на рост, развитие и продуктивность льна.

Фенологические наблюдения показали, что фазы развития растений наступали практически одновременно по всем вариантам опыта и зависели в большей степени от агрометеорологических условий вегетационного периода.

В результате исследований установлено, что урожайность семян зависела от применения защитно-стимулирующих комплексов. Урожай-

ность семян в зависимости от изучаемых стимуляторов изменялась в пределах 1,27-1,34 т/га и в значительной мере была сглажена (табл. 2).

Все изучаемые препараты обеспечили достоверную прибавку продуктивности, составившую 5,4-11,8%. Большую прибавку урожайности обеспечили варианты, предусматривающие внекорневую обработку препаратами ЗСК-4-Э, ЗСК-6 и Байкал. Прибавка составила 11,8, 9,4 и 9,4% соответственно. Наивысшую урожайность (1,34 т/га) обеспечила обработка посевов препаратом ЗСК-4-Э.

Урожайность льносолемы зависела от применения защитно-стимулирующих комплексов и колебалась в интервале от 3,98 до 4,30 т/га (табл. 2). Достоверную прибавку урожайности обеспечили все варианты, предусматривающие обработку препаратами. Прибавка составила 5,4-11,1%. Большую урожайность льносолемы (4,30 т/га) обеспечила обработка посевов препаратом ЗСК-4-Э.

Масличность семян варьировала по вариантам опыта и составляла 43,92-44,77% (табл. 3).

Применение защитно-стимулирующих комплексов не оказало существенного влияния на показатель «масличность».

Одним из основных критериев, по которым определяется целесообразность возделывания льна масличного по той или иной технологии или использование отдельного элемента

Таблица 1. Гидротермические условия роста и развития льна по межфазным периодам (2020-2022 гг.)
Table 1. Hydrothermal conditions for the growth and development of flax by interphase periods (2020-2022)

Показатели	Год	Посев-всходы	Всходы-елочка	Елочка-бутонизация	Бутонизация-цветение	Цветение-созревание	Посев-созревание	Всходы-созревание
Продолжительность, сутки	2020	9	6	36	7	53	111	102
	2021	9	6	28	10	45	98	89
	2022	8	7	39	10	49	113	105
Средняя t, °С	2020	13,8	10,7	17,3	19,9	19,0	17,6	17,9
	2021	18,8	22,3	17,8	24,8	22,7	21,4	21,7
	2022	14,1	16,1	17,2	15,9	22,0	18,9	21,7
Сумма активных t, °С	2020	124,0	64,0	622,0	139,0	1005,0	1954,0	1830,0
	2021	169,0	134,0	526,0	248,4	1023,0	2100,4	1931,4
Количество осадков, мм	2020	21,4	19,8	60,8	0,0	99,7	201,7	180,3
	2021	1,4	2,8	28,0	60,0	76,8	169,0	167,6
	2022	15,0	20,0	75,9	8,5	90,6	210,0	195,0
ГТК (по Селянинову)	2020	1,73	3,09	0,98	0,0	0,99	1,03	0,99
	2021	0,08	0,21	0,53	2,42	0,75	0,80	0,87
	2022	1,32	1,78	1,13	0,53	0,84	0,98	0,96

Таблица 2. Влияние защитно-стимулирующих комплексов на продуктивность льна масличного (2020-2022 гг.)

Table 2. Effect of protective-stimulating complexes on the productivity of oil flax (2020-2022)

Вариант	Урожайность семян		Урожайность льносолемы	
	т/га	отклонение от контроля, ± т/га	т/га	отклонение от контроля, ± т/га
Контроль (без обработки)	1,20	-	3,87	-
Флоравит (2 л/га)	1,27	0,07	4,08	0,21
Препарат № 3 (200 мл/га)	1,28	0,08	3,98	0,11
Изагри Фосфор (3 л/га)	1,27	0,07	4,08	0,21
Байкал (200 мл/га)	1,31	0,11	4,20	0,33
ЗСК-4-Э (1,0 л/га)	1,34	0,14	4,30	0,43
ЗСК-5-С (1,0 л/га)	1,27	0,07	4,08	0,21
ЗСК-6 (40,0 мл/га)	1,31	0,11	4,22	0,35
НСР ₀₅		0,06		0,18



технологии, является показатель сбора масла. Сбор масла с 1 га зависит как от величины урожая семян, так и от масличности. Все изучаемые в опыте варианты, предусматривающие обработку защитно-стимулирующими комплексами,

обеспечили достоверную прибавку сбора масла. Прибавка составила 4,9-12,9% соответственно. Большой сбор масла (521,3, 505,5 и 503,0 кг/га) обеспечила обработка посевов препаратами ЗСК-4-Э, Байкал и ЗСК-6.

Таблица 3. Влияние защитно-стимулирующих комплексов на масличность и сбор масла (2020-2022 гг.)
Table 3. Effect of protective-stimulating complexes on oil content and oil yield (2020-2022)

Вариант	Масличность		Сбор масла	
	%	отклонение от контроля, ± %	кг/га	отклонение от контроля, ± кг/га
Контроль (без обработки)	44,22	-	461,7	-
Флоравит (2 л/га)	44,77	0,55	493,6	31,9
Препарат № 3 (200 мл/га)	44,38	0,16	494,5	32,8
Изагри Фосфор (3 л/га)	43,93	-0,29	484,1	22,4
Байкал (200 мл/га)	44,25	0,03	505,5	43,8
ЗСК-4-Э (1,0 л/га)	44,47	0,25	521,3	59,6
ЗСК-5-С (1,0 л/га)	43,67	-0,56	484,2	22,5
ЗСК-6 (40,0 мл/га)	43,92	-0,30	503,0	41,3
НСР ₀₅	1,11		22,4	

Таблица 4. Влияние защитно-стимулирующих комплексов на содержание в семенах и сбор сырого протеина (2020-2022 гг.)
Table 4. The effect of protective-stimulating complexes on the content in seeds and the collection of crude protein (2020-2022)

Вариант	Содержание протеина		Сбор сырого протеина	
	%	отклонение от контроля, ± %	кг/га	отклонение от контроля, ± кг/га
Контроль (без обработки)	26,88	-	278,3	-
Флоравит (2 л/га)	25,57	-1,31	279,9	1,6
Препарат № 3 (200 мл/га)	26,69	-0,19	294,1	15,8
Изагри Фосфор (3 л/га)	26,94	0,06	296,2	17,9
Байкал (200 мл/га)	26,32	-0,56	299,5	21,2
ЗСК-4-Э (1,0 л/га)	26,33	-0,55	304,8	26,5
ЗСК-5-С (1,0 л/га)	26,76	-0,12	296,7	18,4
ЗСК-6 (40,0 мл/га)	27,13	0,25	307,5	29,2
НСР ₀₅	1,95		13,3	

Таблица 5. Влияние защитно-стимулирующих комплексов на высоту растений (2020-2022 гг.)
Table 5. Effect of protective-stimulating complexes on plant height (2020-2022)

Вариант	Высота растений	
	см	отклонение от контроля, ± см
Контроль (без обработки)	43,7	-
Флоравит (2 л/га)	41,3	-2,4
Препарат № 3 (200 мл/га)	42,2	-1,5
Изагри Фосфор (3 л/га)	41,2	-2,5
Байкал (200 мл/га)	42,9	-0,8
ЗСК-4-Э (1,0 л/га)	42,8	-0,9
ЗСК-5-С (1,0 л/га)	42,3	-1,4
ЗСК-6 (40,0 мл/га)	42,2	-1,5
НСР ₀₅	3,2	

Таблица 6. Влияние защитно-стимулирующих комплексов на массу 1000 семян (2020-2022 гг.)
Table 6. Effect of protective-stimulating complexes on the weight of 1000 seeds (2020-2022)

Вариант	Масса 1000 семян	
	г	отклонение от контроля, ± г
Контроль (без обработки)	5,40	-
Флоравит (2 л/га)	5,42	0,02
Препарат № 3 (200 мл/га)	5,40	0,00
Изагри Фосфор (3 л/га)	5,31	-0,09
Байкал (200 мл/га)	5,35	-0,05
ЗСК-4-Э (1,0 л/га)	5,37	-0,03
ЗСК-5-С (1,0 л/га)	5,43	0,03
ЗСК-6 (40,0 мл/га)	5,57	0,17
НСР ₀₅	0,16	

В процессе переработки семян льна на масло кроме основного продукта получают большое количество жмыха, используемого как концентрированный корм в животноводстве, а при его дальнейшей переработке как источник пищевого белка. Поэтому качество урожая семян льна определяется не только масличностью. Большое значение имеет содержание в семенах сырого протеина. Содержание протеина и жира в семенах масличных культур — величины, связанные обратно пропорционально.

Содержание сырого протеина, в среднем за 3 года варьировало по вариантам опыта и составляло 25,57-27,13% (табл. 4).

Применение ЗСК не оказало существенного влияния на показатель «содержание протеина», при этом прослеживалась тенденция к некоторому его снижению при использовании препаратов Флоравит, Препарат № 3, Байкал, ЗСК-4-Э, ЗСК-5-С и его росту при применении ЗСК-6, Изагри Фосфор.

Сбор сырого протеина зависел как от урожая семян, так и от содержания сырого протеина в семенах. Данный показатель колебался по вариантам опыта и составил 279,9-307,5 кг/га (табл. 4). На контроле признак имел значение 278,3 кг/га. Использование препаратов ЗСК-6, ЗСК-4-Э, Байкал, ЗСК-5-С, Изагри Фосфор и Препарат № 3 достоверно влияло на показатель. Применение данных ЗСК обеспечило достоверный рост показателя «сбор сырого протеина» на 10,5, 9,5, 7,6, 6,6, 6,4 и 5,7% в сравнении с контролем соответственно. Использование препарата Флоравит не влияло на показатель. Большую прибавку сбора сырого протеина, составившую 29,2 кг/га, обеспечило применение защитно-стимулирующего комплекса ЗСК-6.

Высота растений колебалась по вариантам опыта и составила 41,3-42,8 см (табл. 5).

Использование изучаемых в опыте ЗСК не оказало существенного влияния на значения данного показателя.

Масса 1000 семян в опыте составила 5,31-5,57 г в зависимости от варианта опыта (табл. 6). Применение защитно-стимулирующего комплекса ЗСК-6 обеспечило рост показателя «масса 1000 семян» на 0,17 г в сравнении с контролем. Обработка растений льна масличного другими препаратами существенно не повлияла на данный показатель, показатели были на уровне контроля.

Применение защитно-стимулирующих комплексов ЗСК-5-С и Флоравит способствовало незначительному увеличению показателя на 0,03 и 0,02 г соответственно. Наибольшая масса 1000 семян определена при использовании препарата ЗСК-6 — 5,57 г.

Заключение. Проведенные исследования позволили определить лучшие препараты для обработки посевов льна масличного — ЗСК-4-Э, ЗСК-6 и Байкал, позволившие получить наибольший урожай семян — 1,34, 1,31 и 1,31 т/га, что превышало контроль на 11,8, 9,4 и 9,4%. Показатели урожайности льносоломки в сложившихся гидротермических условиях были значительно сглажены, но тем не менее все варианты, предусматривающие обработку препаратами, обеспечили достоверную прибавку урожайности, составившую 5,4-11,1%. Большую урожайность льносоломки (4,30 т/га) обеспечила обработка посевов препаратом ЗСК-4-Э. Применение ЗСК не оказало существенного влияния на показатели «масличность» и «содержание протеина». Максимальные значения показателей «сбор



масла» и «сбор сырого протеина» получены при обработке посевов ЗСК-4-Э, Байкал и ЗСК-6 — 521,3, 505,5, 503,0 и 304,8, 299,5, 307,5 кг/га, что превышало показатели контрольного варианта на 59,6, 43,8, 41,3 и 26,5, 21,2, 29,2 кг/га соответственно. Таким образом, максимальную продуктивность льна масличного сорта Исток обеспечивает обработка посевов льна масличного защитно-стимулирующими комплексами ЗСК-4-Э, ЗСК-6 и Байкал.

Список источников

1. Лазаричева С.Г. Состояние и перспективы производства основных масличных культур / ВАСХНИЛ, ВНИИ ТЗСХ. М., 1978. 50 с.
2. Соловьев А.Я. Льноводство. М.: Агропромиздат, 1989. 319 с.
3. Крепков А.П. Селекция льна-долгунца в Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 2000. 185 с.
4. Галкин Ф.М., Хатнянский В.И., Тишков Н.М., Пивень Т.В., Шафоростов В.Д. Лен масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборки / РАСХН, ГНУ ВНИИМК. Краснодар, 2008. 191 с.
5. Бражников В.Н. Агроэкологическая оценка льна и приемы его выращивания в условиях Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. Пенза, 2004. 21 с.
6. Бражников В.Н., Бражникова О.Ф., Прахова Т.Я., Прахов В.А. Результаты селекции и жирно-кислотный состав масла льна масличного // Международный сельскохозяйственный журнал. 2015. № 6. С. 23-27.
7. Бражников В.Н., Бражникова О.Ф. Результаты селекции льна масличного // Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур: материалы научно-практической конференции / отв. за вып. Д. В. Виноградов. Рязань: ФГБОУ Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 2013. С. 50-53.
8. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Кудрявцев Н.А., Ущуповский И.В., Попов Р.А., Скворцов С.С. Влияние факторов окружающей среды на урожай и качество льняного сырья // Вестник аграрной науки. 2020. № 5 (86). С. 3-10.
9. Новиков Э.В., Басова Н.В., Ущуповский И.В., Безбаченко А.В. Масличный лен как глобальный сырьевой ресурс для производства волокна // Молокохозяйственный вестник. 2017. № 3 (27). III кв. С. 187-204.
10. Антонова О.И., Толстых А.С., Чередниченко К.Н. Агротехническая и экономическая эффективность применения минеральных удобрений биологически активных веществ под лен масличный в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 1 (87). С. 20-23.
11. Лазарев В.И., Шершнева О.М. Фунгицидные и ростостимулирующие свойства препарата Биопак при обработке семян и посевов яровой пшеницы // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2011. № 4. С. 56-58.
12. Белоухов С.Л., Сафонов А.Ф., Дмитриевская И.И. Влияние биостимуляторов на морфологические показатели и урожайность льна-долгунца // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 3. С. 28-30.
13. Belopukhov, S.L., Dmitriev, L.B., Dmitrieva, E.L., Dmitrevskaja, I.I., Kocharov, S.A. (2010). Influence of biostimulators on structure of fat acids of linen oil. *Izvestia of Timiryazev-academy*, special issue, pp. 171-175.

14. Лазарев В.И., Шершнева О.М., Шкрабак Е.С. Препарат Биопак и микроэлементные удобрения — необходимы при возделывании и хранении сахарной свеклы // Сахарная свекла. 2012. № 5. С. 29-32.
15. Ущуповский И.В., Корнеева Е.М., Белоухов С.Л., Дмитриевская И.И., Прохоров И.С. Изучение биорегуляторов для предотвращения действия гербицидов на посевах льна-долгунца // Агротехнический вестник. 2014. № 4. С. 27-29.
16. Ущуповский И.В., Дмитриевская И.И., Белоухов С.Л., Мазирова М.А. Применение защитно-стимулирующего комплекса «ГФК» при возделывании льна // Земледелие. 2016. № 1. С. 29-31.
17. Методические указания по изучению коллекции технических и масличных культур. Л.: ВИР, 1968. 26 с.
18. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под общ. ред. М.А. Федина. М.: Сельхозиздат, 1983. 183 с.
19. Раушковский С.С. Методы исследований при селекции масличных растений по содержанию масла. М.: Пищепромиздат, 1959. 46 с.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Lazaricheva, S.G. (1978). *Sostoyanie i perspektivy proizvodstva osnovnykh maslichnykh kul'tur* [State and prospects of production of major oilseeds]. Moscow, 50 p.
2. Solov'ev, A.Ya. (1989). *L'novodstvo* [Flax growing]. Moscow, Agropromizdat Publ., 319 p.
3. Krepkov, A.P. (2000). *Seleksiya l'na-dolguntsa v Sibiri* (2000). [Breeding of fiber flax in Siberia]. Tomsk, TSU Publishing house, 185 p.
4. Galkin, F.M., Khatnyanskii, V.I., Tishkov, N.M., Piven', T.V., Shaforostov, V.D. (2008). *Len maslichnyi: seleksiya, semenovodstvo, tekhnologiya vozdelvaniya i uborki* [Oil flax: selection, seed production, cultivation and harvesting technology]. Krasnodar, 191 p.
5. Brazhnikov, V.N. (2004). *Agroekologicheskaya otsenka l'na i priemy ego vyrashchivaniya v usloviyakh Srednego Povolzh'ya* [Agroecological assessment of flax and methods of its cultivation in the conditions of the Middle Volga region]. Cand. agricultural sci. diss. Abstr.: 06.01.09. Penza, 21 p.
6. Brazhnikov, V.N., Brazhnikova, O.F., Prakhova, T.Ya., Prakhov, V.A. (2015). Rezul'taty seleksii i zhirno-kislotnyi sostav masla l'na maslichnogo [Results of selection and fatty acid composition of flax oil]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 6, pp. 23-27.
7. Brazhnikov, V.N., Brazhnikova, O.F. (2013). Rezul'taty seleksii l'na maslichnogo [Results of selection of oil flax]. *Nauchno-prakticheskie aspekty tekhnologii vozdelvaniya i pererabotki maslichnykh kul'tur: materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Scientific and practical aspects of technologies for the cultivation and processing of oilseeds: materials of the scientific-practical conference]. Ryazan, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, pp. 50-53.
8. Chernikov, V.G., Rostovtsev, R.A., Kudryavtsev, N.A., Ushchapovskii, I.V., Popov, R.A., Skvortsov, S.S. (2020). Vliyaniye faktorov okruzhayushchei sredy na urozhai i kachestvo l'nyanogo syr'ya [Influence of environmental factors on the yield and quality of flax raw materials]. *Vestnik agrarnoi nauki* [Bulletin of agrarian science], no. 5 (86), pp. 3-10.

9. Novikov, E.V., Basova, N.V., Ushchapovskii, I.V., Bez-bachchenko, A.V. (2017). Maslichnyi len kak global'nyi syr'evoi resurs dlya proizvodstva volokna [Oil flax as a global raw material resource for fiber production]. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik* [Dairy bulletin], no. 3 (27), III quarter, pp. 187-204.
10. Antonova, O.I., Tolstykh, A.S., Cherednichenko, K.N. (2012). Agromicheskaya i ehkonomicheskaya effektivnost' primeneniya mineral'nykh udobrenii biologicheskii aktivnykh veshchestv pod len maslichnyi v Altaiskom krae [Agronomic and economic efficiency of the use of mineral fertilizers of biologically active substances for oil flax in the Altai Territory]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], no. 1 (87), pp. 20-23.
11. Lazarev, V.I., Shershneva, O.M. (2011). Fungitsidnye i rostostimuliruyushchie svoystva preparata Biopag pri obrabotke semyan i posevov yarovoi pshenitsy [Fungicidal and growth-stimulating properties of the preparation Biopag in the treatment of seeds and crops of spring wheat]. *Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences], no. 4, pp. 56-58.
12. Belopukhov, S.L., Safonov, A.F., Dmitrevskaya, I.I. (2010). Vliyaniye biostimulyatorov na morfologicheskii pokazateli i urozhainost' l'na-dolguntsa [Influence of biostimulants on morphological parameters and yield of fiber flax]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], no. 3, pp. 28-30.
13. Belopukhov, S.L., Dmitriev, L.B., Dmitrieva, E.L., Dmitrevskaja, I.I., Kocharov, S.A. (2010). Influence of biostimulators on structure of fat acids of linen oil. *Izvestia of Timiryazev-academy*, special issue, pp. 171-175.
14. Lazarev, V.I., Shershneva, O.M., Shkrabak, E.S. (2012). Preparat Biopag i mikroelementnye udobreniya — neobkhodimy pri vozdelvani i khraneni sakharnoi svekly [The preparation Biopag and microelement fertilizers are necessary for the cultivation and storage of sugar beet]. *Sakharnaya svekla* [Sugar beet], no. 5, pp. 29-32.
15. Ushchapovskii, I.V., Korneeva, E.M., Belopukhov, S.L., Dmitrievskaya, I.I., Prokhorov, I.S. (2014). Izuchenie bioregulyatorov dlya predotvrashcheniya deystviya gerbitsidov na posevakh l'na-dolguntsa [Study of bioregulators to prevent the action of herbicides on fiber flax crops]. *Agrokhimicheskii vestnik* [Agrochemical herald], no. 4, pp. 27-29.
16. Ushchapovskii, I.V., Dmitrievskaya, I.I., Belopukhov, S.L., Mazirowa, M.A. (2016). Primeneniye zashchitno-stimuliruyushchego kompleksa «GFK» pri vozdelvanii l'na [Application of the protective-stimulating complex "GFK" in the cultivation of flax]. *Zemledeliye*, no. 1, pp. 29-31.
17. VIR (1968). *Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu kolleksii tekhnicheskikh i maslichnykh kul'tur* [Guidelines for the study of the collection of industrial and oilseeds]. Leningrad, VIR, 26 p.
18. Fedin, M.A. (ed.) (1983). *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* [Methods of state variety testing of agricultural crops]. Moscow, Sel'khozizdat Publ., 183 p.
19. Raushkovskii, S.S. (1959). *Metody issledovani pri selektsii maslichnykh rastenii po sodержaniyu masla* [Research methods in the selection of oil-bearing plants by oil content]. Moscow, Pishchepromizdat Publ., 46 p.
20. Dospikhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovani* [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 351 p.

Информация об авторе:

Бражников Владимир Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3186-5993>, v.brazhnikov.pnz@fncl.ru

Information about the author:

Vladimir N. Brazhnikov, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of breeding technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3186-5993>, v.brazhnikov.pnz@fncl.ru





Научная статья

УДК 632.51:632.934.1:633.522

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_492

ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТОВ ГЕРБИЦИДНОГО И ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ КОНОПЛИ ПОСЕВНОЙ

И.И. Плужникова, Н.В. Криушин, И.В. Бакулова

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

Аннотация. В работе анализируется влияние препаратов гербицидного и защитно-стимулирующего действия на засоренность посевов, рост и развитие, урожайность безнаркотической конопли, возделываемой в ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ» в Пензенской области в 2021-2022 гг. Применение гербицидов на основе клопиралида (Лонтрел гранд) и хизалофоп-П-этила (Миура) понизили в 2,6 и 2,1 раза наземную массу сорняков, на фоне увеличения воздушно-сухой массы культурных растений на 18,9 и 11,0% (фаза созревания семян), площади листовой поверхности (ПЛП) — на 36,9% (Миура), урожайности стеблей — на 14,8 и 11,0%, семян — на 6,3 и 11,3%. Комплексное использование изучаемых препаратов было наиболее эффективным. Применение по вегетации гербицида Миура и жидкого минерального удобрения Изagri Вита в сочетании с протравителем Артафит способствовало гибели 87,1% злаковых сорняков, повышению воздушно-сухой массы культурных растений на 50 и 33% (фазы цветения и созревания семян) и ПЛП — на 60,0%, с протравителем АгроВерм Экран — гибели 98,2% злакового компонента сорного ценоза, росту ПЛП на 62,2%. Обработка растений гербицидом Лонтрел гранд и некорневая подкормка снижали засоренность посевов на 67,7%. Включение в схему защиты протравителя Артафит позволило повысить у растений конопли ПЛП на 57,5%, воздушно-сухую массу — на 29,8% (фаза цветения) и высоту — на 11 см. Системы защиты с применением некорневой подкормки удобрением Изagri Вита и гербицидов Лонтрел гранд в сочетании с протравителем Артафит, Миура с протравителями АгроВерм Экран и Артафит обеспечивали рост урожайности стеблей от 1,18 до 1,78 т/га, семян — от 0,34 до 0,45 т/га.

Ключевые слова: конопля посевная, гербициды, защитно-стимулирующие препараты, сорняки, площадь листьев, воздушно-сухая масса, высота растений, урожайность

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008). Авторы благодарят рецензентов за экспертную оценку статьи.

Original article

THE EFFECT OF HERBICIDAL AND PROTECTIVE-STIMULATING DRUGS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF CANNABIS PLANTS

I.I. Pluzhnikova, N.V. Kriushin, I.V. Bakulova

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

Abstract. The paper analyzes the effect of herbicidal and protective-stimulating drugs on the contamination of crops, growth and development, and yield of drug-free cannabis cultivated in the field of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops — Separate division “Penza Research Institute of Agriculture” in the Penza region in 2021-2022. The use of herbicides based on clopyralide (Lontrel grand) and hizalophop-P-ethyl (Miura) allowed to reduce the ground mass of weeds by 2.6 and 2.1 times, increase the air-dry mass of cultivated plants by 18.9 and 11.0% (seed ripening phase), leaf surface area (LSA) — by 36.9% (Miura), the yield of stems by 14.8 and 11.0%, seeds — by 6.3 and 11.3% compared to the control without treatments. The complex use of the studied drugs was the most effective. The use of Miura herbicide and Izagri Vita liquid mineral fertilizer in combination with Artafit mordant during vegetation contributed to the death of 87.1% of cereal weeds, an increase in the air-dry mass of cultivated plants by 50; 33.3% (phases of flowering and maturation of seeds) and LSA — by 60.0%, with AgroVerm Screen mordant — the death of 98.2% of the cereal component of weed cenosis, LSA growth by 62.2%. Treatment of plants with the herbicide Lontrel Grand and foliar top dressing reduced the contamination of crops by 67.7%. The inclusion of the Artafit protectant in the protection scheme made it possible to increase the LSA in cannabis plants by 57.5%, the air-dry mass by 29.8% (flowering phase) and the height by 11 cm compared to the control without treatments. Protection systems using foliar fertilizing with Izagri Vita fertilizer and Lontrel Grand herbicides in combination with Artafit Miura protectant — with AgroVerm Screen and Artafit protectants provided an increase in the yield of stems from 1.18 to 1.78 t/ha, seeds — from 0.34 to 0.45 t/ha compared to the control without treatments.

Keywords: seed cannabis, herbicides, protective and stimulating drugs, weeds, leaf area, air-dry mass, plant height, yield

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the State Assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No. FGSS-2022-0008). The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Введение. Среди прядильных культур конопля посевная занимает одно из главных мест. Волокно растений применяется для производства парусины, брезента, канатов, веревок и другой продукции. Семена являются источником получения ценного растительного масла и жмыха. Содержание масла в семенах составляет в среднем 30-35%. Масло высыхающее, применяется в пищевых и технических целях. Жмых содержит до 30% белка и служит ценным кормом для животных [1-5].

Биологической особенностью культуры является неравномерность роста и слабая корневая система, составляющая 8-13% от массы растения. Первые 20-30 суток от полных всходов растения конопли растут очень медленно.

Наибольший среднесуточный прирост в высоту (5-8 см) наблюдается в межфазный период бутонизация-цветение. В данное время обрабатывается около 75% надземной массы растения. Урожай растений конопли формируется в основном в первой половине вегетации, при недостаточно развитой корневой системе. Значительного развития она достигает во второй половине вегетации, когда рост замедляется, а потребление питательных веществ идет менее активно [6]. В связи с этим в начале роста растений необходимо существенное снабжение их легкодоступными питательными веществами и влагой. Присутствие в это время в агрофитоценозе конопли сорной растительности делает ее слабым конкурентом в борьбе за свет, воду,

питательные элементы. Чтобы культурные растения смогли сформировать высокий урожай стеблей и семян необходимо устранение негативного влияния сорного компонента. В посевах конопли механическое уничтожение сорняков является практически единственной формой борьбы. При широкорядном способе посева запозывание с первым рыхлением почвы в фазе образования второй пары настоящих листьев приводит к невозможным потерям урожая волокна и семян [7].

Поддержание низкой засоренности сельскохозяйственных угодий возможно только при совместном использовании агротехнического и химического методов. Химический способ защиты остается главным в плане фитосанитарной



обстановки. В настоящее время расход гербицидов составляет 56% от общего объема пестицидов, гибель сорняков находится в пределах 86% [8]. В свою очередь, применение интегрированной системы защиты растений предусматривает минимизацию негативного воздействия химических средств на нецелевые организмы [9-12]. В этой связи расширяются работы по изучению биопестицидов, регуляторов роста, водорастворимых минеральных удобрений с микроэлементами в форме хелатов, влияющих на повышение стрессоустойчивости у культурных растений к неблагоприятным факторам окружающей среды, в том числе к действию гербицидов [13-16]. Поэтому представляется актуальным проведение экспериментальной проверки и оценки влияния современных гербицидов и препаратов защитно-стимулирующего действия, как на сорную растительность, так и на культурные растения, для определения более рационального их применения и установления действия на рост и развитие, формирование урожайности конопля посевной.

Цель исследований — изучение влияния гербицидной защиты с использованием защитно-стимулирующих препаратов на рост, развитие и урожайность основных видов продукции конопля посевной.

Методика исследований. Экспериментальную поисковую работу проводили в 2021-2022 гг. на полях ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ». Исследования проводили на конопле посевной среднерусского экотипа сорта двустороннего направления использования Надежда.

Для установления эффективности действия препаратов гербицидного и защитно-стимулирующего свойства на засоренность посевов технической конопля и их влияния на рост, развитие и урожайность культуры закладывали трехфакторные полевые опыты по схеме: фактор А — протравливание препаратами защитно-стимулирующего действия: Артафит, ВРК (полидиаллилдиметиламмоний хлорид), АгроВерм Экран (микробиологический препарат на основе бактерий *Bacillus subtilis*) и Лигногумат (гуминовое удобрение со свойствами стимулятора роста) в нормах применения препаратов 0,15, 1,0 л/т и 0,12 кг/т соответственно; фактор В — обработка растений гербицидами Лонтрел гранд, ВДГ (750 г/кг клопиралида) и Миура, КЭ (125 г/л хизалофоп-П-этила) в нормах применения препаратов 0,08 кг/га и 0,8 л/га; фактор С — наземное опрыскивание водорастворимым минеральным удобрением с микроэлементами в форме хелатов Изагри Вита в дозировке 1,0 л/га. В схему опыта включены: контроль — обработка семян водой и контроль — без обработки по вегетации. В статье анализируются показатели в сравнении с контролем по изучаемому фактору и абсолютным контролем, подразумеваящим вариант без применения какого-либо препарата.

Семена для посева протравливали в лабораторных условиях вручную при соблюдении расхода рабочей жидкости 10 л/т.

Обработки вегетирующих растений выполняли ранцевым опрыскивателем с учетом расхода рабочей жидкости 200 л/га. Срок применения гербицидов — фаза начала образования третьей пары листьев, жидкого удобрения — фаза начала бутонизации (9 пар листьев).

Исследовательские работы велись в соответствии с методическими указаниями по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве,

а также проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей, математический анализ результатов опыта — по методике Б.А. Доспехова [7, 17, 18].

Величина площади учетной делянки 10 м². Варианты опыта размещали последовательно ярусами в четырехкратной повторности. Испытания вели по чистому пару. Посевные работы проходили 6 мая (2021 г.) и 28 апреля (2022 г.) сеялкой СН-16 с междурядьем 45 см, при этом норма высева составляла 0,9 млн всхожих семян на 10 тыс. м². Почва экспериментального участка — тяжелосушливый среднесиловый выщелоченный чернозем с рН_{кон.} — 5,1; содержание гумуса — 5,1% (по Тюрину), легкогидролизуемого азота — 136,0 мг/кг почвы, подвижного фосфора — 172,0 мг/кг почвы, обменного калия — 206,7 мг/кг почвы.

Результаты исследований. Рост и развитие растений в период проведения эксперимента протекал в условиях, отличающихся по уровню влагообеспеченности. В течение времени от посева до полных всходов в 2021 и 2022 гг. зафиксирован низкий уровень осадков, гидротермический коэффициент (ГТК) находился в пределах 0,48 и 0,22. В межфазный период бутонизация-массовое цветение в 2021 г. установлено оптимальное увлажнение для роста растений (ГТК 1,09). В 2022 г. данный период отличался недостаточным увлажнением (ГТК 0,72). Рост культуры от цветения до созревания семян протекал в условиях оптимального увлажнения (ГТК 1,11) в 2021 г. и слабого (ГТК 0,16) — в 2022 г. Межфазный период всходы-массовое созревание семян в 2021 г. оказался недостаточным увлажненным (ГТК 0,97), в 2022 г. — слабо увлажненным (ГТК 0,39). Исходя из этого следует, что период вегетации 2022 г. проходил в более неблагоприятном соотношении теплового и водного режимов для выращивания культуры, что отразилось на снижении урожайности семян на 20,8%, стеблей — в 2,2 раза в сравнении с показателями 2021 г.

При анализе засоренности посевов в годы исследований установлено, что количество и надземная сырая масса сорняков находились в зависимости от погодных условий вегетационного периода. Максимальные значения данных показателей отмечались во влажный год — 216 шт. и 567,2 г/м², в засушливый — 56 шт. и 131,9 г/м², или были в 3,9 и 4,3 раза меньше. В структуре сорного компонента агрофитоценоза в годы исследований малолетние сорняки являлись доминирующей группой (табл. 1). Наибольшую надземную сырую массу в составе малолетних сорняков имели марь белая (*Chenopodium album* L.) — 21,1%, щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.) — 9,6%, горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus* L.) — 8,7%, злаковые: просо куриное и щетинник сизый (*Echinochloa crusgall* L.; *Panicum viride* L.) — 7,8%, дымянка аптечная (*Fumaria officinalis* L.) — 6,5%, пикульник зябра (*Galeopsis speciosa* Mill.) — 5,6%, горец развесистый (*Polygonum lapathifolium* L.) — 4,8%. Масса многолетних сорняков, таких как осоты: бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.) осот желтый (*Sonchus arvensis* L.) и вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.) составляла 1,9%. В посевах сложился малолетне-корнеотпрысковый тип засоренности.

Защитные мероприятия, проводимые для подавления сорной растительности, способствовали усилению конкурентоспособности культурных растений к сорнякам и снижению их количества и массы. Учет засоренности посевов

через 30 суток после применения гербицидов показал, что влияние фактора А обработка семян стимуляторами роста Артафит и Лигногумат обеспечивала уменьшение массы сорняков на 13,0 и 9,1%. Опрыскивание гербицидами Лонтрел гранд и Миура (фактор В) вызывало гибель 33,5 и 23,3% сорной растительности. Некорневая подкормка удобрением Изагри Вита (фактор С) снижала засоренность на 14,4%. Взаимодействие факторов А и С при использовании препаратов Лонтрел гранд и Миура на фоне опрыскивания удобрением позволяло понизить изучаемый параметр на 67,7 и 60,7%.

Для контроля двудольных сорняков наиболее благоприятным было применение гербицида Лонтрел гранд в сочетании с протравителями Артафит и Лигногумат, как на фоне некорневой подкормки, так и без нее. При этом происходило уменьшение массы сорняков — от 55,7 до 60,0%. Помимо подавления различных видов горцев и осотов наблюдалось существенное снижение надземной массы марь белой и щирицы запрокинутой — в 2,3 и 3,3 раза по сравнению с контролем без обработок. Для подавления злакового компонента в сорном ценозе эффективнее всего оказалось использование граминицида Миура в комплексе с протравителями Артафит и Агроверм Экран на фоне некорневой подкормки. В этом случае общая засоренность снижалась на 55,1 и 53,0%, а злаковой группы сорняков — на 87,1 и 98,2% по сравнению с контролем.

Исследуемые способы защиты через уменьшение засоренности посевов оказывали действие на накопление воздушно-сухой массы культурных растений (рис. 1).

В фазе трех пар листьев конопля ее воздушно-сухая масса возрастала под влиянием обработок семян регулятором роста Артафит и изучаемыми гербицидами на 6,7, 7,0 и 12,2% соответственно.

В фазе цветения проявилось максимальное действие протравителей, при котором сухая масса увеличивалась от 13,6 до 20,5%. Опрыскивание гербицидом Миура и жидким удобрением обеспечивало рост воздушно-сухой массы растений на 11,5 и 10,6%. Наибольшие значения исследуемого показателя были получены при применении гербицида Миура в сочетании с препаратами Артафит + Изагри Вита и Лигногумат — 12,6 и 12,5 г/растение против 8,4 г/растение в контрольном варианте.

В фазе созревания семян влияние стимуляторов, наносимых на посевной материал, прекращается, но продолжается воздействие гербицидов и некорневой подкормки, приводя к повышению сухой массы растений на 4,0, 15,6 и 8,8% соответственно, по сравнению с контролем. Применение комплексной защиты Миура + Артафит и Лонтрел гранд + Агроверм Экран на фоне подкормки по вегетации удобрением способствовало росту данного параметра на 33,3 и 23,9% по сравнению с контролем.

Корреляционный анализ показал отрицательную связь между массой сорняков через 30 суток после применения гербицидов и воздушно-сухой массой растений конопля в фазах трех пар листьев и созревания семян (-0,653±0,16; -0,499±0,18), положительную — между урожайностью семян и воздушно-сухой массой растений в фазе созревания семян (0,682±0,16).

Оценка влияния защитных мероприятий против сорной растительности на высоту культурных растений, находящихся в фазе начала



образования семян, показала, что изучаемые препараты позволяют стимулировать рост растений (рис. 2). Применение стимуляторов роста Артафит и Лигногумат обеспечивало увеличение высоты растений на 5,2 и 5,3 см по сравнению с контролем. Если в варианте с применением гербицидов Лонтрел гранд и Миура высота растений составляла 231 и 234 см (против 232 см в контроле), то в вариантах Артафит + Лонтрел гранд и Лигногумат + Миура на фоне некорневой подкормки данный показатель повышался на 14 и 11 см по сравнению с контролем.

Листовая поверхность является важнейшей составной частью, определяющей фотосинтетическую деятельность растений. Проведенные исследования по формированию площади листовой поверхности растений конопли в фазе цветения показали, что внесение препаратов гербицидного и защитно-стимулирующего действия способствовало устранению конкуренции сорняков, улучшению условий для роста культуры и развития ее фотосинтетического аппарата.

Нанесение на семена препаратов Артафит, Агроверм Экран и Лигногумат обеспечивало

повышение ПЛП на 9,3, 18,9 и 24,9% по сравнению с контролем (табл. 2). Гербицид Миура приводил к увеличению площади листьев на 5,5%, а обработка растений удобрением — на 12,6% по сравнению с контролем. Доказано взаимодействие всех факторов, при котором на фоне опрыскивания растений удобрением и использования изучаемых гербицидов со стимуляторами роста Артафит и Лигногумат площадь листьев возрастала от 90,1 тыс. м²/га (Артафит + Лонтрел гранд) до 97,2 тыс. м²/га (Лигногумат + Лонтрел гранд) против 57,2 тыс. м²/га в контроле.

Таблица 1. Видовой состав, количество и масса сорняков в посевах конопли через 30 суток после обработки гербицидами (2021-2022 гг.)
Table 1. Species composition, quantity and mass of weeds in cannabis crops 30 days after herbicide treatment (2021-2022)

Факторы, варианты опыта			Видовой состав сорняков шт. и г/м ²														Общее количество и масса сорняков
			Вьюнок полевой	Злаковые	Марь белая	Щирца запрокинутая	Фиалка полевая	Подмаренник цепкий	Пикульник зябра	Дымянка лекарственная	Чистец однолетний	Марь многосемянная	Осоты (желтый, розовый)	Горец вьюнковый	Горец развесистый	Ярутка полевая	
А	В	С															
Контроль	Контроль	1	3 1,9	24 27,2	31 156,2	19 33,6	4 1,6	3 4,3	3 19,7	7 22,6	16 13,3	13 8,6	1 4,7	4 30,3	4 16,8	4 8,8	136 349,6
		2		27 41,6	21 92,1	9 19,1	4 1,4	-	11 46,6	3 9,8	4 4,5	3 1,3	3 15,9	4 17,7	4 32,8	4 6,0	96 288,8
	Лонтрел гранд	1	3 1,1	29 39,2	18 41,5	16 11,7	10 6,4	1 1,0	1 1,0	3 7,9	6 11,7	16 9,0	-	-	-	1 4,8	104 135,3
		2	12 4,8	20 41,2	-	4 16,9	2 1,0	2 3,7	2 39,7	-	2 5,7	-	-	-	-	-	44 113,0
	Миура	1	9 38,2	7 10,2	19 46,5	12 14,9	4 5,6	2 10,4	2 2,9	5 17,8	6 6,8	17 7,8	-	-	1 2,9	4 4,1	88 168,1
		2	2 1,1	6 2,2	10 37,9	2 0,2	14 15,8	-	-	8 41,2	-	8 13,3	2 0,8	2 2,8	6 17,3	8 4,9	68 137,5
Артафит	Контроль	1	6 29,3	31 14,6	24 64,0	6 2,0	9 5,9	1 0,1	3 29,1	3 4,9	2 3,0	10 4,8	-	4 8,2	6 21,7	13 23,1	118 210,7
		2	1 0,3	26 30,5	7 31,9	7 6,8	2 0,8	-	6 46,9	4 17,0	9 20,4	3 1,0	2 4,7	-	1 0,1	1 0,9	69 161,3
	Лонтрел гранд	1	5 5,5	26 41,9	21 67,4	5 3,5	1 0,3	1 1,7	1 2,5	1 5,3	6 9,5	12 4,2	-	1 1,1	1 0,2	2 3,7	83 146,8
		2	2 1,1	18 40,7	10 39,2	7 13,2	3 2,4	-	2 6,6	3 8,1	5 6,9	20 12,3	-	2 5,6	-	3 3,9	75 140,0
	Миура	1	3 2,8	6 9,0	26 89,1	8 18,1	4 1,4	1 1,8	5 53,0	3 15,3	9 7,5	-	-	2 4,1	2 6,3	9 13,3	78 221,7
		2	5 20,8	9 3,5	11 49,3	7 51,9	6 2,0	-	2 2,7	3 3,4	5 3,3	9 3,9	-	1 4,9	1 10,1	1 1,0	60 156,8
Агроверм Экран	Контроль	1	11 46,1	31 21,6	14 58,9	21 38,6	7 3,0	1 1,5	8 20,0	7 14,7	7 2,8	11 6,0	-	1 3,1	3 16,4	4 12,7	126 245,4
		2	2 0,3	14 17,1	19 58,8	8 18,0	2 3,1	2 10,0	4 12,7	10 28,2	2 2,2	7 3,2	1 5,1	3 11,3	-	4 6,8	78 176,8
	Лонтрел гранд	1	4 6,0	42 31,4	33 130,8	12 4,8	5 2,2	-	5 16,9	5 11,9	5 1,8	26 14,0	-	3 4,5	1 7,9	4 14,2	145 246,4
		2	5 9,4	17 58,9	18 73,5	7 11,1	2 4,3	2 0,5	3 7,7	5 13,0	3 14,4	20 14,2	-	1 2,4	-	4 2,2	87 211,6
	Миура	1	5 18,6	12 1,2	11 52,8	11 31,0	6 4,1	-	5 28,9	4 6,3	9 15,0	9 2,5	1 2,9	3 4,6	2 12,0	9 17,8	87 197,7
		2	4 4,4	1 0,5	10 39,0	9 6,4	3 1,4	2 3,8	3 9,1	9 37,5	5 22,7	14 10,8	3 3,2	2 9,5	3 10	4 5,9	72 164,2
Лигногумат	Контроль	1	3 5,5	29 53,2	8 27,3	15 76,9	6 3,9	1 3,3	2 25	6 19,7	1 2,0	18 26,4	1 2,4	1 0,4	2 5,1	7 14,8	100 265,9
		2	2 4,1	20 21,0	11 13,0	8 12,6	6 10,9	2 6,6	9 57,3	7 12,4	4 4,2	9 3,5	1 9,7	2 8,6	-	2 10,0	83 257,2
	Лонтрел гранд	1	3 1,1	26 44,7	17 46,6	14 28,7	5 5,8	-	-	-	3 3,5	27 12,7	-	1 4,0	2 1,4	3 3,6	101 152,1
		2	2 2,6	65 50,4	10 46,7	1 0,1	5 4,8	1 1,8	1 4,0	2 10,0	7 7,1	6 2,1	-	1 0,5	2 11,0	4 14,1	107 155,0
	Миура	1	3 7,1	10 5,0	15 49,9	5 38,0	5 13,1	2 2,0	3 21,3	5 12,9	6 3,3	15 9,5	7 2,1	1 15,1	3 39,7	1 3,4	81 222,4
		2	1 0,7	10 20,8	17 52,3	8 14,8	2 1,9	1 3,2	8 55,8	6 19,0	2 11,6	30 13,2	5 4,6	3 25,6	-	3 8,2	96 231,7
НСР _{0,5}			Var. — 43,4; A-17,7; B- 15,3; C- 12,5; AB-30,7; AC-25,0														43,4

Примечания: 1. В числителе — количество сорняков, шт., в знаменателе — масса, г.; 2. Значение НСР приведены для массы сорняков;
3. Фактор С: 1 — контроль (без опрыскивания по вегетации растений), 2 — некорневая подкормка препаратом Изогри Вита.



Воздействие протравителей Лигногумат и Агро-Верм Экран в сочетании с некорневым использованием удобрения способствовало росту площади листовой поверхности на 72,7 и 72,6% по сравнению с контролем.

Корреляционный анализ показал положительную связь между ПЛП в фазе цветения и урожайностью стеблей и семян (0,524±0,18 и 0,477±0,19).

В ходе эксперимента определено существенное влияние защиты посевов от сорняков на формирование урожая (рис. 3).

Применение изучаемых гербицидов обеспечивало формирование прибавки урожая стеблей на 0,93 и 0,69 т/га, прибавки урожая семян — на 0,10 и 0,18 т/га. Испытываемые комплексы препаратов против сорняков с использованием защитно-стимулирующих средств

оказались более эффективными. Лучший результат получен при применении гербицида Лонтрел гранд в сочетании с протравителем Артафит, гербицида Миура — с АгроВермом Экран и Артафитом при условии нанесения на растения в виде подкормки жидкого минерального удобрения Изагри Вита. Урожайность стеблей повышалась на 1,53, 1,78 и 1,18 т/га, семян — на 0,34, 0,45 и 0,43 т/га соответственно.

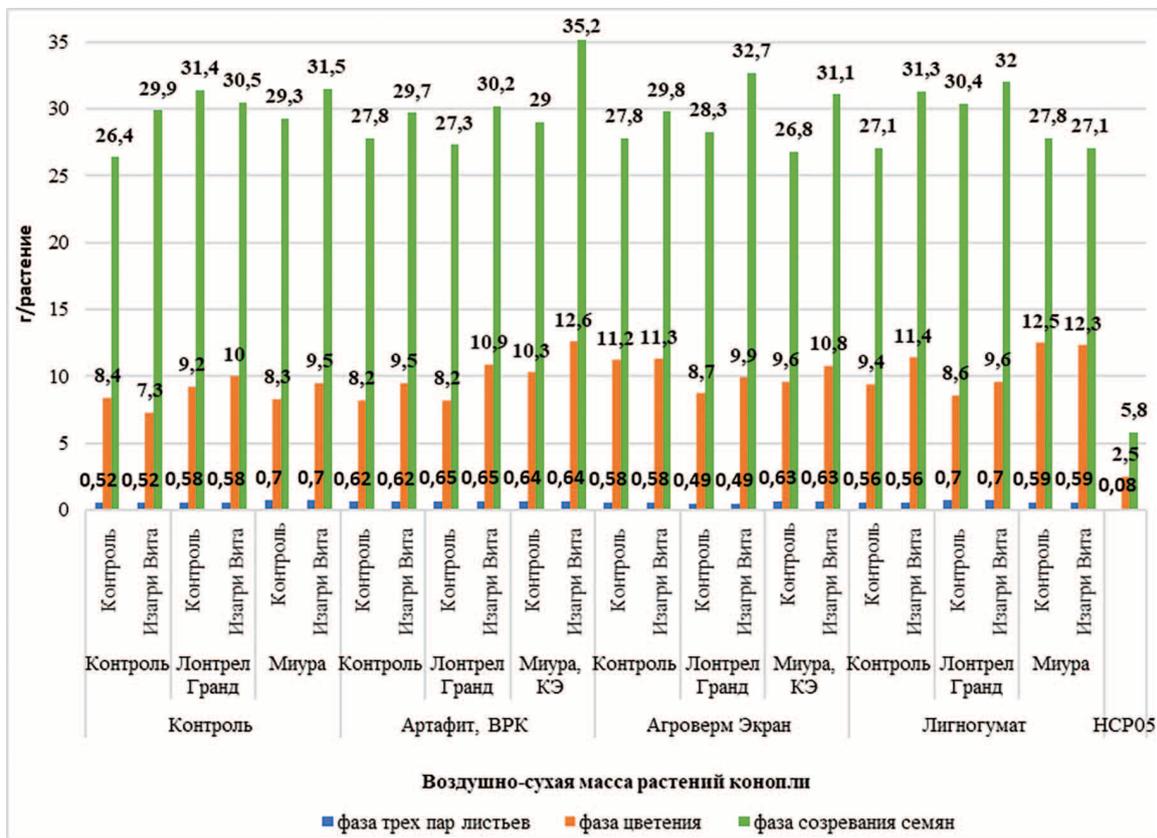


Рисунок 1. Динамика накопления воздушно-сухой массы растений конопли (2021-2022 гг.)
Figure 1. Dynamics of accumulation of air-dry mass of cannabis plants (2021-2022)

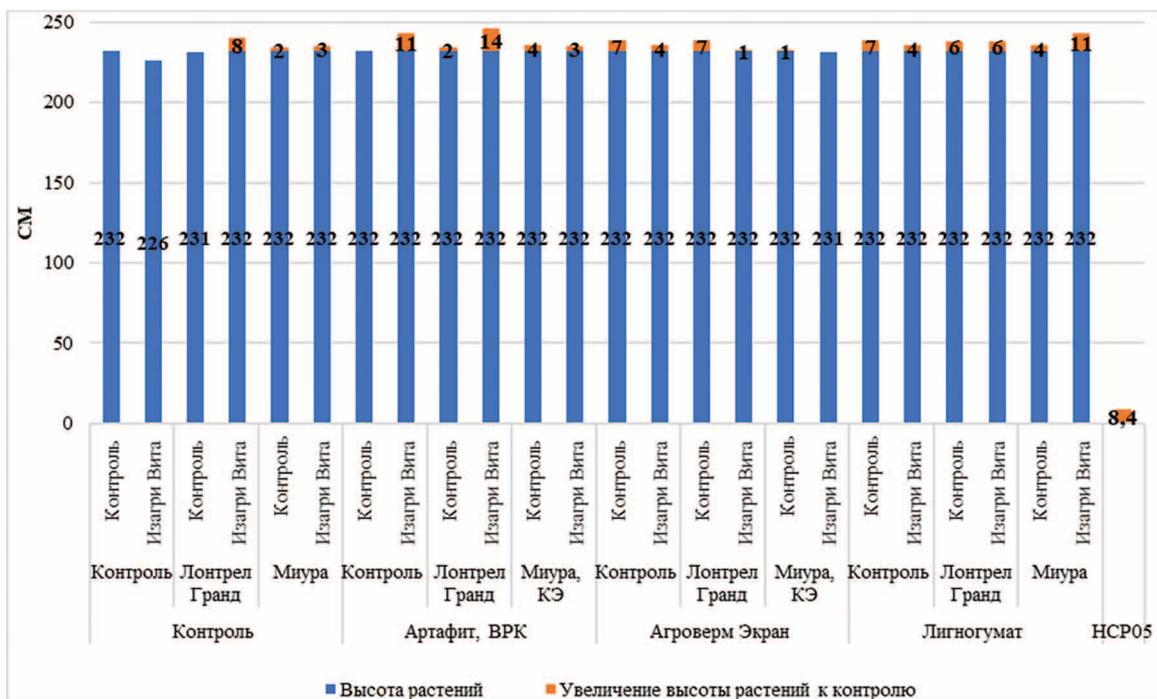


Рисунок 2. Влияние изучаемых способов защиты от сорняков на высоту растений конопли в фазе начала образования семян (2021-2022 гг.)
Figure 2. The influence of the studied methods of weed protection on the height of cannabis plants in the seed formation phase (2021-2022)



Таблица 2. Влияние изучаемых факторов на площадь листовой поверхности растений конопли в фазе цветения (2021-2022 гг.)
Table 2. The influence of the studied factors on the leaf surface area of cannabis plants in the flowering phase (2021-2022)

Варианты опыта			Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га			
Фактор А	Фактор В	Фактор С	Варианты	Факторы		
				А	В	С
Контроль	Контроль	Контроль	57,2	72,0		
		Изагри Вита	77,9			
	Лонтрел Гранд	Контроль	62,5			
		Изагри Вита	71,6			
	Миура	Контроль	78,3			
		Изагри Вита	84,2			
Артафит	Контроль	Контроль	63,1	78,7		
		Изагри Вита	84,9			
	Лонтрел Гранд	Контроль	71,4			
		Изагри Вита	90,1			
	Миура	Контроль	71,4			
		Изагри Вита	91,5			
АгроВерм Экран	Контроль	Контроль	85,0	85,6		
		Изагри Вита	98,7			
	Лонтрел Гранд	Контроль	72,9			
		Изагри Вита	78,6			
	Миура	Контроль	85,5			
		Изагри Вита	92,8			
Лигногумат	Контроль	Контроль	98,8	89,9		80,5
		Изагри Вита	78,2			
	Лонтрел Гранд	Контроль	90,1			
		Изагри Вита	97,2			
	Миура	Контроль	84,5			
		Изагри Вита	90,8			
НСР ₀₅			12,5	5,1	4,4	3,6 AB — 8,8 AC — 7,2 ABC — 12,5

Заключение. Таким образом, применение на конопле посевной современных гербицидов на основе клопираллида (Лонтрел гранд) и хизалофоп-П-этила (Миура) самостоятельно и совместно с препаратами защитно-стимулирующего свойства оказывало положительное действие на подавление сорной растительности, повышение общей высоты, воздушно-сухой массы, площади листовой поверхности и урожайности культурных растений. Комплексное использование изучаемых препаратов оказалось наиболее эффективным.

Значительным положительным влиянием на засоренность посевов, рост и развитие растений конопли обладали системы защиты с применением некорневой подкормки удобрением Изагри Вита и гербицидов Лонтрел гранд в сочетании с протравителем Артафит, Миура — с протравителями АгроВерм Экран и Артафит. При этом урожайность стеблей возрастала на 1,53, 1,78 и 1,18 т/га, семян — на 0,34, 0,45 и 0,43 т/га.

Список источников

1. Попов Р.А. Состояние, проблемы и возможности для развития отечественного коноплеводства // Агротехника и энергообеспечение. 2019. № 4. С. 42-52.
2. Cherney, J.H., Small, E. (2016). Industrial Hemp in North America: Production, Politics and Potential. *Agronomy*, vol. 6, no. 4, pp. 58. doi: 10.3390/agronomy6040058
3. Дубровин М.С. Применение технической конопли в производстве широкого спектра продукции различного назначения // International agricultural journal. 2022. № 2. С. 925-942. doi: 10.55186/25876740_2022_6_2_30
4. Димитриев В.Л., Шошков Л.Г., Ложкин А.Г. Биохимический состав семян и масла безнаркотических сортов однодомной конопли // Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ. Чебоксары, 2021. С. 21-24.
5. Ростовцев Р.А., Ушаповский И.В., Новиков Э.В. Актуальные проблемы производства и первичной переработки технической конопли // Состояние и перспективы

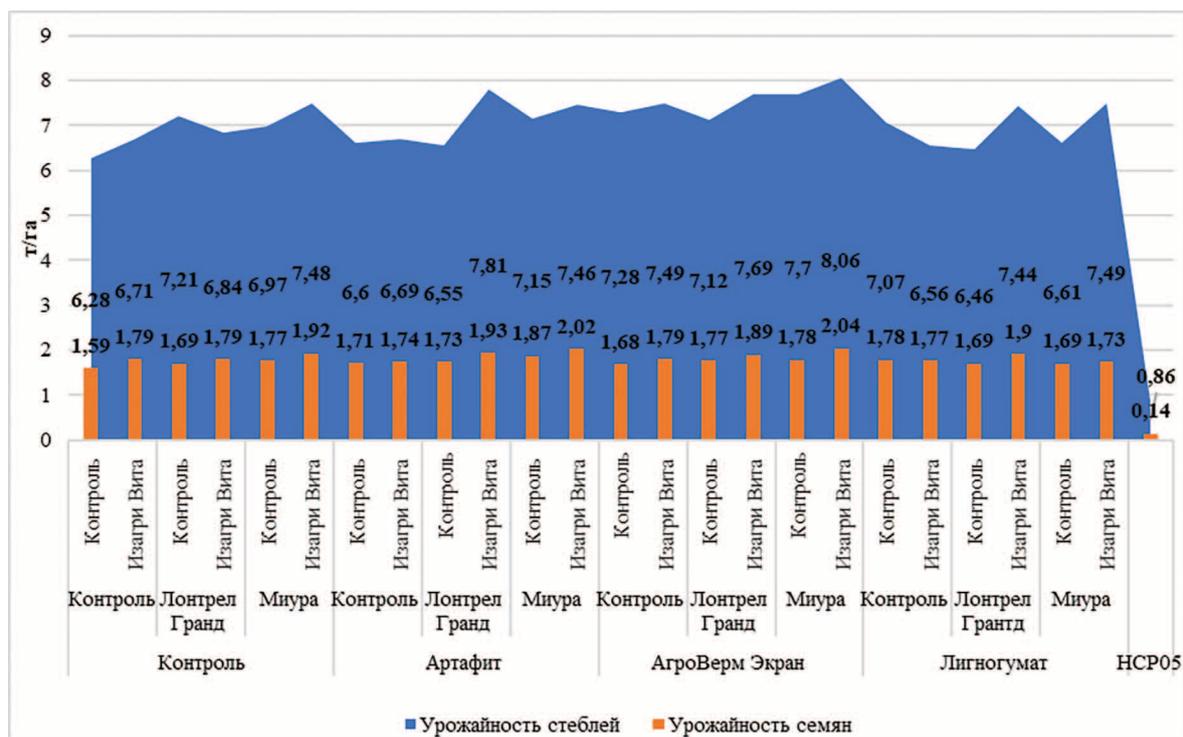


Рисунок 3. Влияние применения гербицидов и защитно-стимулирующих препаратов на урожайность растений конопли (2021–2022 гг.)
Figure 3. The effect of the use of herbicides and protective-stimulating drugs on the yield of cannabis plants (2021-2022)



развития агропромышленного комплекса: сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции в рамках XXII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш» / Донской государственный технический университет; Аграрный научный центр «Донской»; Общество с ограниченной ответственностью «ДТУ-ПРИНТ». Ростов-на-Дону, 2019. С. 421-424.

6. Тарануха В.Г., Камасин С.С., Пугач А.А. Растениеводство. Пряжильные культуры. Горки: БГСХА, 2020. С. 41-46.

7. Методические указания по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей / сост. Г.Р. Бедак и др. М.: ВАСХНИЛ, 1980. 34 с.

8. Говоров Д.Н., Живых А.В., Шабельникова А.А. Применение пестицидов. Год 2020-й // Защита и карантин растений. 2021. № 6. С. 3-4. doi: 10.47528/1026-8634_2021_6_3

9. Сычев В.Г. Перспективы использования новых агрохимикатов в современных агротехнологиях // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: материалы докладов участников 10-й научно-практической конференции «Анапа-2018». М.: ООО «Плодородие», 2018. С. 3-6.

10. Спиридонов Ю.Я., Будынов Н.И., Дудкин И.В., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б. Влияние различных мер борьбы с сорняками в севообороте на засоренность заключительного поля // Агрехимия. 2020. № 12. С. 38-44. doi: 10.31857/S0002188120120108

11. Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Лаптиев А.Б. Развитие химического метода защиты растений в России // Защита и карантин растений. 2021. № 4. С. 3-13. doi: 10.47528/1026-8634_2021_4_3

12. Hall, J., Midmore, D. and Bhattarai, S. (2014). Effect of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) planting density on weed suppression, crop growth, physiological responses, and fiber yield in the subtropics. *Renewable Bioresources*, 2:1. doi: 10.7243/2052-6237-2-1

13. Солдатенко А.В., Меньших А.М., Федосов А.Ю., Иркин И.И., Иванова М.И. Повышение конкурентоспособности овощных культур к сорным растениям посредством совершенствования методов борьбы // Овощи России. 2022. № 2. С. 72-87. doi: 10.18619/2072-9146-2022-2-72-87

14. Плотников А.М., Гладков Д.В., Суботин И.А. Урожайность семян конопли при применении минеральных удобрений и гербицидов // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 3 (69). С. 64-67. doi: 10.23670/IRJ.2018.69.022

15. Maxwell, Brett A. (2016). Effects of Herbicides on Industrial Hemp (*Cannabis Sativa*) Phytotoxicity, Biomass, and Seed Yield. *Masters Theses & Specialist Projects*, paper 1742. 28 p. Available at: <https://digitalcommons.wku.edu/theses/1742>

16. Дмитриевская И.И., Жарких О.А. Усовершенствование агротехнологий выращивания технической конопли // Аграрная наука — сельскому хозяйству: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции в 2-х книгах. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2021. С. 142-143.

17. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве / РАСХН, ВНИИФ. М.: Печатный город, 2009. 247 с.

18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Альянс, 2014. 351 с.

References

1. Popov, R.A. (2019). Sostoyaniye, problemy i vozmozhnosti dlya razvitiya otechestvennogo konoplevodstva [The state, problems and opportunities for the development of domestic hemp farming]. *Agrotekhnika i ehnergoobespecheniye* [Agrotechnics and energy supply], no. 4, pp. 42-52.

2. Cherney, J.H., Small, E. (2016). Industrial Hemp in North America: Production, Politics and Potential. *Agronomy*, vol. 6, no. 4, pp. 58. doi: 10.3390/agronomy6040058

3. Dubrovin, M.S. (2022). Primeneniye tekhnicheskoi konopli v proizvodstve shirokogo spektra produktov razlichnogo naznacheniya [The use of technical cannabis in the production of a wide range of products for various purposes]. *International agricultural journal*, no. 2, pp. 925-942. doi: 10.55186/25876740_2022_6_2_30

4. Dimitriev, V.L., Shoshkov, L.G., Lozhkin, A.G. (2021). Biokhimicheskii sostav semyan i masla beznarkoticheskikh sortov odnodomnoi konopli [Biochemical composition of seeds and oil of drug-free varieties of monoecious cannabis]. *Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya intellektual'nogo potentsiala selskogo khozyaystva regionov Rossii: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu FGBOU VO Chuvashskii GAU* [Scientific and educational environment as the basis for the development of the intellectual potential of agriculture in the regions of Russia: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Chuvash State University]. Cheboksary, pp. 21-24.

5. Rostovtsev, R.A., Ushchapovskii, I.V., Novikov, E.H.V. (2019). Aktual'nye problemy proizvodstva i pervichnoi pererabotki tekhnicheskoi konopli [Actual problems of production and primary processing of technical hemp]. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: sbornik nauchnykh trudov XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii v ramkakh XXII Agropromyshlennogo foruma yuga Rossii i vystavki «Interaгромаш»* [State and prospects for the development of the agro-industrial complex: collection of scientific papers of the XII International Scientific and Practical Conference within the framework of the XXII Agro-Industrial Forum of the South of Russia and the Interagromash exhibition]. Rostov-on-Don, pp. 421-424.

6. Taranukho, V.G., Kamasin, S.S., Pugach, A.A. (2020). *Rasteniyevodstvo. Pryadil'nyye kul'tury* [Plant growing. Spinning crops]. Gorki, BGSXA, pp. 41-46.

7. Bedak, G.R. i dr. (ed.) (1980). *Metodicheskoe ukazaniya po provedeniyu polevykh i vegetatsionnykh opytov s konoplei* [Guidelines for conducting field and vegetation experiments with cannabis]. Moscow, VASHNIL Publ., 34 p.

8. Govorov, D.N., Zhivykh, A.V., Shabel'nikova, A.A. (2021). Primeneniye pestitsidov. God 2020-i [Application of pesticides. Year 2020]. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine], no. 6, pp. 3-4. doi: 10.47528/1026-8634_2021_6_3

9. Sychev, V.G. (2018). Perspektivy ispol'zovaniya novykh agrokhimikatov v sovremennykh agrotekhnologiyakh [Prospects for the use of new agrochemicals in modern agricultural technologies]. *Perspektivy ispol'zovaniya innovatsionnykh form udobrenii, sredstv zashchity i regulatorov rosta v*

agrotekhnologiyakh selskokhozyaystvennykh kul'tur: materialy dokladov uchastnikov 10-i nauchno-prakticheskoi konferentsii «Anapa-2018» [Prospects for the use of innovative forms of fertilizers, protective agents and growth regulators in agricultural technologies of agricultural crops: materials of reports of participants of the 10th scientific and practical conference "Anapa-2018"]. Moscow, LLC "Fertility", pp. 3-6.

10. Spiridonov, Yu.Ya., Budynkov, N.I., Dudkin, I.V., Strizhkov, N.I., Suminova, N.B. (2020). Vliyaniye razlichnykh mer bor'by s sornyakami v sevooborote na zasorennost' zaklyuchitel'nogo polya [The influence of various weed control measures in crop rotation on the clogging of the final field]. *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], no. 12, pp. 38-44. doi: 10.31857/S0002188120120108

11. Dolzhenko, V.I., Sukhoruchenko, G.I., Laptiev, A.B. (2021). Razvitiye khimicheskogo metoda zashchity rasteniy v Rossii [Development of the chemical method of plant protection in Russia]. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine], no. 4, pp. 3-13. doi: 10.47528/1026-8634_2021_4_3

12. Hall, J., Midmore, D. and Bhattarai, S. (2014). Effect of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) planting density on weed suppression, crop growth, physiological responses, and fiber yield in the subtropics. *Renewable Bioresources*, 2:1. doi: 10.7243/2052-6237-2-1

13. Soldatenko, A.V., Men'shikh, A.M., Fedosov, A.Yu., Irvok, I.I., Ivanova, M.I. (2022). Povysheniye konkurentosobnosti ovoshchnykh kul'tur k sornym rasteniyam posredstvom sovshhenstvovaniya metodov bor'by [Increasing the competitiveness of vegetable crops to weeds by improving methods of control]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable crops of Russia], no. 2, pp. 72-87. doi: 10.18619/2072-9146-2022-2-72-87

14. Plotnikov, A.M., Gladkov, D.V., Subotin, I.A. (2018). Urozhainost' semyan konopli pri primenenii mineral'nykh udobrenii i gerbitsidov [The yield of hemp seeds in the application of mineral fertilizers and herbicides]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International research journal], no. 3 (69), pp. 64-67. doi: 10.23670/IRJ.2018.69.022

15. Maxwell, Brett A. (2016). Effects of Herbicides on Industrial Hemp (*Cannabis Sativa*) Phytotoxicity, Biomass, and Seed Yield. *Masters Theses & Specialist Projects*, paper 1742. 28 p. Available at: <https://digitalcommons.wku.edu/theses/1742>

16. Dmitrievskaya, I.I., Zharkikh, O.A. (2021). Usovershenstvovaniye agrotekhnologii vyrashchivaniya tekhnicheskoi konopli [Improvement of agrotechnologies of cultivation of technical hemp]. *Agrarnaya nauka — selskomu khozyaystvu: sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii v 2-kh knigakh* [Agrarian science — agriculture: collection of materials of the XVI International scientific and practical conference in 2 books]. Barnaul, RIO Altai GAU, pp. 142-143.

17. Spiridonov, Yu.Ya., Larina, G.E., Shestakov, V.G. (2009). *Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniyu gerbitsidov, primenyamykh v rasteniyevodstve* [Methodological guide to the study of herbicides used in crop production]. Moscow, Pechatnyi gorod Publ., 247 p.

18. Dospikhov, B.A. (2014). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Al'yans Publ., 351 p.

Информация об авторах:

Плужникова Ирина Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9161-4803>, i.pluzhnikova.pnz@fncl.ru

Криушин Николай Викторович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6597-2543>, n.kriushin.pnz@fncl.ru

Бакуллова Ирина Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией агротехнологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8504-1001>, i.bakulova.pnz@fncl.ru

Information about the authors:

Irina I. Pluzhnikova, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of agricultural technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9161-4803>, i.pluzhnikova.pnz@fncl.ru

Nikolay V. Kriushin, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of agricultural technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6597-2543>, n.kriushin.pnz@fncl.ru

Irina V. Bakulova, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of agricultural technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8504-1001>, i.bakulova.pnz@fncl.ru





Научная статья
УДК 633.85:631:526.32
doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_498

ПРОЦЕСС МАСЛООБРАЗОВАНИЯ И ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА В СЕМЕНАХ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР СЕМЕЙСТВА BRASSICACEAE

Т.Я. Прахова

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

Аннотация. В статье представлено изучение процесса маслообразования и динамика накопления жирных кислот в семенах масличных культур семейства Brassicaceae применительно к условиям Среднего Поволжья. Объектом исследований служили рыжик яровой сорт Юбиляр, рапс яровой сорт Галант, крэмбе абиссинская сорт Полет и горчица белая сорт Люция. Образцы для анализа отбирали каждые 10-12 дней, начиная с момента образования семян. У всех изучаемых культур наблюдается общая направленность процесса образования жира, которая заключается в последовательном увеличении его с момента завязывания семян до созревания. Однако различается по интенсивности, степени его накопления и скорости протекания. На начальных стадиях развития семян содержание жира практически одинаковое: у рыжика и горчицы составляет 3,21 и 3,81%, у рапса — 2,70%, а у крэмбе — всего 1,25%. Начиная со второй стадии развития семян содержание жира в семенах рыжика и крэмбе увеличивается в 2,8 и 6,2 раза соответственно. У горчицы наращивание скорости маслонакопления начинается только на пятой стадии отбора, содержание масла увеличивается на 17,2%. У рапса увеличение масла в среднем составило 6,57-15,92% в среднем за период созревания семян. По мере созревания семян усиливается синтез полиненасыщенных — линолевой и линоленовой кислот. Содержание данных кислот в маслосеменах рапса понижается до 19,54 и 8,57%, у горчицы — до 9,83 и 9,64%, у крэмбе — до 8,55 и 6,28%. В семенах рыжика, наоборот, к концу созревания наблюдается увеличение в масле доли линоленовой (до 36,23%) и снижение олеиновой (до 13,81%) кислот. В масле рапса содержание олеиновой кислоты увеличивается до 63,18%. Содержание эруковой кислоты повышается, независимо от культуры. Таким образом, динамика накопления жирных кислот в семенах рыжика, горчицы, рапса и крэмбе подчиняется общим закономерностям.

Ключевые слова: масличные культуры, динамика маслонакопления, масличность, накопление жирных кислот, рыжик посевной, горчица белая, рапс яровой, крэмбе абиссинская

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008). Авторы благодарят рецензентов за экспертную оценку статьи.

Original article

THE PROCESS OF OIL FORMATION AND FATTY ACID COMPOSITION IN SEEDS OF OIL CROPS OF THE BRASSICACEAE FAMILY

T.Ya. Prakhova

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

Abstract. The article presents a study of the process of oil formation and the dynamics of the accumulation of fatty acids in the seeds of oilseeds of the Brassicaceae family in relation to the conditions of the Middle Volga region. The objects of research were camelina sativa variety Yubilyar, Brassica napus variety Galant, Crambe abyssinica variety Polet and white mustard variety Lucia. Samples for analysis were taken every 10-12 days, starting from the moment of seed formation. All the studied cultures have a general direction in the process of fat formation, which consists in a consistent increase in it from the moment the seeds are set to ripening. However, it differs in intensity, degree of its accumulation and flow rate. At the initial stages of seed development, the fat content is almost the same: in camelina and mustard it is 3.21 and 3.81%, in rapeseed — 2.70%, and in crambe — only 1.25%. Starting from the second stage of seed development, the fat content in camelina and crambe seeds increases by 2.8 and 6.2 times, respectively. In mustard, an increase in the rate of oil accumulation begins only at the fifth stage of selection, the oil content increases by 17.2%. In rapeseed, the increase in oil averaged 6.57-15.92% on average over the period of seed maturation. As the seeds ripen, the synthesis of polyunsaturated — linoleic and linolenic acids increases. The content of these acids in rapeseed oil seeds decreases to 19.54 and 8.57%, in mustard — to 9.83 and 9.64%, in crambe — to 8.55 and 6.28%. In the seeds of camelina, on the contrary, by the end of ripening, an increase in the proportion of linolenic acids in the oil (up to 36.23%) and a decrease in olinic acids (up to 13.81%) are observed. In rapeseed oil, the content of oleic acid increases to 63.18%. The content of erucic acid increases, regardless of the culture. Thus, the dynamics of the accumulation of fatty acids in the seeds of camelina, mustard, rapeseed, and crambe obeys general patterns.

Keywords: oilseeds, dynamics of oil accumulation, oil content, accumulation of fatty acids, camelina sativa, white mustard, spring rapeseed, Crambe Abyssinica

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the State assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No. FGSS-2022-0008). The author thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Введение. Поволжье является благоприятным регионом для выращивания как традиционных, так и малораспространенных масличных культур, таких как горчица белая, рыжик посевной, крэмбе абиссинская и рапс яровой, обладающих большим функциональным потенциалом. В первую очередь, масличные культуры являются сырьем для производства растительных масел, которые представляют собой не только важнейший пищевой и кормовой продукт, но и являются сырьем для получения множества непищевых продуктов от олиф и смазочных материалов до биотоплива [1, 2].

В семенах рыжика содержится 39-45% высушающего масла, которое используется как на пищевые, так и на технические цели и обладает обширным диапазоном лечебного действия [3].

Нерафинированное рыжиковое масло характеризуется содержанием большого количества природных антиоксидантов, в частности витамина Е (40-120 мг%), что обуславливает его стойкость к процессам окисления [4]. Масло рыжика содержит до 90% полиненасыщенных жирных кислот. По содержанию линоленовой кислоты (до 36-41%) масло рыжика близко к льняному и хлопковому маслам и характеризуется относительно низким содержанием эруковой кислоты (1,5-4,2%) [5].

Масличности семян горчица белой составляет 25-35%. Масло горчицы относят к полувысшающим маслам и в зависимости от жирнокислотного состава его используют в пищу или для технических целей, в том числе и в качестве источника топлива для дизеля [6]. Горчичное масло

содержит биологически активные вещества фитонциды, различные органические соединения и эфирные масла, которые используются для парфюмерных и лекарственных целей [7, 8].

Многочисленные зарубежные и российские испытания крэмбе показали, что ее масло характеризуется высоким содержанием эруковой кислоты (55-60%), которая является важным исходным сырьем в oleохимической индустрии, что позволяет использовать крэмбовое масло в основном в технической промышленности, а также для получения биодизеля [9, 10]. В целом состав масла культуры представлен содержанием около 65-75% мононенасыщенных и 10-15% полиненасыщенных жирных кислот. Благодаря такой уникальной молекулярной структуре масло обладает чрезвычайной стойкостью к окислению



и высоким температурам. Благодаря низкому йодному числу, масло этой культуры редко, но используется в пищевой промышленности при производстве майонезов и маргарина [10, 11].

В семенах рапса содержится от 40,0 до 48,0% масла, которое является ценным диетическим продуктом, так как содержит достаточно высокое количество полиненасыщенных жирных кислот и мало насыщенных кислот. Рапсовое масло отличается более высоким содержанием олеиновой кислоты (60-65%) и обладает повышенной биологической ценностью по вкусовым и пищевым качествам [12]. При этом рапсовое масло широко используется и на технические нужды [13].

Процесс образования и накопления масла в растениях и его жирнокислотный состав зависит от многих факторов, от вида и сорта культуры, наследственных особенностей, а также климатических условий возделывания [14, 15].

Общая направленность процесса образования жира заключается в последовательном интенсивном увеличении его количества в формирующихся семенах с момента завязывания до созревания. Накопление жира в семенах сопровождается уменьшением в них концентрации сахаров, крахмала, пентозанов. Интенсивный синтез жиров продолжается почти до полного созревания семян и заметно снижается лишь на завершающих этапах их формирования [16, 17].

Маслообразовательный процесс в семенах масличных растений происходит с первых дней формирования семян, а в процессе созревания семян изменяется и качество масла, которое зависит от состава жирных кислот [18]. Начальные стадии созревания семени характеризуются высоким содержанием свободных жирных кислот. По мере созревания семян усиливается синтез ненасыщенных жирных кислот, особенно полиненасыщенных — линолевой и линоленовой [17].

Динамика маслонакопления у многих масличных растений сейчас очень активно изучается, и накоплено достаточно много различных данных. Так, например, ранее проведенные исследования показали, что в процессе созревания семян подсолнечника количество пальмитиновой и стеариновой кислот уменьшается от 25-30 до 6-10%, а содержание линолевой кислоты, наоборот, удваивается и составляет в масле зрелых семян 65-80% от общего количества жирных кислот. Содержание в масле мононенасыщенной олеиновой кислоты также существенно понижается [19]. Согласно данным М. Marcheva с соавторами, в семенах льна в процессе созревания повышается интенсивность синтеза линоленовой кислоты, тогда как количество других кислот в масле уменьшается [20].

Целью исследований являлось изучение маслообразовательного процесса и динамики накопления жирных кислот в семенах масличных крестоцветных культур применительно к условиям Среднего Поволжья.

Методика исследований. Объектом исследований служили крестоцветные культуры: рыжик яровой сорт Юбилей, крэмбе абиссинская сорт Полет, рапс яровой сорт Галант и горчица белая сорт Люция. Образцы для анализа отбирали каждые 10-12 дней, начиная с момента образования семян.

Определение содержания масла в семенах проводили в лаборатории агротехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ» с использованием общепринятых методик [21]. Определение содержания жирных кислот выполняли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000».

Исследования проводили в течение 2020-2022 гг., которые различались по своим метеорологическим условиям. В 2020 г. период цветения-спелости, условия которого в основном влияют на процесс созревания семян, характеризовались как умеренно-засушливый, и гидротермический коэффициент варьировал от 0,45 для рыжика до 0,62 для крэмбе. Условия данного периода в 2022 г. характеризовались сильным увлажнением, ГТК варьировал в пределах 1,23-1,48 ед. В 2021 г. фаза цветения-спелости яровых масличных культур протекала в условиях умеренного увлажнения с ГТК 0,93-1,10. В целом климатические условия вегетационных периодов были благоприятными для формирования полноценного урожая семян. В среднем за 3 года индекс условий развития культуры был положительный и составил для рыжика — 2,17, для крэмбе — 1,23, для рапса — 1,11 и для горчицы — 2,20.

Результаты исследований. У всех изучаемых культур наблюдается идентичная направленность процесса образования масла, которая заключается в последовательном интенсивном увеличении степени его накопления в семенах с момента завязывания и до полного созревания. Однако уровень и темпы протекания маслообразовательного процесса неодинаковы и различаются по культурам и стадиям развития семян.

На начальных стадиях развития (начало образования семян) у рыжика и горчицы содержание жира практически одинаковое и составляет 3,21 и 3,81%. У рапса в первой фазе отбора масличность ниже и составляет 2,70%, а у крэмбе содержание жира достигает минимальных значений — всего 1,25% (табл. 1).

В данный период, как известно, процесс накопления жира протекает медленно и это объясняется тем, что на первых стадиях развития в семенах наблюдается высокое содержание полисахаридов, растворимых углеводов и белка.

Начиная со второй стадии развития семян, отмечается неравномерность течения данного процесса и изменение его скорости, что связано в первую очередь, с биологическими особенностями культур. В момент второй стадии отбора, когда семена прозрачные водянистые, содержание жира в семенах рыжика и крэмбе резко увеличивается — в 2,8 и 6,2 раза соответственно, и составляет 8,92 и 7,77%, что превышает содержание масла в семенах горчицы и рапса практически в 2 раза. При этом масличность рапса и горчицы увеличилась всего на 0,56 и 0,35%.

Интенсивность маслонакопительного процесса у яровой рыжика была практически стабильной, и содержание жира от фазы к фазе развития семян изменялось в 1,3-1,8 раза. Если во второй срок отбора масличность семян была 8,92%, то уже при третьей и четвертой стадии развития семян содержание жира увеличилось в 1,8 и 1,3 раза и составило 18,68 и 24,67% соответственно. Скорость накопления масла составила

в среднем 2,0% в сутки. В пятый срок отбора (семена бледно-желтые) концентрация масла в семенах составила 29,53%, что превысило данные показатели в предыдущей стадии на 4,86%. К молочно-восковой спелости процент масличности увеличился на 9,16%, а к полному созреванию семян прибавка масла составила всего 1,48%, и масличность рыжика составила 40,17%.

У горчицы в третьей и четвертой стадиях развития семян масличность повышалась не существенно — всего на 1,0-3,5%. Нарастание скорости маслонакопления у нее начинается только на пятой стадии отбора, когда семена бледно-желтые, это почти на 48-50 день после начала плодообразования. Если в четвертой стадии содержание жира в семенах составляло 8,72%, то уже в пятый срок отбора содержание масла увеличивается в 3 раза и достигает 25,93%. Далее интенсивность накопления масла у горчицы снижается. И при наступлении молочно-восковой спелости масличность увеличивается всего на 0,21%, а к моменту полной зрелости семян — на 2,08%.

У крэмбе в третий срок отбора семян содержание жира увеличилось на 5,03%, а уже на четвертой стадии развития, когда семена еще зеленые, но твердые, отмечен интенсивный скачок маслообразования. Масличность здесь повысилась на 12,69%. Далее, начиная с пятой стадии и до спелости семян, интенсивность маслообразовательного процесса снижается, и увеличение содержания жира в семенах крэмбе составляет 6,03, 3,18 и 0,99% соответственно.

Максимальное накопление липофильных соединений у рапса отмечено на третьей стадии развития (семена зеленые водянистые) и на пятой стадии (семена бледно-желтые), когда увеличение масла составило 15,33 и 15,92% соответственно. К молочно-восковой спелости процент масличности увеличился на 6,57%, а к полному созреванию семян прибавка масла составила всего 1,5%.

В процессе маслонакопления в течение всего времени одновременно идет образование насыщенных и ненасыщенных кислот. При этом на раннем этапе созревания семян (семена прозрачные водянистые) любой масличной культуры (рыжик, крэмбе, рапс и горчица) масло имеет высокую концентрацию пальмитиновой, стеариновой и линолевой кислот. К полной спелости количество насыщенных кислот снижается в 2-9 раз. Содержание линолевой кислоты уменьшается в 2-6 раз в зависимости от культуры (табл. 2).

У горчицы накопление олеиновой кислоты происходит с первых этапов завязывания семян (семена прозрачные водянистые) и увеличивается до фазы твердых зеленых семян, где достигает максимального значения — 35,55%. Далее с четвертой фазы состояния семян и до полной зрелости происходит снижение данной кислоты до 31,40%.

Таблица 1. Процесс маслонакопления в семенах крестоцветных культур, %
Table 1. The process of oil accumulation in the seeds of cruciferous crops, %

Фаза развития	Культура			
	Рыжик	Рапс	Горчица	Крэмбе
1. Начало образования семян	3,21	2,70	3,81	1,25
2. Семена прозрачные водянистые	8,92	3,26	4,16	7,77
3. Семена зеленые водянистые	18,68	18,59	5,17	12,80
4. Семена зеленые твердые	24,67	26,49	8,72	25,49
5. Семена бледно-желтые	29,53	42,41	25,93	31,52
6. Молочно-восковая спелость	38,69	48,98	26,14	34,70
7. Семена спелые	40,17	50,48	28,22	35,69



Таблица 2. Динамика накопления жирных кислот в маслосеменах крестоцветных культур, %
Table 2. Dynamics of fatty acids accumulation in oilseeds of cruciferous crops, %

Содержание жирной кислоты, %	Состояние семян					
	прозрачные водянистые	зеленые водянистые	зеленые твердые	бледно-желтые	восковая спелость	семена зрелые
Рыжик яровой						
Миристиновая	-	-	-	0,07	0,06	0,05
Пальмитиновая	13,36	10,18	9,35	5,39	5,39	5,21
Стеариновая	4,49	2,70	2,36	2,14	2,30	2,28
Олеиновая	22,25	15,42	15,06	14,44	13,82	13,81
Линолевая	39,07	31,81	26,22	18,74	18,64	18,16
Линоленовая	22,99	37,18	32,33	35,56	35,40	36,23
Арахидиновая	-	-	-	1,47	1,51	1,77
Эйкозеновая	-	3,5	9,06	14,27	15,26	14,80
Эруковая	-	-	1,54	3,35	3,55	3,50
Горчица белая						
Миристиновая	-	-	0,07	0,08	0,05	0,05
Пальмитиновая	7,90	4,61	3,13	2,87	2,64	2,61
Стеариновая	4,42	3,01	1,44	1,28	1,14	1,08
Олеиновая	19,85	21,37	35,55	33,98	33,57	31,40
Линолевая	38,59	29,42	10,84	9,94	9,81	9,64
Линоленовая	27,32	17,10	11,81	11,25	10,07	9,83
Арахидиновая	-	3,22	0,72	0,64	0,64	0,59
Эйкозеновая	0,21	4,24	10,04	10,67	10,87	11,46
Эруковая	-	-	23,35	26,11	28,64	28,21
Рапс яровой						
Миристиновая	-	-	0,10	0,06	0,06	0,04
Пальмитиновая	18,33	7,38	5,99	4,29	3,94	3,78
Стеариновая	4,48	2,54	2,41	1,90	1,86	1,83
Олеиновая	6,86	27,24	45,40	60,76	62,73	63,18
Линолевая	50,46	40,46	29,75	22,11	19,90	19,54
Линоленовая	19,87	22,58	12,33	8,74	8,66	8,57
Арахидиновая	-	-	0,31	0,39	0,47	0,48
Эйкозеновая	-	-	2,66	1,10	1,04	0,97
Эруковая	-	-	1,06	0,86	0,56	0,24
Крамбе абиссинская						
Миристиновая	-	-	-	0,08	0,05	0,04
Пальмитиновая	16,35	2,27	6,79	7,02	2,09	1,68
Стеариновая	-	2,94	2,93	1,09	0,81	0,67
Олеиновая	14,74	14,91	21,23	25,51	15,96	15,85
Линолевая	50,57	36,39	27,94	9,81	9,29	8,55
Линоленовая	7,84	18,17	22,31	11,25	6,85	6,28
Арахидиновая	-	-	1,02	0,84	0,83	0,83
Эйкозеновая	-	3,94	3,76	3,07	2,14	1,97
Эруковая	-	11,15	13,02	54,19	56,92	59,43

Концентрация линолевой и линоленовой кислот у горчицы достигает максимальных значений в начале образования семян — 38,59 и 27,32% соответственно. В первые три фазы развития семян (от прозрачных водянистых до зеленых твердых) концентрация данных кислот резко снижается — на 9,17-18,58 и 5,29-10,22%. При дальнейшем развитии семян происходит уже незначительное снижение содержания кислот — на 0,13-0,90 и 0,24-1,18%.

При достижении семенами стадии «семена зеленые твердые» происходит перераспределение содержания жирных кислот и образуется эруковая кислота, которая постепенно увеличивается и к фазе восковой спелости достигает максимального значения (28,64%). При созревании горчицы эруковая кислота на 0,43% снижается.

У рыжика насыщенные и полиненасыщенные кислоты формируются на первых этапах формирования семян. Концентрация линоленовой кислоты в прозрачных водянистых семенах составила 22,99%. Ко второму сроку отбора, когда семена

были еще водянистые, но уже зеленые, содержание данной кислоты увеличилось до 37,18%. Затем наблюдается снижение ее на 4,85%. Но уже на четвертой стадии развития семян содержание линоленовой кислоты опять повышается на 3,07%, и ее увеличение продолжается до полного созревания семян, где достигает максимума — 36,23%.

Линолевая и олеиновые кислоты в масле рыжика наибольшего значения достигают в первой стадии формирования семян (39,07 и 22,25%) и до спелости семян их концентрация планомерно снижается — до 18,16 и 13,81% соответственно.

При достижении семенами третьей стадии (семена зеленые твердые) происходит синтез эруковой кислоты, значение которой составляет 1,54%. Далее ее содержание постепенно увеличивается в четвертой стадии — до 3,35%, в пятой стадии — до 3,55%. Однако на момент полной спелости семян рыжика ярового наблюдается снижение содержания эруковой кислоты на 0,13% и составляет 3,42%.

При анализе динамики накопления линоленовой кислоты у рапса отмечено, что наибольшее количество ее содержится в зеленых водянистых семенах — 22,58%. Далее происходит снижение ее концентрации на 10,25 и 3,59% соответственно в третьей и четвертой стадиях созревания семян. Когда семена достигают фазы «бледно-желтые» содержание данной кислоты составляет 8,74% и к моменту восковой и полной спелости снижается не существенно — на 0,08-0,09%.

Содержание линолевой и пальмитиновой кислот максимальным было сразу в начале образования семян — 50,46 и 18,33%. При последующих стадиях развития семян происходит снижение процента данных кислот и на момент спелости семян рапса отмечена минимальная их концентрация — 19,54 и 3,78%. Обратная тенденция отмечена при синтезе олеиновой кислоты, содержание которой на первой стадии развития семян составляло 6,86% и по мере прохождения всех стадий созревания резко увеличивается на 15,36-20,38% и к моменту спелости семян составляет 63,18%.

Когда семена рапса достигают стадии зеленых и твердых в масле синтезируется эруковая кислота, которая наблюдается в небольших количествах (1,06%), что характерно для рапса как низкоэруковой культуры. К моменту полной спелости семян концентрация ее снижается до 0,24%.

Содержание эруковой кислоты в маслосеменах крамбе образуется, когда семена зеленые, но еще водянистые, и составляет 11,15% и далее в процессе формирования семян увеличивается. В третьей стадии отбора ее повышение не существенное — всего на 1,87%. При достижении семенами бледно-желтой окраски (четвертая стадия) происходит резкое увеличение накопления эруковой кислоты до 54,19%, а в зрелых семенах — до 59,43%.

Динамика накопления линоленовой кислоты у крамбе показывает, что наибольшее количество ее содержится в зеленых твердых семенах — 22,31%. Далее происходит снижение ее концентрации до 11,25 и 6,28%.

Данная тенденция наблюдается и при накоплении эйкозеновой кислоты. Начиная со стадии «семена зеленые водянистые», где ее значения максимальны (3,94%), концентрация эйкозеновой кислоты постепенно снижается и достигает минимальных значений в фазе полной спелости семян (1,97%).

Наблюдается и снижение линолевой кислоты по всем фазам развития семян. Однако характер протекания здесь менее интенсивный. Максимальное содержание линолевой кислоты приходится на первую стадию развития семян — 50,57%, и далее снижается до 8,55%.

Содержание олеиновой кислоты в маслосеменах крамбе было практически одинаковым на первой стадии развития семян и при полной спелости — 14,74 и 15,85% с разницей в 1,1%. Начиная с первой стадии, концентрация данной кислоты увеличивается до 25,51% на четвертой стадии развития семян крамбе. Затем происходит снижение ее до 15,96 и 15,85%, соответственно, при восковой и полной спелости семян.

Заключение. Таким образом, у всех изучаемых культур наблюдается идентичная направленность процесса образования масла, которая заключается в последовательном увеличении степени его накопления в семенах с момента завязывания и до полного созревания, но различается по интенсивности и скорости протекания.

Динамика накопления жирных кислот в семенах рыжика, горчицы, рапса и крамбе подчиняется общим закономерностям. Так, в маслосеменах рыжика ярового к концу созревания



наблюдается увеличение в масле доли линоленовой (до 36,23%) и эруковой (до 3,42%) кислот и снижение линолевой (18,16%) и олеиновой (13,81%) кислот. У горчицы, напротив, во время созревания семян концентрация линоленовой и линолевой кислот в масле снижается и составляет 9,83 и 9,64%. По мере созревания семян рапса усиливается синтез полиненасыщенных линолевой и линоленовой кислот, содержание которых в процессе их формирования понижается до 19,54 и 8,57%. Содержание в масле олеиновой кислоты, наоборот, увеличивается до 63,18%. У крэмбе по мере созревания семян увеличивается содержание эруковой кислоты и снижается концентрация полиненасыщенных и мононенасыщенных жирных кислот.

Список источников

- Сагирова Р.А., Шапенкова С.В. Сравнительная оценка возделывания масличных культур семейства Капустные (Brassicaceae) в условиях Предбайкалья // Научно-практический журнал «Вестник ИргСХА». 2022. № 5 (112). С. 53-64. doi: 10.51215/1999-3765-2022-112-53-64
- Stolarski, M.J., Krzyzaniak, M., Kwiatkowski, J., Tworowski, J., Szczukowski, S. (2018). Energy and economic efficiency of Camelina and Crambe biomass production on a large-scale farm in north-eastern Poland. *Energy*, vol. 150, pp. 770-780. doi: 10.1016/j.energy.2018.03.021
- Prakhova, T.Ya., Prakhov, V.A., Danilov, M.V. (2018). Changes in the Fat-acidic Composition of Camelina sativa Oilseeds Depending on Hydrothermal Conditions. *Russian Agricultural Sciences*, vol. 44, no. 3, pp. 221-223.
- Вольф Е.Ю., Козырева В.М., Симаква И.В., Вольф А.А. Исследование жирно-кислотного состава некоторых растительных масел и их купажей // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 131-140. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.018
- Konkova, N.G., Shelenga, T.V., Gridnev, G.A., Dubovskaya, A.G., Malyshev, L.L. (2021). Stability and Variability of Camelina Sativa (L) Crantz Economically Valuable Traits In Various Eco-Geographical Conditions Of The Russian Federation. *Agronomy*, vol. 11, no 2, pp. 332. doi: 10.3390/agronomy11020332
- Воловик В.Т. Горчица белая — значение, использование // Адаптивное кормопроизводство. 2020. № 2. С. 41-67. doi: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-41-67
- Gavrilova, V., Shelenga, T., Porokhovinova, E., Dubovskaya, A., Kon'kova, N., Grigoryev, S., Podolnaya, L., Konarev, A., Yakusheva, T., Kishlyan, N., Pavlov, A., Brutch, N. (2020). The diversity of fatty acid composition in traditional and rare oil crops cultivated in Russia. *Bio. Comm.*, no. 1 (65), pp. 68-81. doi: 10.21638/spb
- Sawicka, B., Kotiuk, E., Kiełtyka-Dadasiewicz, A., Krochmal-Marczak, B. (2020). Fatty Acids Composition of Mustard Oil from Two Cultivars and Physico-chemical Characteristics of the Seeds. *Journal of oleo science*, no. 69, pp. 207-217. doi: 10.5650/jos.ess19171
- Costa, E., Almeida, M.F., Alvim-Ferraz, C., Dias, J.M. (2019). Cultivation of Crambe abyssinica non-food crop in Portugal for bioenergy purposes: agronomic and environmental assessment. *Industrial crops and Products*, vol. 139. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.111501
- Turina E.L., Prakhova T.Ya., Radchenko L.A. Значение крэмбе абиссинской (Crambe Abyssinica) и ее урожайность в различных странах мира (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4 (76). С. 66-72. doi: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-66-72
- Сазонкин К.Д., Никитов С.В., Виноградов Д.В. Возделывание крэмбе абиссинской в условиях Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14. № 1. С. 62-69. doi: 10.36508/RSATU.2022.40.49.007
- Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С. Влияние климатических условий на урожайность, масличность и жирнокислотный состав масла рапса ярового // International agricultural journal. 2021. № 2. С. 84-94. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10313

Информация об авторе:

Прахова Татьяна Яковлевна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7063-4784>, prakhova.tanya@yandex.ru

Information about the author:

Tatyana Ya. Prakhova, doctor of agricultural sciences, chief researcher of the laboratory of selection technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7063-4784>, prakhova.tanya@yandex.ru

- Запечалов М.В., Сергеев Н.С., Редреев Г.В. Применение рапсового масла в качестве биодизельного топлива // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (44). С. 198-206. doi: 10.48136/2222-0364_2021_4_198
- Галицкий Д.Н., Шаманин В.П. Влияние условий окружающей среды на накопление масла в семенах льна масличного и его качество // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2015. № 2 (35). С. 18-24.
- Прахов В.А., Данилов М.В. Жирнокислотный состав маслосемян рыжика ярового в зависимости от гидротермических условий // Сборник материалов конференции «Достижения современной аграрной науки сельскохозяйственному производству». Калуга, 2017. С. 131-134.
- Rusinek, R., Rybczynski, R., Tys, J., Gawrysiak-Witulska, M., Nogala-Kalucka, M., Siger, A. (2012). The Process Parameters For Non-Typical Seeds During Simulated Cold Deep Oil Expression. *Czech Journal of Food Sciences*, vol. 30, no. 2, pp. 126-134. doi: 10.17221/503/2010-CJFS
- Прахова Т.Я. Динамика накопления масла и жирных кислот в семенах крестоцветных культур // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 6. С. 15-18. doi: 10.31857/S2500-26272019615-18
- Miklaszewska, M., Zienkiewicz, K., Inchna, P., Zienkiewicz, A. (2021). Lipid metabolism and accumulation in oilseed crops. *Published by EDP Sciences*, no. 28, pp. 50-63. doi: 10.1051/ocl/2021039
- Onemli, F. (2012). Changes in Oil Fatty Acid Composition During Seed Development of Sunflower. *Asian Journal of Plant Sciences*, no. 11, pp. 241-245. doi: 10.3923/ajps.2012.241.245
- Marcheva, M., Teneva, T.O., Zlatanov, M., Antova, G. (2013). The changes of phospholipid and fatty acid composition during development of flax seeds. *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, no. 2, pp. 48-51.
- Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.

References

- Sagirova, R.A., Shapenkova, S.V. (2022). Sravnitel'naya otsenka vozdel'vaniya maslichnykh kul'tur semeystva Kapustnyye (Brassicaceae) v usloviyakh Predbaikal'ya [Comparative assessment of the cultivation of oilseeds of the Cabbage family (Brassicaceae) in the conditions of the Cis-Baikal region]. *Nauchno-prakticheskiy zhurnal «Vestnik IrgSKHA» [Scientific and practical journal "Vestnik IrgSKHA"]*, no. 5 (112), pp. 53-64. doi: 10.51215/1999-3765-2022-112-53-64
- Stolarski, M.J., Krzyzaniak, M., Kwiatkowski, J., Tworowski, J., Szczukowski, S. (2018). Energy and economic efficiency of Camelina and Crambe biomass production on a large-scale farm in north-eastern Poland. *Energy*, vol. 150, pp. 770-780. doi: 10.1016/j.energy.2018.03.021
- Prakhova, T.Ya., Prakhov, V.A., Danilov, M.V. (2018). Changes in the Fat-acidic Composition of Camelina sativa Oilseeds Depending on Hydrothermal Conditions. *Russian Agricultural Sciences*, vol. 44, no. 3, pp. 221-223.
- Vol'f, E.Yu., Kozyreva, V.M., Simakova, I.V., Vol'f, A.A. (2021). Issledovanie zhirno-kislotojnogo sostava nekotorykh rastitel'nykh masel i ikh kupazhei [Study of the fatty acid composition of some vegetable oils and their blends]. *Polzunovskii vestnik*, no. 3, pp. 131-140. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.018
- Konkova, N.G., Shelenga, T.V., Gridnev, G.A., Dubovskaya, A.G., Malyshev, L.L. (2021). Stability and Variability of Camelina Sativa (L) Crantz Economically Valuable Traits In Various Eco-Geographical Conditions Of The Russian Federation. *Agronomy*, vol. 11, no 2, pp. 332. doi: 10.3390/agronomy11020332
- Volovik, V.T. (2020). Gorchitsa belaya — zhanenie, ispol'zovanie [White mustard — meaning, use]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* [Adaptive fodder production], no. 2, pp. 41-67. doi: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-41-67
- Gavrilova, V., Shelenga, T., Porokhovinova, E., Dubovskaya, A., Kon'kova, N., Grigoryev, S., Podolnaya, L., Konarev, A., Yakusheva, T., Kishlyan, N., Pavlov, A., Brutch, N. (2020). The diversity of fatty acid composition in traditional and rare oil crops cultivated in Russia. *Bio. Comm.*, no. 1 (65), pp. 68-81. doi: 10.21638/spb

- Sawicka, B., Kotiuk, E., Kiełtyka-Dadasiewicz, A., Krochmal-Marczak, B. (2020). Fatty Acids Composition of Mustard Oil from Two Cultivars and Physico-chemical Characteristics of the Seeds. *Journal of oleo science*, no. 69, pp. 207-217. doi: 10.5650/jos.ess19171
- Costa, E., Almeida, M.F., Alvim-Ferraz, C., Dias, J.M. (2019). Cultivation of Crambe abyssinica non-food crop in Portugal for bioenergy purposes: agronomic and environmental assessment. *Industrial crops and Products*, vol. 139. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.111501
- Turina, E.L., Prakhova, T.Ya., Radchenko, L.A. (2021). Zhanenie krambe abissinskoi (Crambe Abyssinica) i ee urozhainost' v razlichnykh stranakh mira (obzor) [The value of the Abyssinian crambe (Crambe Abyssinica) and its productivity in various countries of the world (review)]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain economy of Russia], no. 4 (76), pp. 66-72. doi: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-66-72
- Sazonkin, K.D., Nikitov, S.V., Vinogradov, D.V. (2022). Vozdel'vaniye krambe abissinskoi v usloviyakh Ryzanskoj oblasti [Cultivation of the Abyssinian crambe in the conditions of the Ryzan region]. *Vestnik Ryzanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva* [Herald of Ryzan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev], vol. 14, no. 1, pp. 62-69. doi: 10.36508/RSATU.2022.40.49.007
- Kuznetsova, G.N., Polyakova, R.S. (2021). Vliyaniye klimaticheskikh uslovii na urozhainost', maslichnost' i zhirkislolotnyy sostav masla rapsa yarovogo [Influence of climatic conditions on productivity, oil content and fatty acid composition of spring rapeseed oil]. *International agricultural journal*, no. 2, pp. 84-94. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10313
- Запечалов М.В., Сергеев Н.С., Редреев Г.В. (2021). Primeneniye rapsovnogo masla v kachestve biodizel'nogo topliva [The use of rapeseed oil as a biodiesel fuel]. *Vestnik Omnskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Omsk State Agrarian University], no. 4 (44), pp. 198-206. doi: 10.48136/2222-0364_2021_4_198
- Galitskiy, D.N., Shamaniin, V.P. (2015). Vliyaniye uslovii okruzhayushchei sredy na nakopleniye masla v semenakh l'na maslichnogo i ego kachestvo [Influence of environmental conditions on the accumulation of oil in oil flax seeds and its quality]. *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)* [Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)], no. 2 (35), pp. 18-24.
- Prakhov, V.A., Danilov, M.V. (2017). Zhirkislolotnyy sostav maslosemyan ryzhika yarovogo v zavisimosti ot gidrottermicheskikh uslovii [Fatty acid composition of spring camelina oilseeds depending on hydrothermal conditions]. *Sbornik materialov konferentsii «Dostizheniya sovremennoi agrarnoi nauki sel'skokhozyaistvennomu proizvodstvu»* [Collection of conference materials "Achievements of modern agrarian science to agricultural production"]. Kалуга, pp. 131-134.
- Rusinek, R., Rybczynski, R., Tys, J., Gawrysiak-Witulska, M., Nogala-Kalucka, M., Siger, A. (2012). The Process Parameters For Non-Typical Seeds During Simulated Cold Deep Oil Expression. *Czech Journal of Food Sciences*, vol. 30, no. 2, pp. 126-134. doi: 10.17221/503/2010-CJFS
- Prakhova, T.Ya. (2019). Dinamika nakopleniya masla i zhirknykh kislot v semenakh krestotsvetnykh kul'tur [Dynamics of accumulation of oil and fatty acids in the seeds of cruciferous crops]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka* [Russian Agricultural Science], no. 6, pp. 15-18. doi: 10.31857/S2500-26272019615-18
- Miklaszewska, M., Zienkiewicz, K., Inchna, P., Zienkiewicz, A. (2021). Lipid metabolism and accumulation in oilseed crops. *Published by EDP Sciences*, no. 28, pp. 50-63. doi: 10.1051/ocl/2021039
- Onemli, F. (2012). Changes in Oil Fatty Acid Composition During Seed Development of Sunflower. *Asian Journal of Plant Sciences*, no. 11, pp. 241-245. doi: 10.3923/ajps.2012.241.245
- Marcheva, M., Teneva, T.O., Zlatanov, M., Antova, G. (2013). The changes of phospholipid and fatty acid composition during development of flax seeds. *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, no. 2, pp. 48-51.
- Ермаков, А.И. (1987). *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenii* [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad, Agropromizdat Publ., 430 p.





Научная статья

УДК 631.459:631.421:631.416:631

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_502

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПОЧВЕ КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ АГРОЛЕСОЛАНДШАФТНОГО КОМПЛЕКСА

Ю.П. Сухановский, А.В. Прущик, С.А. Тарасов,
В.А. Вытовтов, А.С. Архипов

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

Аннотация. В статье показана сравнительная оценка содержания общего гумуса в почве двух водосборов в многолетнем полевом стационарном опыте по контурно-мелиоративному земледелию (Курская область). Почва представлена черноземом типичным малогумусным тяжелосуглинистым среднесиловым (неэродированный и слабоэродированный). На одном водосборе размещен агролесоландшафтный комплекс. Другой водосбор контрольный (без этого комплекса). Использован метод ключевых участков. На каждом водосборе выбран склон, на котором определены два ключевых участка: один сверху склона (почва неэродированная), другой — внизу склона (почва слабоэродированная). На участке в 4-кратной повторности отобраны образцы почвы для измерения содержания гумуса в слое 0-20 и 0-50 см. Для участка и слоя почвы получена выборка измеренных значений. Для выборок проведен статистический анализ, включая оценку достоверности разности средних значений для разных ключевых участков. Измеренные значения гумуса характеризуют состояние почвы через интервал времени после распахки целины. Установлено: 1. На контрольном водосборе в слое почвы 0-20 см разность содержания гумуса в неэродированной и слабоэродированной почве достоверная (она в пределах погрешностей); 2. На этом же водосборе для слоя почвы 0-50 см содержание гумуса в эродированной почве достоверно больше на 5,7%. 3. На водосборе с комплексом мероприятий для обоих слоев почвы разности содержания гумуса недостоверные. Вывод: после распахки целины эрозия на участках со слабоэродированной почвой водосбора с агролесоландшафтным комплексом не повлияла на содержание гумуса.

Ключевые слова: водосбор, лесная полоса, эрозия почвы, содержание гумуса, измерения, достоверность, агролесоландшафтный комплекс

Благодарности: исследование выполнено в рамках государственного задания ФБГНУ «Курский ФАНЦ» по теме № FGZU-2022-0002.

Original article

ASSESSMENT OF THE HUMUS CONTENT IN KEY PLOTS SOIL OF THE AGROFOREST LANDSCAPE COMPLEX

Yu.P. Sukhanovskii, A.V. Prushchik, S.A. Tarasov,
V.A. Vytovtov, A.S. Arkhipov

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

Abstract. The article shows the comparative assessment of the total humus content in the soil of two catchments in a long-term stationary field experiment on contour-reclamation agriculture (Kursk region). The soil is a typical low-humus, heavy-loamy medium-sized chernozem (non-eroded and slightly eroded). An agroforestry landscape complex was located on one catchment area. The other catchment is a control one (without this complex). The method of key plots was used. A slope was selected at each catchment, on which two key plots are selected: one at the top of the slope (the soil is not eroded), the other at the bottom of the slope (the soil is slightly eroded). Soil plots were taken at the site in 4-fold repetition to measure the humus content in a layer of 0-20 and 0-50 cm. A sample of measured values was obtained for the plot and the soil layer. Statistical analysis was carried out for the samples, including an assessment of the reliability of the difference in average values for different key plots. The measured values of humus characterize the state of the soil after a time interval after plowing the virgin land. Installed: 1. At the control catchment in the soil layer of 0-20 cm, the difference in the humus content in the non-eroded and slightly eroded soil is unreliable (it is within the margin of error); 2. In the same catchment area for the 0-50 cm soil layer, the humus content in the slightly eroded soil is significantly higher by 5.7%. 3. In a catchment area with a set of measures for both soil layers, the humus content differences are unreliable. Conclusion: after plowing the virgin soil, erosion in plots with slightly eroded soil of the catchment area with agroforestry landscape complex did not affect the humus content.

Keywords: watershed, shelter-belt forest, soil erosion, humus content, measurements, reliability, agroforestry landscape complex

Acknowledgments: the research was carried out within the framework of the State tasks of FSBSI «Federal Agricultural Kursk Research Center» on topic No. FGZU-2022-0002.

Введение. Для обрабатываемых почв скорость эрозии превышает скорость почвообразования [1]. Это означает, что после распахки целины происходило и происходит сокращение почвенных ресурсов (уменьшение количества почвы и ухудшение ее качества). Прогнозы для эродированных черноземных почв Центрального Черноземья [2] показали, что эти почвы практически невозможно восстановить. Для разработки стратегии рационального использования оставшихся эродированных почв необходимо проводить долгосрочные полевые эксперименты, ориентированные на исследования эрозийных процессов и на динамику их последствий. К последствиям относят изменение показателей свойств почвы и производимой растениеводческой продукции, а также заиление и загрязнение водных объектов [3, 4]. Среди показателей свойств почвы особо выделяют содержание

в почве органического углерода (используемого для расчета содержания гумуса). Распространены полевые эксперименты, ориентированные на исследования динамики показателей свойств неэродированных и эродированных почв [5-9]. Чаще всего такие исследования проводят на делянках или стоковых площадках. Для исследований на водосборах с большой площадью необходимы большие затраты и специальные методы. Один из таких методов (метод ключевых участков) был предложен и использован [10] для измерения на участках плотности, влажности и впитывающей способности почвы, а также мощности гумусового горизонта и урожайности гречихи. Метод включает планирование измерений, статистический анализ результатов измерений и оценку их достоверности.

Цель исследования — сравнительная оценка содержания гумуса в неэродированной

и слабоэродированной почве на ключевых участках агролесоландшафтного комплекса.

Условия и методика исследований. Объект — чернозем типичный малогумусный тяжелосуглинистый среднесиловый неэродированный и слабоэродированный, расположенный на плакорной части и внизу склона в агролесоландшафтном комплексе.

Исследования проведены в многолетнем полевом стационарном эксперименте по контурно-мелиоративному земледелию ФБГНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область) в 2021-2022 гг. Опыт заложен в 1982 г., использован укороченный зерновой севооборот: озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) — гречиха (*Fagopyrum esculentum*) — яровой ячмень (*Hordeum distichon* L.) — гречиха (*Fagopyrum esculentum*). До 2007 г. основной обработкой почвы была вспашка (на глубину 20-22 см), а затем перешли



на поверхностную обработку (дискатором на глубину 10-12 см).

Методы исследования. Для оценки последствий эрозии, в частности оценки динамики состояния почвы в долгосрочных полевых экспериментах (на большой площади), необходимо сравнивать измененную динамику в эродированной почве с динамикой в неэродированной почве. Разность этих динамик оценивает динамику последствий эрозии почвы. Измерение содержания гумуса в почве имеет следующие особенности:

1. Практически невозможно на большой площади провести необходимое количество измерений. Можно выбирать ключевые участки почвы с малой площадью, расположенные там, где имеется наибольший интерес для оценки динамики состояния почвы. Измерения можно проводить на этих участках.

2. Измерение содержания гумуса в почве является косвенным измерением (МИ 2083-90), так как его рассчитывают по формулам из содержания органического углерода.

3. Это измерение однократное: при измерении образец почвы разрушается (для одного образца невозможно проводить многократные измерения).

4. Почву после измерения не возвращают обратно в точку отбора образца в ее прежнем состоянии. Это исключает возможность измерять динамику содержания гумуса в одной и той же точке отбора.

5. Содержание гумуса варьирует по объему почвы на участке. Для учета этого варьирования образцы почвы отбирают в разных точках участка. Для такого отбора необходимо выполнение следующего условия: разные выборки измеренных значений гумуса с одинаковым объемом должны быть равноценными. Это условие выполняется, если выборку описывает распределение вероятности для независимых случайных величин (например, усеченное нормальное распределение).

Учитывая указанные особенности, ранее был предложен метод, который можно назвать методом ключевых участков [10]. Суть применения этого метода для измерения содержания гумуса в почве свелась к следующему. В многолетнем полевом стационарном опыте по контурно-мелиоративному земледелию исследования проведены на двух водосборах: первый — с агролесоландшафтным комплексом, представленным тремя водорегулирующими лесными полосами, которые усилены валом и канавой (площадь 38 га); второй — контрольный (без этого противоэрозионного комплекса, его площадь 40 га). В соответствии с указанным методом [10] на каждом из двух водосборов был выделен один склон.

На водосборе с лесными полосами выбран склон западной экспозиции длиной 1100 м, средний угол наклона 2,5°. На контрольном водосборе — склон западной экспозиции длиной 750 м, средний угол наклона 2,8°.

На каждом склоне выделены два ключевых участка: один вверху склона (почва неэродированная), второй — внизу склона (почва слабоэродированная) (табл. 1).

Все участки одинаковые в форме квадрата с площадью 100 м². Квадрат разделен на 4 одинаковые квадратные ячейки с площадью 25 м². В каждой ячейке (в окрестности ее центра) был отобран образец почвы для измерения содержания гумуса по методу И.В. Тюрина

Таблица 1. Описание выборок на ключевых участках и групп сравниваемых выборок
Table 1. Description of samples at key plots and groups of compared samples

группы	№ выборки	Размещение ключевого участка		Слой почвы, см	
		Водосбор	На склоне		
1	1	Контрольный	верх	0-20	
	2		низ	0-20	
2	3		верх	0-50	
	4		низ	0-50	
3	5		С агролесоландшафтным комплексом	верх	0-20
	6			низ	0-20
4	7			верх	0-50
	8			низ	0-50
5	1	Контрольный		верх	0-20
	3			верх	0-50
6	2	Контрольный		низ	0-20
	4			низ	0-50
7	3	Контрольный	верх	0-50	
	7	С лесными полосами	верх	0-50	
8	4	Контрольный	низ	0-50	
	8	С лесными полосами	низ	0-50	

(ГОСТ 26213-2021) в слоях 0-20 и 0-50 см. В результате для каждого ключевого участка и слоя почвы была получена выборка измеренных значений:

$$\{x_i\}, i = 1, 2, \dots, n, (1)$$

где x_i — измеренное значение содержания гумуса в i -й ячейке (точке); $n = 4$ — количество измерений (объем выборки).

Для анализа выборки (1) использован метод приведения к многократным прямым измерениям (МИ 2083-90). Для таких измерений выборку (1) должно описывать нормальное распределение вероятности, а результат должен быть представлен границами интервала погрешности (ГОСТ Р 8.736-2011):

$$\bar{x} \pm \Delta, P, (2)$$

где \bar{x} — измеренное значение (среднее арифметическое, рассчитанное по выборке (1)); Δ — его абсолютная погрешность; P — вероятность, соответствующая интервалу погрешности. Абсолютная погрешность:

$$\Delta = t_p \cdot S_{\bar{x}}, S_{\bar{x}} = S/\sqrt{n}, (3)$$

где t_p — коэффициент Стьюдента; $S_{\bar{x}}$ — выборочное стандартное отклонение для среднего значения \bar{x} ; S — выборочное стандартное отклонение; n — объем выборки.

Значение \bar{x} достоверное, если оно за пределами погрешности ($\bar{x} > \Delta$). В противоположном случае оно недостоверное (оно в пределах погрешности). Разность двух измеренных значений достоверная, если она за пределами погрешностей, то есть:

$$|\bar{x}_2 - \bar{x}_1| > (\Delta_{x_2} + \Delta_{x_1}), (4)$$

где прямые скобки определяют абсолютное значение в скобках; «1» соответствует первому значению, а «2» — второму. В противоположном случае разность недостоверная (она в пределах погрешностей). Относительное различие (в %) рассчитано по формуле:

$$\varepsilon = 100(\bar{x}_2 - \bar{x}_1)/x_1. (5)$$

Объемы всех выборок были одинаковые ($n=4$). В таком случае неравенство (4) (с учетом (3)) можно записать в следующем виде:

$$n > n_{\text{дос}} = t_p^2 ((S_1 + S_2) / |\bar{x}_1 - \bar{x}_2|)^2. (6)$$

При объеме выборки $n > n_{\text{дос}}$ разность достоверная (в противоположном случае она недостоверная).

В документах стандартизации для интервала погрешности часто рекомендуют вероятность $P=0,95$. Для принятия другого значения необходимо обоснование (МИ 2083-90).

Как и в работе [10], для абсолютной погрешности (3) рассмотрены два варианта. Первый вариант: она равняется стандартному отклонению для среднего значения ($\Delta=1 \cdot S_{\bar{x}}$). При $n=4$ и при значении коэффициента Стьюдента $t_p=1$ интервал погрешности соответствует вероятности $P=0,61$ [11]. Второй вариант: интервал абсолютной погрешности соответствует вероятности $P=0,95$. В этом случае при $n=4$ значение коэффициента Стьюдента $t_p=3,182$ [11]. Из (6) следует, что для второго варианта для обеспечения достоверной разности средних значений необходимо обеспечить объем выборки больше в $3,182^2=10$ раз. Для нормального распределения вероятности использована функция:

$$N(x, \bar{x}, S). (7)$$

Она определяет вероятность, с которой случайная величина может принять значение меньше значения x в интервале $(-\infty, +\infty)$. Значения содержания гумуса могут быть только в интервале $(0, +\infty)$. Такое распределение называют усеченным нормальным распределением. Чтобы для приближенных расчетов можно было использовать функцию $N(x, \bar{x}, S)$ и ее свойства, необходимо выполнить два условия.

Первое — выборку измеренных значений (1) должно описывать усеченное нормальное распределение. Для проверки этой гипотезы использован критерий Колмогорова-Смирнова [11] при уровне значимости 0,05.

Второе — усеченное распределение должно быть достаточно близко к не усеченному распределению. Эту близость определяет выполнение неравенства:

$$P(x < 0) = N(0, \bar{x}, S) << \alpha/2, (8)$$

где $P(x < 0)$ — вероятность, что значение случайной величины будет меньше 0; $\alpha=1-P$. Для $P=0,61$ в (8) $\alpha/2=0,2$; для $P=0,95$ $\alpha/2=0,025$.

Результаты и обсуждение. Статистические характеристики выборок измеренных значений содержания гумуса в почве и оценка



достоверности разности средних значений представлены в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что для обоих вариантов абсолютной погрешности все средние значения достоверны ($\bar{x} > \Delta$).

Для критерия Колмогорова-Смирнова D при объеме выборки $n=4$ и при уровне значимости 0,05 критическое значение $D_{кр} = 0,624$ [11]. В проведенных нами исследованиях для всех выборок рассчитанные значения $D < D_{кр}$. Это означает, что гипотезу об усеченном нормальном распределении можно принять для всех выборок.

В таблице 2 представлены рассчитанные значения $P(x < 0)$, наибольшее значение равняется $1 \cdot 10^{-29}$. Для обоих вариантов абсолютной погрешности оно удовлетворяет условию (8).

Таким образом, для приближенных расчетов все выборки удовлетворяют условиям применения функции $N(x, \bar{x}, S)$ и ее свойств. В таблице 2 значения $n_{дос}$ (6) рассчитаны для $t_p = 1$ ($P=0,61$). Для этого случая разность средних значений (4) достоверная, если объем выборки $n=4 > n_{дос}$. Для варианта с $t_p = 3,182$ ($P=0,95$) значения $n_{дос}$ нужно умножить на 10. Из данных таблицы 2 следует, что при $P=0,61$ из 8 групп (разностей) 4 разности достоверны и 4 недостоверны. Для достоверных разностей приведены значения ϵ , рассчитанные по (5). При $P=0,95$ все разности недостоверны. Из (6) следует: чтобы при $P=0,95$ обеспечить примерно такое же количество достоверных разностей, как при $P=0,61$, необходимо объем выборки увеличить в 10 раз.

Это означает, что ключевой участок нужно разбивать на 40 ячеек. Практически невозможно одновременно провести измерения для большого количества показателей свойств почвы. С другой стороны, после отбора образцов почвы ключевой участок может быть непригодным для его дальнейшего использования. Поэтому для интервала погрешности в (2) лучше использовать вероятность $P=0,61$.

Для первых четырех групп (табл. 1) на рисунке представлено сравнение средних значений содержания гумуса на незэродированной почве (верх склона) и слабоэродированной (низ склона).

Для контрольного водосбора (группы 1 и 2) в слое почвы 0-20 см разность содержания гумуса сверху и внизу склона недостоверная (она в пределах погрешностей). Для слоя почвы 0-50 см содержание гумуса внизу склона достоверно больше на 5,7%, чем сверху склона.

Для водосбора с агролесоландшафтным комплексом (группы 3 и 4) эти разности все недостоверны.

По данным [12], в Центральной Черноземье на обрабатываемой почве содержание гумуса в незэродированной черноземной почве уменьшилось примерно на 50% по сравнению с целиной. Это намного больше разности 5,7%. Следовательно, на обоих водосборах на ключевых участках внизу склона со слабоэродированной почвой эрозия практически не повлияла на содержание гумуса после распашки целины. Основной причиной уменьшения содержания гумуса было уменьшение поступления в почву растительных остатков.

На этом ключевом участке контрольного водосбора мощность гумусового горизонта $58,8 \pm 1,5$ см, она меньше на 30%, чем наверху склона [10]. Для ключевого участка водосбора с агролесоландшафтным комплексом мощность гумусового горизонта внизу $60,1 \pm 3,5$. В обоих случаях $\pm \Delta = S_x$ (формула (3)).

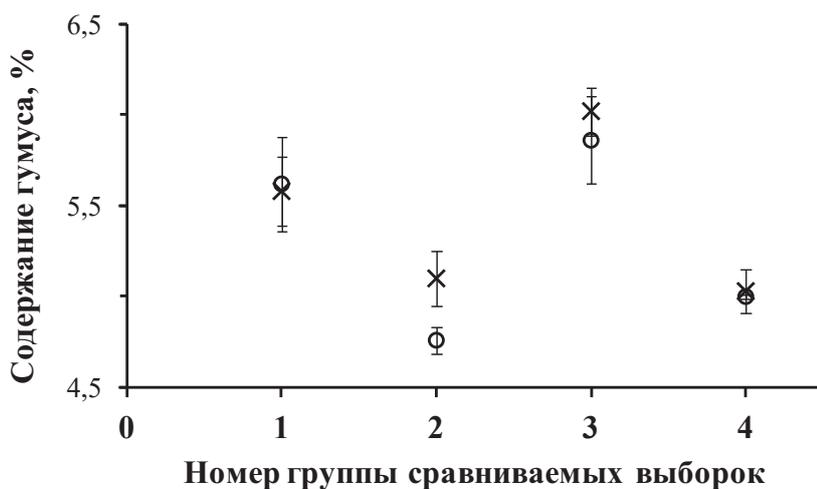
Для других групп из данных таблицы 2 следует: 1. Наверху склона контрольного водосбора в слое почвы 0-50 см содержание гумуса достоверно меньше на 15%, чем в слое 0-20 см (группа 5). Внизу склона (группа 6) меньше на 8,6%; 2. В слое почвы 0-50 см наверху склона с агролесоландшафтным комплексом содержание гумуса достоверно больше на 5,0%, чем на контрольном водосборе (группа 7). Внизу склона (группа 8) разность недостоверная.

Область применения результатов. При планировании рассматриваемого многолетнего полевого стационарного опыта не было метода ключевых участков (или аналогичных ему методов). По этой причине неизвестно (и не будет известно) начальное состояние почвы на конкретных участках. Как следствие, это исключает возможность на этих участках оценивать изменение состояния почвы за время проведения эксперимента (в частности, изменение содержания гумуса в почве). Метод ключевых участков необходимо использовать при планировании и проведении аналогичных экспериментов, а также для оценки достоверности полученных результатов измерения. В методе ключевых участков нет ограничения на его применение только для оценки последствий эрозии почвы. Его можно применять, например, для оценки последствий разрабатываемых новых технологий производства растениеводческой продукции.

Таблица 2. Статистические характеристики выборок измеренных значений содержания гумуса в почве и оценка достоверности разностей
Table 2. Statistical characteristics of samples of measured values of humus content in the soil and assessment of the reliability of differences

группы	№ выборки	\bar{x} ,	S ,	D	$P(x < 0)$	$n_{дос}$ ($P=0,61$)	Разность, да/нет	ϵ , %
		%	%					
1	1	5,62	0,5	0,272	$1 \cdot 10^{-29}$	506	нет	
	2	5,58	0,4	0,258	$2 \cdot 10^{-44}$			
2	3	4,76	0,14	0,243	$1 \cdot 10^{-253}$	1	да	5,7
	4	5,10	0,30	0,210	$4 \cdot 10^{-65}$			
3	5	5,86	0,5	0,25	$5 \cdot 10^{-32}$	23	нет	
	6	6,02	0,27	0,279	$2 \cdot 10^{-110}$			
4	7	5,000	0,022	0,214	0	70	нет	
	8	5,03	0,23	0,252	$3 \cdot 10^{-106}$			
5	1	5,62	0,5	0,272	$1 \cdot 10^{-29}$	0,55	да	-15
	3	4,76	0,14	0,243	$1 \cdot 10^{-253}$			
6	2	5,58	0,4	0,258	$2 \cdot 10^{-44}$	2	да	-8,6
	4	5,10	0,30	0,210	$4 \cdot 10^{-65}$			
7	3	4,76	0,14	0,243	$1 \cdot 10^{-253}$	0,45	да	5,0
	7	5,000	0,022	0,214	0			
8	4	5,10	0,30	0,210	$4 \cdot 10^{-65}$	57	нет	
	8	5,03	0,23	0,252	$3 \cdot 10^{-106}$			

Примечание: D — критерий Колмогорова-Смирнова [11]. Значения $P(x < 0)$ рассчитаны по формуле (8); $n_{дос}$ рассчитано по формуле (6) при $t_p = 1$; в столбце «Разность» значение «да» означает, что разность (4) достоверная, а значение «нет» — недостоверная; ϵ — относительное различие для достоверных разностей, рассчитанное по (5).



Примечание: o — верх склона; x — низ склона; вертикальные отрезки определяют интервалы абсолютной погрешности ($\Delta = 1 \cdot S_x$); группа 1 — контрольный водосбор, слой почвы 0-20 см; группа 2 — контрольный водосбор, слой почвы 0-50 см; группа 3 — водосбор с лесными полосами, слой почвы 0-20 см; группа 4 — водосбор с лесными полосами, слой почвы 0-50 см.

Рисунок. Сравнение содержания гумуса на незэродированной и слабоэродированной почве на склонах двух водосборов
Figure. Comparison of humus content on non-eroded and slightly eroded soil on the slopes of two catchments



Выводы.

1. Разработанный ранее метод ключевых участков обеспечил оценку достоверности результатов измерения содержания гумуса в почве на ключевых участках исследуемого объекта.
2. За очень большой период времени (после распахки целины) эрозия на участках внизу склонов практически не повлияла на содержание гумуса в почве. На этих ключевых участках почва была слабоэродированной.
3. При планировании аналогичных полевых экспериментов предпочтительнее выбирать объекты, на которых будут участки почвы с большей степенью эродированности.
4. Для интервала погрешности среднего значения лучше принимать вероятность $P=0,61$. Это обеспечивает увеличение количества достоверных разностей при сравнении средних значений для разных ключевых участков.

Список источников

1. Rome, Italy (2015). *Status of the world's soil resources (SWSR) — main report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, 650 p. (electronic journal). Available at: <http://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf> (accessed: 21.02.2023).
2. Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Санжарова С.И. и др. Оценка трендов эродированных черноземов пахотных земель Центрального Черноземья // *Земледелие*. 2015. № 6. С. 19-22.
3. Rodriguez-Eugenio, N., McLaughlin, M., Pennock, D. (2018). *Soil pollution: a hidden reality*. Rome, Italy, 142 p. Available at: <http://www.fao.org/3/i9183EN/i9183en.pdf> (accessed: 13.02.2023).
4. Кондратьев С.А., Шмакова М.В. Математическое моделирование массопереноса в системе водосбор — водоток — водоем. СПб.: Нестор-История, 2019. 248 с.
5. Полуэктов Е.В. Эрозия почв и плодородие: монография. Новочеркасск: Лик, 2020. 229 с.
6. Глазунов Г.П., Афонченко Н.В., Золотухин А.Н. Пространственная неоднородность показателей плодородия черноземных почв в склоновых агроландшафтах ЦЧР // *Земледелие*. 2021. № 7. С. 3-9. doi: 10.24412/0044-3913-2021-7-3-9
7. Гаевая Э.А. Способы сохранения плодородия почвы на эродированных склонах Ростовской области // *Живые и биокосные системы*. 2019. № 28. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-28/article-5> (дата обращения: 25.02.2023).

Информация об авторах:

Сухановский Юрий Петрович, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории моделирования и защиты почв от эрозии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1782-501X>, soil-er@kursknet.ru

Прущик Анастасия Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории моделирования и защиты почв от эрозии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9010-5548>, model-erosion@mail.ru

Тарасов Сергей Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории моделирования и защиты почв от эрозии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1246-3494>, sergejtarasov1989@mail.ru

Витовтов Владимир Алексеевич, старший научный сотрудник лаборатории моделирования и защиты почв от эрозии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3098-5053>, v.a.vitovtov@mail.ru

Архипов Александр Сергеевич, инженер-исследователь лаборатории моделирования и защиты почв от эрозии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1170-7568>, sasha.vidar@gmail.com

Information about the authors:

Yurii P. Sukhanovskii, doctor of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of modelling and soil erosion protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1782-501X>, soil-er@kursknet.ru

Anastasia V. Prushchik, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of modelling and soil erosion protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9010-5548>, model-erosion@mail.ru

Sergey A. Tarasov, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of modelling and soil erosion protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1246-3494>, sergejtarasov1989@mail.ru

Vladimir A. Vitovtov, senior researcher of the laboratory of modelling and soil erosion protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3098-5053>, v.a.vitovtov@mail.ru

Aleksandr S. Arkhipov, research engineer of the laboratory of modelling and soil erosion protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1170-7568>, sasha.vidar@gmail.com

8. Степанова Л.П., Петелько А.И., Наконечный А.Г. и др. Агроэкологическая оценка эффективности различных систем удобрения и контурных лесозащитных полос при воспроизводстве плодородия склоновых почв // *Плодородие*. 2020. № 1 (112). С. 49-54. doi: 10.25680/S19948603.2020.112.14
9. Ivonin, V.M., Voskoboinikova, I.V., Matvienko, E.Yu. (2018). Theoretical concept of adaptive forest land reclamation of agricultural landscapes. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, vol. 9, no. 13, pp. 95-103.
10. Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Витовтов В.А. и др. Совершенствование методологии оценки последствий эрозии почвы в полевых экспериментах // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. № 8. С. 44-48. doi: 10.53859/02352451_2022_36_8_44
11. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. М.: Мир, 1982. 488 с.
12. Глазунов Г.П., Кузнецов А.В. Влияние различной степени агрогенных нагрузок на содержание и запасы гумуса в черноземе типичном // *Агротехнологические процессы в рамках импортозамещения: материалы Международной научно-практической конференции*. Мичуринск, 25-27 октября 2016 г. Мичуринск, 2016. С. 38-41.

References

1. Rome, Italy (2015). *Status of the world's soil resources (SWSR) — main report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, 650 p. (electronic journal). Available at: <http://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf> (accessed: 21.02.2023).
2. Sukhanovskii, Yu.P., Prushchik, A.V., Sanzharova, S.I. i dr. (2015). Otsenka trendov ehpodipyemykh chepnozemykh paxotnykh zemel' Tsentral'nogo Chepnozemya [Assessment of trends of eroded chernozems of arable lands of the Central Chernozem region]. *Zemledelie*, no. 6, pp. 19-22.
3. Rodriguez-Eugenio, N., McLaughlin, M., Pennock, D. (2018). *Soil pollution: a hidden reality*. Rome, Italy, 142 p. Available at: <http://www.fao.org/3/i9183EN/i9183en.pdf> (accessed: 13.02.2023).
4. Kondrat'ev, S.A., Shmakova, M.V. (2019). *Matematicheskoe modelirovanie massopere-nosa v sisteme vodosbor — vodotok — vodoem* [Mathematical modeling of mass transfer in the catchment — watercourse — reservoir system]. Saint-Petersburg, Nestor-Istoriya Publ., 248 p.
5. Poluehktov, E.V. (2020). *Ehroziya pochv i plodorodie: monografiya* [Soil erosion and fertility: monograph]. Novocherkassk, Lik Publ., 229 p.

6. Glazunov, G.P., Afonchenko, N.V., Zolotukhin, A.N. (2021). Prostranstvennaya neodnorodnost' pokazatelei plodorodiya chernozemnykh pochv v sklonovykh agrolandshaftakh TSHR [Spatial heterogeneity of fertility of chernozem soils in the slope agricultural landscapes of the Central Chernozem region]. *Zemledelie*, no. 7, pp. 3-9. doi: 10.24412/0044-3913-2021-7-3-9
7. Gaevaya, E.A. (2019). Sposoby sokhraneniya plodorodiya pochvy na ehrodivovannykh sklonakh Rostovskoi oblasti [Methods of soil fertility preservation on eroded slopes of Rostov region]. *Zhivye i biokosnye sistemy* [Live and bio-abiotic systems], no. 28. Available at: <http://www.jbks.ru/archive/issue-28/article-5> (accessed: 25.02.2023).
8. Stepanova, L.P., Petel'ko, A.I., Nakonechnyi, A.G. i dr. (2020). Agroehkologicheskaya otsenka ehffektivnosti razlichnykh sistem udobreniya i konturnykh lesozashchitnykh polos pri vosproizvodstve plodorodiya sklonovykh pochv [Agro-environmental efficiency evaluation of the different fertilization programs and use of forest buffer strips for restoring fertility of slope-positioned soils]. *Plodorodie* [Fertility], no. 1 (112), pp. 49-54. doi: 10.25680/S19948603.2020.112.14
9. Ivonin, V.M., Voskoboinikova, I.V., Matvienko, E.Yu. (2018). Theoretical concept of adaptive forest land reclamation of agricultural landscapes. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, vol. 9, no. 13, pp. 95-103.
10. Sukhanovskii, Yu.P., Prushchik, A.V., Vitovtov, V.A. i dr. (2020). Sovershenstvovanie metodologii otsenki posledstviy ehrozii pochvy v polevykh ehksperimentakh [Improving the methodology for assessing the effects of soil erosion in field experiments]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], vol. 36, no. 8, pp. 44-48. doi: 10.53859/02352451_2022_36_8_44
11. Afifi, A., Ehizen, S. (1982). *Statisticheskii analiz: Podhod s ispol'zovaniem EHVМ* [Statistical analysis: A computer-based approach]. Moscow, Mir Publ., 488 p.
12. Glazunov, G.P., Kuznetsov, A.V. (2016). Vliyanie razlichnoi stepeni agrogennykh nagruzok na sodержание i zapasy gumusa v chernozeme tipichnom [The influence of various degrees of agrogenic loads on the content and reserves of humus in typical chernozem]. *Agrotekhnologicheskie protsessy v ramkakh importozameshcheniya: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Mичуринск, 25-27 oktyabrya 2016 g.* [Agrotechnological processes in the framework of import substitution: materials of the International scientific and practical conference. Michurinsk, October 25-27, 2016]. Michurinsk, pp. 38-41.





Научная статья

УДК 631.6

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_506

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

В.А. Шадских, В.Е. Кижяева, С.В. ЕненкоВолжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации,
Энгельс, Россия

Аннотация. В статье приводится агротехническая характеристика различных способов основной обработки почв в условиях орошения, а также дано краткое обоснование проводимых работ, назначение, цель и задачи разработки технологического регламента. Основное назначение технологического регламента — определить агроэкологическую значимость способов обработки почвы и регламентировать порядок и последовательность выполнения агротехнологических операций на орошаемых землях с целью оптимизации основных параметров водно-физических свойств почв. Объектом исследований являлись современные способы основной обработки и их влияние на агроэкологическое состояние орошаемой почвы. Цель исследований — определить основные направления формирования показателей технологического регламента комплексной оценки различных способов обработки почвы в засушливой зоне региона Поволжья. Методология работ включала схемы и методику проведения полевого опыта с применением способов основной обработки почв при орошении сельскохозяйственных культур. Исследования проводились в 1993 — 2023 годы в типовых орошаемых севооборотах хозяйств Поволжья, где были поставлены и проведены длительные стационарные полевые опыты по обработкам почвы: опытно-производственное хозяйство ВолжНИИГиМ в Саратовской области, Заволжская опытно-мелиоративная станция в Волгоградской области, Астраханская и Самарская опытно-мелиоративные станции. Установлено, что основные показатели технологического регламента комплексной оценки различных способов обработки почвы должны базироваться на исходных требованиях и критериях оценки агрофизического состояния пахотного горизонта основных почвенных разностей региона, качественных характеристиках и энергетических и экономических показателях. С учетом фактической динамики агрофизических показателей плодородия произведен анализ агротехнических требований к основной обработке почвы, регламентирующих проведение технологических операций на почвах с учетом допустимых отклонений от нормы. На основании обобщения опыта и анализа многолетних исследований, предложен технологический регламент комплексной оценки различных способов обработки почвы с подробным инструментарием его применения. Доказано, что в оценке качества обработки почвы должны участвовать следующие основные показатели: фактическая глубина обработки и её равномерность; характеристики рыхления: коэффициент глыбистости, коэффициент распыленности, коэффициент рыхления и общий показатель крошения; плотность сложения почвы, гранулометрический состав, отражающие физическое строение обрабатываемого слоя; сохранение стерни, залипаемость и забиваемость почвообрабатывающих орудий и т.д. Показатели экономической и энергетической эффективности дают возможность выявить экономическую целесообразность и энергетическую значимость проведения того или иного способа обработки почвы в условиях орошения.

Ключевые слова: орошаемое земледелие, почва, способы основной обработки почвы, ресурсосберегающая технология, технологический регламент

Original article

JUSTIFICATION OF TECHNOLOGICAL REGULATIONS FOR COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SOIL TREATMENT METHODS

V.A. Shadskikh, V.E. Kizhaeva, S.V. EnenkoVolga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation,
Engels, Russia

Abstract. The article provides an agrotechnical description of various methods of basic soil treatment in irrigation conditions, as well as a brief justification of the work carried out, the purpose, purpose and tasks of developing technological regulations. The main purpose of the technological regulation is to determine the agroecological significance of soil cultivation methods and to regulate the procedure and sequence of agro-technological operations on irrigated lands in order to optimize the basic parameters of soil water-physical properties. The object of research was modern methods of basic processing and their influence on the agro-reclamation state of irrigated soil. The purpose of the research is to determine the main directions for the formation of indicators of the technological regulation of the integrated assessment of various methods of tillage in the arid zone of the Volga region. The work methodology included schemes and methodology for conducting field experience using methods of basic soil treatment in irrigation of crops. Studies were carried out in 1993-2023 in typical irrigated crop rotations of Volga region farms, where long-term stationary field experiments on soil treatments were delivered and carried out: experimental production facilities of the Moscow Research and Development Institute in the Saratov region, the Zavolzhskaya experimental reclamation station in the Volgograd region, Astrakhan and Samara experimental reclamation stations. It was established that the main indicators of the technological regulations for the integrated assessment of various methods of soil cultivation should be based on the initial requirements and criteria for assessing the agrophysical state of the arable horizon of the main soil differences in the region, qualitative characteristics and energy and economic indicators. Taking into account the actual dynamics of agrophysical fertility indicators, an analysis of the agrotechnical requirements for the main tillage was carried out, regulating the implementation of technological operations on soils, taking into account permissible deviations from the norm. Based on a generalization of experience and analysis of many years of research, a technological regulation for a comprehensive assessment of various methods of soil cultivation with detailed tools for its application is proposed. It has been proven that the following main indicators should participate in assessing the quality of soil cultivation: the actual depth of cultivation and its uniformity; loosening characteristics: blockage coefficient, atomization coefficient, loosening coefficient and total crumbling index; bulk weight of soil, density of addition; grain size distribution reflecting the physical structure of the treated layer; preservation of stubble, sticking and clogging of tillage tools, etc. The indicators of economic and energy efficiency make it possible to identify the economic feasibility and energy significance of conducting a particular method of soil cultivation in irrigation conditions.

Keywords: irrigated agriculture, soil, methods of basic tillage, resource-saving technology, technological regulations

Введение. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы, а также Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса на 2022-2031 годы, нацелены

на активное восстановление агресурсного потенциала орошаемого земледелия на современном технологическом уровне [1, 2].

При этом негативные последствия мелиорации приводят к физической деградации темно-каштановых и других почвенных разностей,

особенно их пахотных горизонтов. Это выражается в повышении глыбистости, уплотнении (до 1,3-1,5 г/см³), потере структуры, снижении фильтрации, образовании корки. На таких почвах увеличивается сток поливной воды, наблюдаются явления ирригационной эрозии [3, 4].



Одна из причин состоит в том, что на орошаемых землях доминирует традиционная система отвальной обработки почвы. Для нее характерны высокие затраты энергетических ресурсов. Эта система слабо препятствует процессам ухудшения плодородия почв, которые в большинстве своем являются трудно обратимыми.

Остроту денного вопроса в значительной мере можно снять путем использования почвозащитных (без оборота пласта) технологий обработки почвы. Их особенность заключается в том, что на поверхности почвы оставляется стерня в другие растительные остатки. Это предохраняет пахотный слой от различных видов эрозии.

Безотвальная обработка улучшает биологическую активность почвы, снижает распыленность верхнего горизонта и увеличивает ее водопроницаемость. По данным многих исследований обработка без оборота пласта позволяет существенно (на 20-30% уменьшить расход энергоресурсов. При безотвальной вспашке и других способах минимальной обработки продуктивность сельскохозяйственных культур в целом находится на таком же уровне, как и при традиционной обработке. Однако условия, при которых возможна почвозащитная обработка, выявлены пока не в полной мере [5, 6].

Другой вопрос, не менее важный, состоит в адаптации технологий к конкретным почвенно-климатическим условиям. Все агрономические приемы должны обеспечивать устойчивые результаты по сбору продукции на фоне основных вариаций природных факторов региона. Механические воздействия на почвенный покров применяются в очень сложной обстановке. Даже в пределах небольших географических районов существуют глубокие различия в гранулометрическом составе и других базовых свойствах почв [6].

Обработки почвы необходимо увязывать с севооборотами и целым рядом агротехнических приемов, используемых при возделывании сельскохозяйственных культур. Поэтому почвозащитные способы обработки почвы в реальной исполнению могут значительно отличаться от прототипов. Вместе с тем должны разрабатываться типичные или «усредненные» варианты обработок почвы [7, 8].

Способы обработки оказывает неодинаковое влияние на агрофизические и другие свойства пахотного горизонта. Тем не менее все они направлены на создание благоприятных условий для роста и развития растений как в течение одного сезона, так и на более длительную перспективу [9 — 14].

Существует широкая группа показателей, которые используются при оценке различных способов механического воздействия на почву. Однако они недостаточно полно учитывают специфику орошаемого земледелия.

Из сказанного следует, что разработка технологического регламента оценки различных способов обработки почвы имеет важное научное и практическое значение.

Цель и объект исследований. Цель настоящей работы заключалась в разработке технологического регламента оценки различных способов обработки почвы применительно к почвенно-климатическим условиям зоны Поволжья с учетом агроэкологических требований. При этом решались следующие задачи: Выявить критерии оценки агрофизического состояния пахотного горизонта основных

почвенных разностей региона. Разработать перечень показателей качества выполнения отдельных операций, входящих в традиционные и почвозащитные обработки почвы. Определить пути разработки нормативов допустимого антропогенного воздействия на почву при орошении с целью сохранения ее плодородия. Представить систему показателей для контроля степени деградации почвенного покрова и экологической устойчивости почв на орошаемых землях.

Объектом исследований являлись современные способы основной обработки и их влияние на агрономическое состояние орошаемой почвы для разработки технологического регламента их оценки.

Методика исследований. Исследования проводились в период 1993 — 2023 годы и продолжают по настоящее время в типовых орошаемых севооборотах в степной и сухостепной зонах Поволжья: опытно-производственное хозяйство ВолжНИИГиМ в Саратовской области, Заволжская опытно-мелиоративная станция в Волгоградской области, Астраханская и Самарская опытно-мелиоративные станции, где были заложены и проведены стационарные полевые опыты по обработкам почвы. Уровень плодородия почвы во многом определяется комплексом обработки почвы, поэтому для анализа агросурсного потенциала применена система оценочных показателей плодородия на примере темно-каштановых почв Заволжья. Методология работ включала схемы и общепринятую методику проведения полевого опыта с применением способов основной обработки почв при орошении сельскохозяйственных культур.

На основе анализа динамики состояния орошаемых земель рассмотрены основные проблемы и, с учетом агротехнологических факторов обработки почвы предложены пути их рационального использования, обоснованы научные подходы в соответствии с требованиями современной системы земледелия.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведенных исследований разработан инструментарий для реализации регламентных требований по проведению обработки почв и качественным характеристикам.

Исходные показатели. Считаем, что для проведения объективной оценки в выборе различных способов обработки почвы, необходимы следующие сведения.

1. История поля (севооборот, предшествующая система обработки, возделываемая культура).
2. Влажность почвы на глубину предстоящей обработки, %
3. Количество пожнивных остатков на поверхности поля, г/м², шт./м²
4. Комковатость верхнего (0-5 см) слоя почвы, %.
5. Плотность сложения почвы на глубину обработки, г/см³.
6. Твердость почвы на глубину предстоящей обработки, кг/см².
7. Ботанический состав сорняков по видам, засоренность участка, шт./м².
8. Рекомендованные сроки работы.

Исходные показатели, собранные до проведения работ, помогут прогнозировать качество предстоящей обработки.

Показатели: влажность почвы, плотность, твердость почвы, количество сорных растений, наличие пожнивных остатков могут обуслов-

ливать целесообразность или бесполезность и даже вредность очередной обработки. Показатели, указанные в пунктах 2-7 получают экспериментальным путем.

Сроки обработки, выбор почвообрабатывающих машин согласовываются с технологической картой и зональными рекомендациями [15].

Важными являются сведения о почве: гранулометрический состав, связность, полевая влажность, плотность сложения и др.

Качественные показатели. В настоящее время для производственного контроля за качеством полевых работ рекомендуется руководствоваться «Типовой операционной технологией и правилами производства механизированных полевых работ». Однако отсутствие зональных параметров показателей качества не позволяет правильно оценить эффективность той или иной технологии или системы в целом [8, 16].

Наиболее полно оценка качества механизированных работ проводится при испытании новых образцов орудий и машин, используется ГОСТ 33736-2016 Техника сельскохозяйственная. Машины для глубокой обработки почвы, а также ГОСТ 33687-2015 Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы испытаний.

В оценке качества обработки почвы участвуют следующие основные показатели [3, 8, 12, 17].

Фактическая глубина обработки и её равномерность — это важнейший показатель. Неравномерность глубины, выходящая за границы допуска, создает разные условия плодородия, которые оказывают определенное влияние и в последующие годы. Глубина обработки обусловлена научной рекомендацией, учитывающей требования возделываемой культуры. Агротехническими требованиями к плоскорезующим почвообрабатывающим орудиям предъявляются условия обеспечения глубины обработки с отклонением от средней глубины не более ± 10% до 16 см; и ± 5 при заданной глубине 20 см (Сборник агротехнических требований на с.-х. машины и тракторы, 1982).

Допуски варьированности должны уточняться в соответствии с уровнем требований оценки. Глубина вспашки оценивается по методике ГОСТ 2911-54, при этом составляется ведомость (табл. 1).

Степень рыхления почвы. По данным проведенных исследований рекомендуется различать следующие характеристики рыхления: коэффициент глыбистости, коэффициент распыленности, коэффициент рыхления и общий показатель крошения, выражающийся отношением веса частиц определенного размера к общему весу пробы почвы.

Глыбистость, крошение, структурный состав обрабатываемого слоя являются взаимно связанной показателями физического состояния почвы, эти показатели зависят от генетических свойств почвы, влажности и твердости в момент обработки, типа рабочего органа, глубины обработки и скорости движения агрегата. Хорошее качество работы характеризуется отсутствием комков крупнее 4 см, удовлетворительное — наличие комков более 6 см, неудовлетворительное, когда на 1 м² имеется 10 глыб крупнее 6 см в диаметре. Кафедрой земледелия и методики опытного дела Российского государственного аграрного университета — МСХА имени К.А. Тимирязева разработаны градации глыбистости.





Глыбистость пашни определяется в баллах:

Глыбистость, %	Балл	Оценка
≤ 10,0	5	отлично
10,0 — 15,0	4	хорошо
15,1 — 20,0	3	удовлетворительно
20,1 — 25,0	2	плохо
≥ 25,0	1	очень плохо

Допустимым пределом глыбистости считается 10-15%. В соответствии с агротехническими требованиями к культиватору-плоскорезу глубокорыхлителью для обработки почвы до глубины 30 см рыхление должно способствовать образованию фракции почвы от 2 до 10 см. Количество глыб более 10 см не должно превышать 20%. Ведомость определения глыбистости поверхности пашни представлена ниже (табл.2).

Гребнистость — показатель слитности поверхности поля после обработки. Высокая гребнистость делает поле неровным, создаются неблагоприятные условия для работы посевных и уборочных агрегатов, увеличивается поверхность испарения влаги (табл. 3).

Крошение. За оптимальное крошение принимается состояние, когда 50% комков в обрабатываемом горизонте представлено размерами от 10 до 50 мм в диаметре. В пределах одной почвенной разности основными факторами определяющими качество крошения являются влажность, плотность почвы, глубина обработки. При равных условиях влажности крошение снижается с глубиной обработки за счет большей плотности нижних слоев почвы; при одинаковых показателях плотности и влажности, крошение увеличивается при увеличении скорости движения агрегата. При расчете % содержания фракций пользуются таблицей 4.

Твердость почвы понимается как сопротивление почвы проникновению в нее какого-либо тела в виде плунжера, выражается в кг/см². Твердость зависит от гранулометрического состава почвы, содержания гумуса, обменных оснований, влажности и плотности почвы. Н.А. Качинским разработана шкала твердости почв при их воздушно-сухом состоянии.

Почва:

1.	Слитная твердость	100 кг/см ²
2.	Весьма плотная *-	50-100 кг/см ²
3.	Плотная *-	30-50 кг/см ²
4.	Плотноватая *-	20-30 кг/см ²
5.	Рыхловатая *-	10-20 кг/см ²
6.	Рыхлая *-	10 кг/см ²

Твердость почвы находится в тесной связи с удельным сопротивлением почвы и используется очень часто при определении энергоёмкости процесса обработки (табл. 5).

Твердость и плотность сложения почвы являются показателями, определяющими цель технологической операции — почву целесообразно рыхлить или уплотнять. Если плотность почвы от 10 до 20 кг/см², то затрачиваются наибольшие усилия.

Плотность сложения почвы — это показатель, по которому судят о физическом строении обрабатываемого слоя, определяется в полевых условиях без нарушения ее сложения. Наиболее благоприятные условия для прорастания семян и роста зерновых культур складываются при плотности почвы, близкой к равновесной, на черноземных почвах 1,0-1,1 г/см³.

Принято отбирать образцы по методу Н.А. Качинского. Представляем форму таблицы 6 для удобства расчета плотности сложения почвы.

Структурный состав верхнего 0-5 см слоя почвы определяется для вычисления ветроустойчивости поверхности поля после очередной обработки. Исследованиями установлена зависимость — чем выше комковатость, тем меньше частиц перекачивается по поверхности, то есть ниже эродированность поля. Для удобства заполняют таблицу 7 по следующей форме.

Сохранение стерни определяется чаще всего весовым методом (ОСТ 70.4.2-80). Количество пожнивных остатков определяется для характеристики ветроустойчивости поверхности. Ведомость расчета сохранения стерни представлена в таблице 8.

Залипаемость и забиваемость орудий указывает на крайний верхний предел влажности почвы, её физической спелости к моменту обработки (табл. 9, 10).

При такой влажности пласт почвы не крошится, а спадает с рабочих органов орудий и при высыхании образуется слитная поверхность почвы, которая также требует дополнительной обработки как и при большой глыбистости. Орудия могут забиваться почвой, смешанной с пожнивными остатками и вызывать сгуживание и уплотнение почвы.

Использование экономических и энергетических показателей дает возможность выявить экономическую целесообразность и энергетическую значимость проведения того или иного способа обработки почвы в условиях орошения. Экономический потенциал измеряется экономическим эффектом, который может быть достигнут при получении практических результатов. Исходные требования позволяют оптимизировать способы обработки почвы с точки зрения их агроэкологической значимости и экономической целесообразности.

Таблица 1. Ведомость определения глубины обработки
Table 1. Machining depth determination list

Марка машины	Дата		
Место работы	Скорость		
Вид работы			
Измерения	Глубина обработки, см		
	Повторности (проходы агрегата)		
	1	2	3
...			

Таблица 2. Ведомость определения глыбистости поверхности пашни
Table 2. List of arable land surface blockage determination

Наименование орудия _____

Место проведения работы _____

Дата _____

5 — 10 см			10 — 15 см			15 — 25 см			25 — 40 см		
длина	ширина	площадь	длина	ширина	площадь	длина	ширина	площадь	длина	ширина	площадь

Таблица 3. Ведомость определения гребнистости пашни
Table 3. List of arable land comb determination

Вид работы	Дата								
Измерения	Высота гребней, см	Свальные гребни, см				Развальные борозды, см			
		высота		ширина		глубина		ширина	
		...							



Годовой экономический эффект рассчитывается по формуле:

$$\text{Э год} = \text{ЧД} \times \text{У} - \text{С}, \quad (1)$$

где Э год -- годовой экономический эффект; ЧД -- чистый доход; У -- валовая продукция в зональных закупочных ценах или ценах фактической реализации; С -- издержки производства.

Целесообразно проводить оценку разрабатываемых агромероприятий по совокупности

затрат энергии на производство единицы продукции. К основным энергетическим показателям следует отнести затраты совокупной энергии, мдж/га; совокупные затраты энергии на единицу продукции, мдж/т; энергетическая ценность урожая в обменной энергии, мдж/га [9].

Таким образом, стройная система основных показателей, характеризующих сложение пахотного слоя и основных водно-физических параметров почвы в виде оценочной шкалы по

комплексной оценке различных способов обработки почвы включает в себя основные качественные показатели различных способов обработки почвы: содержание агрономически ценной структуры, %; содержание гумуса, %; водопроницаемость, мм/час; плотность сложения, г/см³; твердость почвы, кг/см² [3, 9, 11].

В таблице 11 представлены оптимальные значения основных показателей, характеризующих изменение плодородия почвы под влиянием различных способов её обработки.

Таблица 4. Крошение почвы, содержание фракций, %
Table 4. Soil crumbling, fractions content, %

Дата	Объем ящика				Кр., %	К, гл
Вид обработки						
№ пробы	Масса фракции, кг					
	>10 мм	10-25 мм	25-50 мм	50-100 мм		
...						

Таблица 5. Ведомость определения твердости почвы
Table 5. Soil hardness determination sheet

Диаметр плунжера		Участок							
Орудие, машина		№ или усилие пружины							
Дата		Масштаб пружины							
Номер участка, вариант	Глубина взятия проб	Средняя высота, ординаты по повторностям						Средняя высота, ордината	Средняя твердость почвы, кг/см ²
		1	2	3	4	5	6		
...									

Таблица 6. Расчет плотности сложения почвы, г/см³
Table 6. Calculation of soil addition density, g/cm³

Дата	Место проведения замеров							
Объем цилиндра								
№ измерений	Горизонт	№ стакана	Вес стакана с почвой, г	Вес стакана, г	Вес стакана с сухой почвой, г	Потеря воды, г	Влажность, %	Плотность сложения, г/см ³
...								

Таблица 7. Ведомость для расчета структурного состава почвы
Table 7. Ведомость для расчета структурного состава почвы

Дата	№ поля											
№ пробы, фракции, мм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	х	
Масса образца:												
Масса >1 мм												
Масса <1 мм												

Таблица 8. Ведомость расчета сохранения стерни
Table 8. Stubble retention calculation sheet

Марка машины		Место опыта	
Вид работы		Дата	
№ рамки	Вес стерни с учетной площади, г		Сохранение стерни, %
	до прохода орудия	после прохода орудия	
1			
:			
Сумма среднее			



Таблица 9. Ведомость измерения забиваемости рабочих органов
Table 9. List of measurement of clogging capacity of working elements

Наименование рабочего органа					
Место проведения работ					
Дата					
Вспучивание (сильное, слабое, редкое, частое)	Количество самоликвидирующихся заторов на длине гонов	Забивания			
		длина пути до забивания, м	на каком рабочем органе началось забивание	сколько рабочих органов забились	причина забивания

Таблица 10. Ведомость измерения залипания рабочих органов
Table 10. List of measurement of working elements sticking

Наименование рабочего органа				
Место проведения работ				
Дата				
№, повторность	Длина проведенного пути	Толщина налипшего слоя, мм	Площадь залипания	Вес налипшей почвы

Таблица 11. Основные показатели комплексной оценки различных способов обработки темно-каштановых почв (активный слой 0-30 см)
Table 11. Key indicators of comprehensive assessment of various methods of treatment of dark chestnut soils (active layer 0-30 cm)

Показатели	Виды обработки почвы			
	Отвальная вспашка 27 — 30 см	Плоскорезная обработка 27 — 30 см	Трехъярусная вспашка 27 — 30 см	Дискование 12 — 14 см
Содержание агрономически ценной структуры, % (сухое рассеивание) мокрое	<u>47,0 — 50,0</u> 21,4	<u>48,0 — 52,0</u> 23,1	<u>50,0 — 54,0</u> 22,4	<u>51,0 — 55,0</u> 22,2
Содержание гумуса, %	3,0 — 3,5	3,5 — 4,0	3,5 — 4,0	3,5 — 4,0
Водопроницаемость, мм/час (в первый)	90,0 — 100,0	100,0 — 120,0	90,0 — 100,0	90,0 — 95,0
Плотность сложения, г/см ³	1,15 — 1,27	1,20 — 1,27	1,20 — 1,25	1,20 — 1,27
Твердость почвы, кг/см ²	4,5	4,7	3,2	5,1

Научно обоснованное сочетание различных способов обработки почвы в севообороте при орошении, позволяет не только сохранить имеющийся уровень плодородия, но в сочетании способствовать значительному увеличению его потенциальных значений.

По данным таблицы 11, значения плотности почвы на посевах сельскохозяйственных культур — 1,15-1,27 г/см³. Изменение этого показателя в более широких пределах негативно влияет на основные водно-физические свойства почвы. Оптимальные значения водопроницаемости темно-каштановых почв Поволжского региона находятся в интервале 90,0-120,0 мм/час (в пер-

вый час). Безотвальная плоскорезная обработка почвы способствует сохранению агрономически ценной структуры почвы (слой 0-30 см), а в конечном итоге — повышению её водопроницаемости, что благотворно влияет на суммарное водопотребление с.-х. культур.

При безотвальных и поверхностных обработках происходит увеличение содержания гумуса и повышение общего плодородия почв. Поэтому в условиях орошения применение поверхностных и безотвальных обработок будет способствовать увеличению содержания водопрочных агрегатов в активном слое, т.е. снижению эрозионной опасности.

Снижение механического воздействия на почвенный профиль при безотвальных обработках позволяет оптимизировать основные её агрофизические показатели, определяющие активное плодородие корнеобитаемого слоя. Так, при плоскорезной обработке почвы происходит поступательное увеличение содержания водопрочной структуры, что особенно ценно в условиях орошения темно-каштановых почв. Средний показатель суммы водопрочных агрегатов при отвальной вспашке почвы (слой 0-30 см) составляет 21,4%, а при плоскорезной обработке 27-30 см — 23,1%.

Обобщая выше изложенный материал, представляется возможным дать схематическое построение технологического регламента, включающего в себя основные агротехнологические и управленческие блоки информации: агрофизические показатели почвы; агротехнические требования к обработке почвы; исходные требования с объекта; качественные показатели при различных способах обработки почвы; оценочная шкала по комплексной оценке обработки почвы (рис. 1).

Заключение (выводы). На данном этапе широко применяются методы бальной оценки качества обработки однако необходима разработка единого подхода. Комплексная оценка выводится на основании весомости каждого показателя в соответствующем технологическом режиме, определяемом регламентом. Анализ исследований физико-механических и технологических параметров в различных почвенно-климатических условиях позволит научно обоснованно решать вопросы совершенствования технологий обработки почвы и на этой основе



Рисунок. Структура технологического регламента комплексной оценки способов обработки почвы
Figure. Structure of technological regulations for comprehensive assessment of soil treatment methods



оптимизировать основные параметры водно-физических свойств почв, обеспечить сохранение благоприятной эколого-мелиоративной обстановки.

Представленная структура технологического регламента позволяет принимать решения по проведению технологических операций в зависимости от состояния объекта (поля), агротехнических требований и качественных агрофизических показателей применительно к различным способам обработки почвы на орошаемых землях.

Список источников

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы».
2. Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 года № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса на 2022 — 2031 годы».
3. Шадских В.А., Кизжаева В.Е. Использование агроэкологических приемов основной обработки темно-каштановой почвы для оптимизации ее водно-физических свойств // *Аграрный научный журнал*. 2014. № 1. С. 45-47.
4. Шадских В.А., Кизжаева В.Е., Рассказова О.Л. Влияние способов основной обработки на агрофизические свойства темно-каштановой почвы Саратовского Заволжья // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2019. № 3 (35). С. 123-135 DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-123-135.
5. Витер А.Ф. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия. Москва: Инфра-М, 2023. 173 с.
6. Шевцов Н.М. Обработка и жизнь почвы в культуре современного земледелия. Москва: ИПЦ Маска, 2011. 358 с.
7. Бабичев А.Н., Бабенко А.А. Влияние различных типов и видов мелиорации на восстановление и повышение плодородия деградированных почв // *Мелиорация и гидротехника*. 2022. Т. 12, № 1. С. 157-176. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-157-176>.
8. Шадских В.А., Кизжаева В.Е. Экологически обоснованные ресурсосберегающие агротехнические мероприятия для повышения плодородия орошаемых почв Поволжья // *Московский экономический журнал*. 2022. Т. 7. № 6. <http://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-6-2022-15/> DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_6_345.
9. Шадских В.А., Кизжаева В.Е. Комплексная оценка эффективности агротехнических мероприятий в типовом севообороте при орошении в Поволжье // *Мелиорация и гидротехника*. 2022. Т. 12, № 2. С. 20-33 <http://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-20-33>.
10. Деревягин С.С., Азизов З.М., Денисов К.Е. Основная обработка почвы как важнейший фактор органического земледелия в засушливых условиях Нижнего Поволжья // *Аграрные конференции*. 2021. № 4 (28). С. 1-19.
11. Бурдуковский М.Л., Тимофеева Я.О., Голов В.И., Киселева И.В., Тимошинов Р.В. Динамика реакции почвенной среды, структурно-агрегатного состояния и за-

пасов углерода агротемногумусовых подбелов в ходе постарогенного развития // *Почвоведение*. 2022. № 12. С. 1505-1513.

12. Максимович К.Ю., Каличкин В.К., Васильева Н.В. Органическое земледелие в лесостепи Западной Сибири: основная обработка почвы под яровую пшеницу // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2022. № 6 (98). С. 26-30.

13. Боев У.А. Основная обработка почвы под посев кукурузы // *Цифровая наука*. 2023. № 4. С. 4-8.

14. Lockeretz, W. (Ed.). (2007). *Organic Farming: An International History*. Wallingford, UK: CABI. (Локерец, В. (Ред.). (2007).

15. Бердышев В.Е., Валиев А.Р., Дмитриев А.В. [и др.] *Сельскохозяйственные машины. Почвообрабатывающие машины*. Учебное пособие. Москва, 2022. 292 с.

16. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В., Шумаков А.В. Влияние приемов основной обработки почвы на макроструктуру чернозема типичного // *Почвоведение*. 2021. № 10. С. 1195-1206.

17. Абрамов Н.В., Семизоров С.А., Оксукбаева А.М. Основная обработка почвы и формирование азотного режима в системе точного земледелия // *Земледелие*. 2022. № 3. С. 32-35.

References

1. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 25 avgusta 2017 g. N 996 «Ob utverzhdenii Federal'noi nauchno-tehnicheskoy programy razvitiya sel'skogo khozyaistva na 2017-2025 gody» [Decree of the Government of the Russian Federation of August 25, 2017 No. 996 «On Approval of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2025»].
2. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14 maya 2021 goda № 731 «O Gosudarstvennoi programme effektivnogo вовлечения в оборот земель sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya i razvitiya mелиоративного kompleksa na 2022 — 2031 gody» [Decree of the Government of the Russian Federation of May 14, 2021 No. 731 «On the State Program for the Effective Involvement of Agricultural Land and the Development of the Reclamation Complex for 2022-2031»].
3. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E. (2014). *Ispol'zovanie agroekologicheskikh priemov osnovnoi obrabotki temno-kashtanovoi pochvy dlya optimizatsii ee vodno-fizicheskikh svoystv* [Use of agroecological techniques of the main treatment of dark chestnut soil to optimize its water-physical properties]. *Agrarnyye nauchnyy zhurnal* [Agricultural Scientific Journal], no. 1, pp. 45-47.
4. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Rasskazova O.L. (2019). *Vliyaniye sposobov osnovnoi obrabotki na agrofizicheskie svoystva temno-kashtanovoi pochvy Saratovskogo Zavolzh'ya* [The influence of methods of basic processing on the agro-physical properties of dark chestnut soil of the Saratov Volga region]. *Nauchnyy zhurnal Rossiiskogo NII problem mелиорatsii* [Scientific Journal of the Russian Research Institute of Problems of melioration], no. 3 (35), pp. 123-135/ DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-123-135.
5. Viter A.F. (2023). *Obrabotka pochvy kak faktor regulirovaniya pochvennogo plodorodiya* [Tillage as a factor in soil fertility regulation], Moscow: *Infra-M*, 173 p.
6. Shevtsov N.M. (2010). *Obrabotka i zhizn' pochvy v kul'ture sovremennogo zemledeliya* [Soil cultivation and life in the culture of modern agriculture], Moscow, 358 p.
7. Babichev A.N., Babenko A.A. (2022). *Vliyaniye razlichnykh tipov i vidov mелиорatsii na vosstanovlenie i povysheniye*

plodorodiya degradirovannykh pochv [Influence of various types and types of m-lyation on restoration and increase of fertility of degraded soils]. *Melioratsiya i gidrotehnika* [Reclamation and hydraulic engineering], vol. 12, no. 1, pp. 157-176. <http://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-157-176>.

8. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E. (2022). *Ehkolohicheskii obosnovaniye resurso-sberegayushchie agrotekhnicheskiiy meropriyatia dlya povysheniya plodorodiya oroshaemykh pochv Povolzh'ya* [Environrmentally sound resource-saving agrotechnical measures to increase the fertility of irrigated soils in the Volga region]. *Moskovskii ehkonomicheskii zhurnal* [Moscow Economic Journal], vol. 7, no. 6. <http://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-6-2022-15/> DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_6_345.

9. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E. (2022). *Kompleksnaya otsenka effektivnosti agrotekhnicheskikh meropriyatii v tipovom sevooborote pri oroshenii v Povolzh'e* [Comprehensive assessment of the effectiveness of agrotechnical measures in typical crop rotation during irrigation in the Volga region]. *Melioratsiya i gidrotehnika* [Reclamation and hydraulic engineering], vol. 12, no. 2, pp. 20-33. <http://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-20-33/>

10. Derevyagin S.S., Azizov Z.M., Denisov K.E. (2021). *Osnovnaya obrabotka pochvy kak vazhneishii faktor organicheskogo zemledeliya v zasushliviye uslo-viyakh Nizhnego Povolzh'ya* [The main tillage as the most important factor of organic agriculture in the arid conditions of the Lower Volga region]. *Agrarnyye konferentsii* [Agricultural conferences], no. 4 (28), pp. 1-19.

11. Burdukovskii M.L., Timofeeva YA.O., Golov V.I., Kiseleva I.V., Timoshinov R.V. (2022). *Dinamika reaktsii pochvennoi sredy, strukturno-agregatnogo sostoyaniya i zapasov ugleroda agrotomnogumusovykh podbelov v khode postarogennogo razvitiya* [Dynamics of the reaction of the soil environment, structural and aggregate state and carbon reserves of agrotomnogumus subbels during post-gro-genic development]. *Pochvovedenie*. [Soil science], vol. 12, pp. 1505-1513.

12. Maksimovich K.YU., Kalichkin V.K., Vasileva N.V. (2022). *Organicheskoe zemledelie v lesostepi Zapadnoi Sibiri: osnovnaya obrabotka pochvy pod yarovuyu pshenitsu* [Organic agriculture in the forest-steppe of Western Siberia: the main tillage for spring wheat]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia of the Orenburg State Agrarian University], no. 6 (98), pp. 26-30.

13. Boev U.A. (2023). *Osnovnaya obrabotka pochvy pod posev kukuruzy* [Basic soil cultivation for sowing corn]. *Tsifrovaya nauka* [Digital science], no. 4, pp. 4-8.

14. Lockeretz, W. (Ed.). (2007). *Organic Farming: An International History*. Wallingford, UK: CABI. (Lokeretz, V. (Red.). (2007).

15. Berdyshchev V.E., Valiev A.R., Dmitriev A.V. [et al.] (2022). *Sel'skokhozyay-stvennyye mashiny. Pochvoobrabatyvayushchie mashiny* [Agricultural vehicles], *Uchebnoe posobie*, Moscow, 292 p.

16. Dubovik E.V., Dubovik D.V., Shumakov A.V. (2021). *Vliyaniye priemov os-novnoi obrabotki pochvy na makrostrukturu chernozema tipichnogo* [Influence of methods of osnovnoy tillage on the macrostructure of typical chernozem]. *Pochvovedeniye* [Soil management], no. 10, pp. 1195-1206.

17. Abramov N.V., Semizorov S.A., Oksukbaeva A.M. (2022). *Osnovnaya obrabotka pochvy i formirovaniye azotnogo rezhima v sisteme tochnogo zemledeliya* [Basic soil cultivation and the formation of a nitrogen regime in the system of precision agriculture]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 3, pp. 32-35.

Информация об авторах:

Шадских Владимир Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный работник сельского хозяйства Российской Федерации, главный научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-3848-8485>, SPIN-код: 9501-6019, Author ID: 476506, Scopus ID 57224995135, shadskva@mail.ru

Кизжаева Вера Евгеньевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5319-3112>, SPIN-код: 6754-5928, Author ID: 507311, Scopus ID 57224992060, ave.61@mail.ru

Ененко Светлана Валерьевна, младший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-3521-257X>, SPIN-код: 6704-8950, Author ID: 96090, sveta01091988@mail.ru

Information about the authors:

Vladimir A. Shadskikh, doctor of agricultural sciences, professor, honored worker of agriculture of the russian federation, chief researcher, ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-3848-8485>, shadskva@mail.ru

Vera E. Kizhaeva, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5319-3112>, ave.61@mail.ru

Svetlana V. Enenko, junior researcher, ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-3521-257X>, sveta01091988@mail.ru





Научная статья

УДК 627.514.6

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_512

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ВОДОСБРОСНОГО СООРУЖЕНИЯ ПО СХЕМЕ ИСТЕЧЕНИЯ ИЗ-ПОД ЩИТА В УСЛОВИЯХ ПРОПУСКА РАСХОДОВ РЕДКОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

М.А. Бандурин, И.А. Приходько, А.Ю. ВербицкийКубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
Краснодар, Россия

Аннотация. В последние годы в водохозяйственном комплексе Юга России растет дефицит пресной воды. Это связано не только с ростом водопользователей и водопотребителей, но и с климатическими изменениями. Поэтому целью проведенных нами исследований является анализ возможности использования щитового затвора в качестве средства измерения расхода воды, установленного в оросительном лотке-водовыпуске для повышения эффективности использования пресной воды в условиях ее дефицита на Юге России. Материалы и методы: изучение пропускной способности щитового затвора, которое проводилось в лаборатории факультета гидромелиорации, кафедры строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов Кубанского ГАУ на модели гидрометрического лотка. Измерения проводились при условиях несвободного (подтопленного) истечения из-под затвора с образованием затопленного гидравлического прыжка. На практике условия свободного истечения из-под затвора в ирригационных сооружениях встречаются редко, следовательно, основное внимание в исследовании направлено на несвободное (подтопленное) истечение из-под затвора. Результаты: построены номограммы и соотношения для коэффициентов расхода анализируемого затвора, была исследована возможность использования существующей номограммы пропускной способности затвора для определения соответствующих характеристик моделируемого гидротехнического сооружения. Выводы: изучено влияние сужения поперечного сечения под затвором согласно различным практикам монтажа: тавровое крепление (с помощью анкеров) в канале и бетонирование в штробу на его пропускную способность. Результаты исследования представляют интерес с точки зрения инженерной практики, гидромеханики, гидравлики и будут полезны при калибровке конструкций направляющих, необходимых для подъема поверхностного щитового затвора с прямоугольным сечением для измерения расхода и разработки рекомендаций по оптимизации работы гидротехнического сооружения.

Ключевые слова: дефицит, климатические изменения, водообеспеченность, юг России, водные ресурсы, несвободное истечение, гидрометрический лоток, регулирование и измерения расхода

Благодарности: исследование выполнено при поддержке РФФИ и Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № 22-17-20001.

Original article

MATHEMATICAL MODELING OF THE OPERATION OF A SPILLAGE FACILITY ACCORDING TO THE SCHEME OF OUTFLOW FROM UNDER THE SHIELD UNDER THE CONDITIONS OF PASSING RARE COSTS

M.A. Bandurin, I.A. Prikhodko, A.Yu. VerbitskyKuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin,
Krasnodar, Russia

Abstract. In recent years, the shortage of fresh water has been growing in the water management complex of the South of Russia. This is due not only to the growth of water users and water consumers, but also as a result of climate change. Therefore, the purpose of our research is to analyze the possibility of using a shield gate as a means of measuring water flow, installed in an irrigation flume-outlet to improve the efficiency of fresh water use in conditions of its deficit in the South of Russia. Materials and methods: study of carrying capacity of panel gate was conducted in laboratory of Faculty of Hydro amelioration, Department of construction and operation of water management objects of Kuban State Agrarian University, on the model of hydrometric flume. The measurements were carried out under conditions of non-free (waterlogged) outflow from under the gate with formation of a flooded hydraulic jump. In practice, conditions of free outflow from under the gate in irrigation structures are rare, therefore, the main focus of the study is on the non-free (submerged) outflow from under the gate. Results: nomograms and relationships for the flow coefficients of the analysed gate were constructed, the possibility of using the existing gate capacity nomogram to determine the relevant characteristics of the simulated hydraulic engineering installations was investigated. Conclusions: The effect of narrowing the cross-section under the gate according to different installation practices: T-bar anchoring (with anchors) in the channel and concreting in the box, on its throughput capacity has been studied. The results of the study are of interest in terms of engineering practice, hydromechanics, hydraulics and will be useful in calibrating guide structures required for lifting a surface panel gate with a rectangular cross-section to measure flow and developing recommendations for optimising the performance of the hydraulic engineering installations.

Keywords: deficit, climate change, water availability, south of Russia, water resources, captive outflow, gauging flume, regulation and flow measurement

Acknowledgments: the research was supported by the Russian Foundation for Basic Research and the Kuban Science Foundation under research project No. 22-17-20001.

Введение. В последние десятилетия на Юге России возрастает дефицит пресной воды [1-3]. Это обусловлено, в первую очередь, происходящими климатическими изменениями [4]. Для решения данной проблемы необходима оптимизация работы регулирующих сооружений

в водохозяйственном комплексе Нижней Кубани [5]. Рассмотрим щитовые поверхностные затворы, предназначенные для перекрытия и регулировки уровня воды. Простота проектирования, изготовления и эксплуатации щитовых затворов, высокая степень надежности

и низкие затраты на техническое обслуживание, а также возможность сочетания с автоматическим регистратором уровня воды позволяют отнести их к числу наиболее оптимальных гидротехнических сооружений для контроля уровня или измерения расхода. Объемный расход,



проходящий через классический щитовой поверхностный затвор, может быть рассчитан, если известны следующие характеристики: высота поднятия затвора (a), а также глубина воды перед затвором (H) и за затвором (h) соответственно. Незначительные потери напора и отсутствие необходимости в использовании дорогостоящего оборудования делают щитовые поверхностные затворы предпочтительными для измерения расхода, особенно в гидромелиоративных проектах [6]. За счет этого они все чаще используются в качестве комбинированных инструментов управления потоком и измерения расхода, для которых контроллеры измеряют уровень воды у затвора выше и ниже по течению, а также автоматически регулируют высоту подъема щита затвора для поддержания постоянного целевого расхода [7].

Однако использование щитовых поверхностных затворов для точного измерения расхода оказалось проблематичным из-за неопределенности относительно того, какой коэффициент расхода (C_d) использовать в уравнении расхода. Различия приводят к теоретическим и практическим расхождениям между константами, которые должны использоваться в любом уравнении расхода.

Оптимизация и калибровка расходов щитовых поверхностных затворов являются классическими проблемами в гидравлике, но, несмотря на многочисленные исследования, точность калибровки сброса для этих гидротехнических сооружений при обеспечении условий несвободного (подтопленного) истечения из-под щита не была оптимальна для заведующих управлением водными ресурсами организаций.

На практике для существующих шлюзовых затворов калибровка и определение оптимального C_d выполняются с использованием полевых или лабораторных измерений. На основе гидравлических экспериментов необходимо определить значения коэффициентов расхода, используемых в одномерных формулах, связывающих глубины, высоту открытия затвора и его ширину с расходом воды для рассматриваемой формы истечения, а также провести анализ параметров, связанных с измерением расхода воды, проходящий через прямоугольный затвор [8].

Использование выведенных формул и коэффициентов для определения расхода в условиях несвободного истечения требует уточнения следующих вопросов, где должна располагаться точка измерения бытовой глубины, для плоского вертикального затвора с острой низовой кромкой и без порога, установленного в канале с прямоугольным поперечным сечением, чтобы обеспечить хорошее соответствие между измеренным и расчетным расходами. На практике уровни воды нижнего и верхнего бьефов измеряются в самых разных сечениях.

Производители щитовых поверхностных затворов устанавливают датчики уровня воды на самой раме затвора, в то время как другие инженеры монтируют датчики уровня воды выше и/или ниже по течению от затвора [9].

Как конструкция направляющих, необходимых для подъема затвора (изменение ширины проема по отношению к ширине канала за счет расстояния между рамой затвора и бетонной стеной (для моделей анкерного крепления к торцу канала/стене)), влияет на значения коэффициентов расхода в условиях несвободного истечения.

Попытка ответить на эти вопросы стала целью модельно-гидравлических экспериментов, проведенных и описанных в данной работе. Поскольку на практике условия свободного истечения в ирригационных сооружениях встречаются редко, основное внимание в исследовании направлено на несвободное истечение из-под затвора.

Материалы и методы. Когда глубина h_2 над сечением, где наблюдается максимальное сжатие истекающей из-под затвора струи, заметно ниже глубины воды h в нижнем бьефе за гидравлическим прыжком в сечении 2-2 ($h_2 < h$) или близка к ней ($h_2 \approx h$) в условиях несвободного (подтопленного) истечения:

$$\frac{h}{h_1} \left(\frac{h}{h_1} + 1 \right) \leq 4\varphi^2 \left(\frac{H_0}{h_1} - 1 \right), \quad (1)$$

где h — бытовая глубина в нижнем бьефе, м; h_1 — глубина в сжатом сечении непосредственно за затвором при несвободном истечении, м; φ — коэффициент скорости для щитовых отверстий без порога; H_0 — полный напор в сечении 0-0, м.

В нижнем бьефе (непосредственно после затвора) образуется затопленный гидравлический прыжок (рис. 1).

В данном случае расход Q из-под плоского вертикального затвора принято рассчитывать, исходя из скорости потока v_1 на глубине h_2 ,

и определять с использованием уравнения сохранения энергии между поперечными сечениями 0-0 и 1-1 соответственно:

$$Q = \mu ab \sqrt{2g(H_0 - h_2)}, \quad (2)$$

где Q — расход, м³/с; μ — коэффициент расхода; a — высота отверстия, м; b — ширина отверстия, м; g — ускорение свободного падения, м/с²; H_0 — полный напор в сечении 0-0, м; h_2 — глубина, образующаяся после сжатого сечения 1-1, м.

Лабораторные исследования многих авторов [10, 11, 12] показали, что в случае несвободного истечения потока из-под щита коэффициент расхода имеет те же значения, что и при свободном истечении. Исследованиями было установлено, что глубина непосредственно за щитом несколько меньше глубины потока в нижнем бьефе.

Значение коэффициента расхода отверстия μ для свободного потока равно $\mu = \varepsilon \cdot \varphi$, где φ — коэффициент скорости, отнесенный к сжатому сечению, ε — коэффициент вертикального сжатия струи при истечении из-под затвора, определяемый как отношение высоты поднятия затвора (a) к напору (глубине воды перед затвором) H . В зависимости от условий подхода потока к отверстию (если действуют только нормальные напряжения) величина этого коэффициента будет полностью зависеть от отношения высоты отверстия к напору a/H .

Значения коэффициента сжатия ε для условий свободного истечения определяются на основе гидравлических экспериментов [13]. Однако в одномерном описании потока четко не определено расположение поперечного сечения 1-1, где должна быть измерена глубина h_z , необходимая в уравнении (2). При затопленном гидравлическом прыжке предполагается, что глубина h_z равна глубине воды h в нижнем бьефе за гидравлическим прыжком в сечении 2-2, то есть $h_z \approx h$ (рис. 1 (II)).

Для расчета расхода при несвободном истечении из-под затвора используется также соотношение, полученное для свободного истечения, где глубина в поперечном сечении 1-1 задается соотношением $h_1 = \varepsilon \cdot a$:

$$Q = C_d ab \sqrt{2gH}, \quad (3)$$

где C_d — коэффициент расхода; H — глубина потока перед затвором, м. Коэффициент расхода определяется следующим образом:

$$C_d = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1 + \varepsilon \frac{a}{H}}}, \quad (4)$$

где ε — коэффициент сжатия.

Согласно [8], если выполнены следующие условия (5), то истечение из-под затвора считают несвободным (рис. 2):

$$H < 0,81h \left(\frac{h}{a} \right)^{0,72}, \quad (5)$$

где H — глубина потока перед затвором, м; h — уровень воды за затвором, м; a — высота открытия (поднятия) затвора, м.

С середины прошлого века разработаны регрессионные зависимости для коэффициентов расхода C_d . В условиях свободного истечения коэффициенты расхода зависят от глубины воды в верхнем бьефе H и высоты поднятия затвора a . Однако в случае несвободного истечения необходимо обобщить его значение глубиной воды за затвором h .

Представим соотношение уравнения (4), описывающее зависимость коэффициента расхода для затопленного отверстия в следующей форме:

$$C_d = 0,611 \left(\frac{H-a}{H+15a} \right)^{0,072} (H-h)^{0,7} \left\{ 0,32 \left[0,81h \left(\frac{h}{a} \right)^{0,72} - H \right]^{0,7} + (H-h)^{0,7} \right\}^{-1}, \quad (6)$$

Введение приведенного выше уравнения в уравнение (3) позволяет вычислить расход:

$$Q = 0,864ab \sqrt{gH} \left(\frac{H-a}{H+15a} \right)^{0,072} (H-h)^{0,7} \left\{ 0,32 \left[0,81h \left(\frac{h}{a} \right)^{0,72} - H \right]^{0,7} + (H-h)^{0,7} \right\}^{-1}, \quad (7)$$

Коэффициент расхода определяется уравнением (6) в зависимости от высоты поднятия затвора, а также глубины до и после затвора $C_d = f(H/a; h/a)$ (рис. 3).



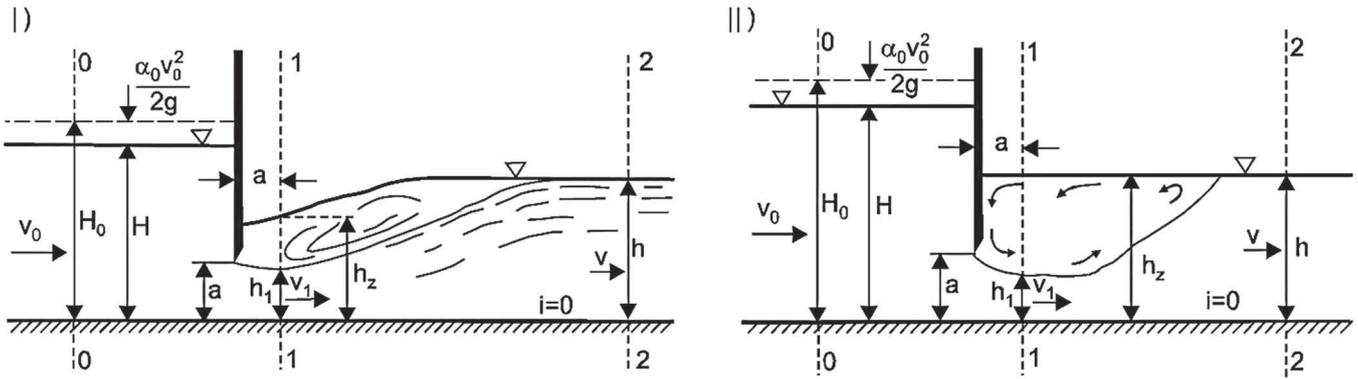


Рисунок 1. Истечение несвободное (подтопленное): (I) глубина воды h_2 заметно ниже, чем глубина воды ниже по течению h : ($h_2 < h$), затопленный прыжок, образующийся непосредственно у сжатого сечения 1–1; (II) глубина воды h_2 близка к глубине воды в канале ниже h : ($h_2 \approx h$), при котором сжатое сечение 1–1 бурного потока затопляется, профиль воды за затвором для образовавшегося гидравлического прыжка волнист и неустойчив
 Figure 1. The expiration is not free (flooded): (I) the depth of the water h_2 is noticeably lower than the depth of the water downstream h : ($h_2 < h$) a flooded jump formed directly at the compressed section 1–1; (II) the depth of the water h_2 is close to the depth of the water in the channel below h : ($h_2 \approx h$) at which the compressed section 1–1 of the turbulent flow is flooded, the water profile behind the gate for the resulting hydraulic jump is wavy and unstable

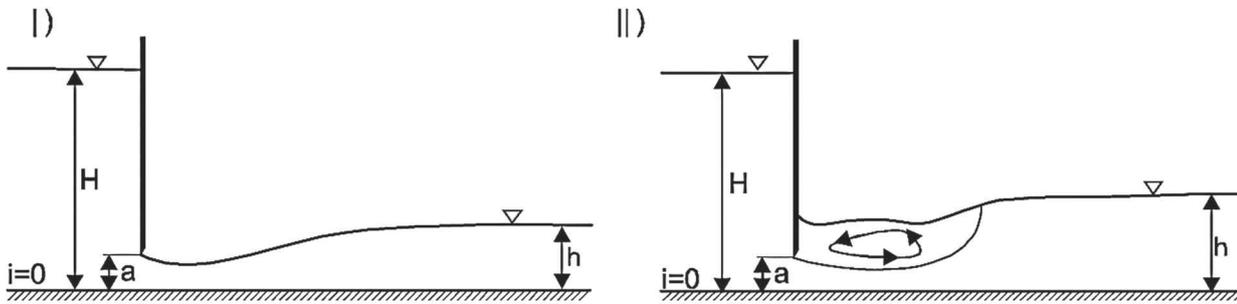


Рисунок 2. Истечение из-под затвора: (I) свободное истечение; (II) несвободное истечение
 Figure 2. Expiration from under the shutter: (I) free expiration; (II) non-free expiration

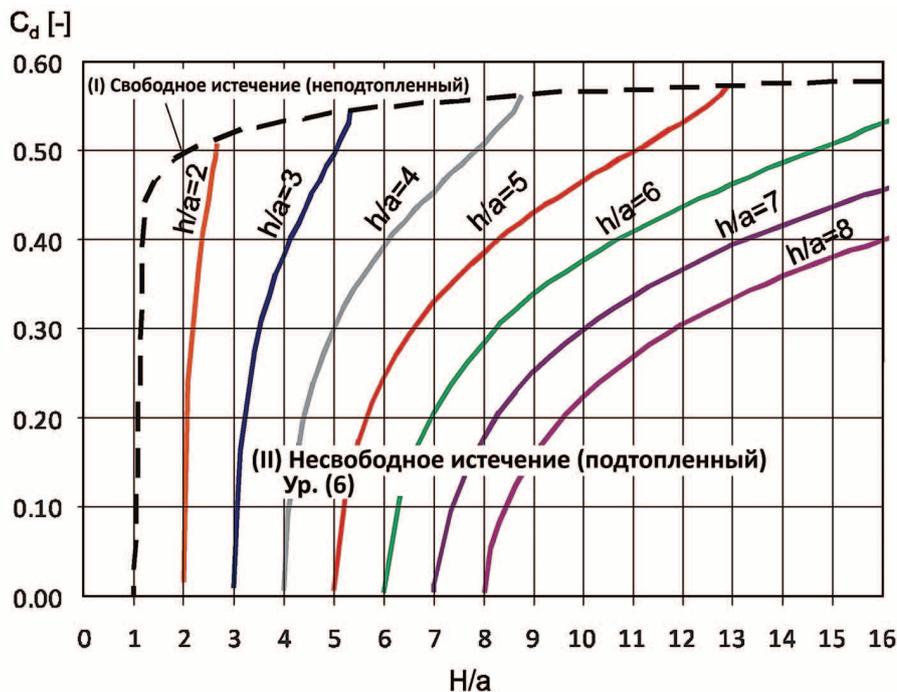


Рисунок 3. Номограмма для расчета значения коэффициента расхода для различных соотношений H/a и h/a в случае свободного и несвободного истечения из-под затвора
 Figure 3. Nomogram for calculating the value of the flow coefficient for different ratios H/a and h/a in the case of free and non-free flow from under the gate

Приведенные соотношения для двух видов истечения из-под затвора были определены в ходе гидравлических испытаний, проведенных в горизонтальном канале с прямоугольным поперечным сечением и шириной, равной ширине затвора [14]. Проходящий через шлюзовый затвор поток формируется, исходя из различных условий притока, определяемых трапециевидным поперечным сечением канала верхнего и нижнего бьефов.

Гидравлические эксперименты по измерению расхода воды с использованием модели щитового затвора, установленного в прямоугольном канале, были выполнены в гидравлической лаборатории факультета гидромелиорации кафедры строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов Кубанского ГАУ. Модель щитового затвора была построена в масштабе 1:2 по сравнению с прототипами конструкций, используемых на практике [15]. Щит затвора изготовлен из ПВХ прямоугольной формы, размеры затвора по пролету и высоте 0,43×0,50 м и толщиной 0,018 м соответственно. Очертание низового контура щита выполнено с прямолинейным скосом, обращенным в сторону нижнего бьефа.

В этом исследовании в качестве влияющих параметров были выбраны два тестовых примера крепления боковых частей рамы щитового затвора. В первом случае (I) направляющие затвора (опорно-ходовая часть) сужали ширину пролета перекрываемого отверстия с 0,40 м до $b=0,34$ м (рис. 4 (I)), крепление в канале с помощью анкеров. Во втором случае (II) направляющие были сформированы через пазы в стенках

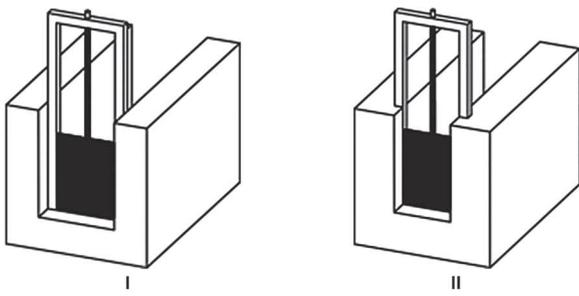


Рисунок 4. Варианты установки щитового затвора:
 (I) тавровое крепление (с помощью анкеров) в канале;
 (II) бетонирование в штробу
 Figure 4. Options for installing the shield gate:
 (I) T-bar attachment (using anchors) in the channel;
 (II) concreting into a straw

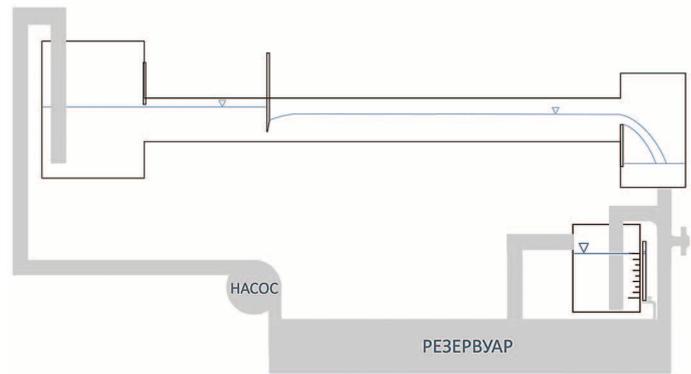


Рисунок 5. Общая схема экспериментальной установки (не в масштабе)
 Figure 5. General scheme of the experimental setup (not in scale)

опоры таким образом, чтобы они не уменьшали ширину пролета затвора — бетонирование в штробу. Ширина канала на выходе составила $b=0,40$ м (рис. 4 (II)).

На рисунке 5 показан схематический вид экспериментальной установки, представляющую собой систему с замкнутым водооборотом и состоящую из питающего бака и насоса, который подает воду по трубопроводу в голову гидравлического лотка, оборудованного в конце плоским затвором. Гидравлический лоток (проточная зона) представляет собой прямоугольный горизонтальный канал с акриловым дном, боковые стенки экспериментальной секции выполнены из прозрачного закаленного стекла толщиной 0,01 м, что обеспечивает боковую визуализацию потока. В боковых частях лотка (протока) имеется механизм фиксации, предназначенный для установки различных видов затворов. В голове лотка имеется система гасителей энергии в виде трех последовательно установленных решеток с отверстиями разных диаметров — 5, 15 и 25 мм. Это позволяет получить на входе в лоток течение, близкое к равномерному однородному турбулентному потоку.

Экспериментальная работа начиналась с определения и проверки продолжительности цикла измерения основных показателей, в котором использовались два варианта щитового затвора (рис. 5). За общее время одного цикла принималось 240 мин, с регистрированием основных показателей каждые 5 мин. Эти экспериментальные условия были выбраны после предварительных прогонов установки и в соответствии с указаниями предыдущих лабораторных работ. По прошествии 20 мин с момента начала испытания, никаких изменений уровня воды зафиксировано не было. Адекватной продолжительностью выполнения одного теста авторами принято считать 240 мин, подчеркнем, что очевидных изменений уровня воды не происходило, следовательно, справедливо утверждать, что поток пришел в локально-равновесное состояние.

Модель шлюзового затвора помещалась в систему замкнутого водооборота гидролаборатории. Регулирование расхода воды в системе осуществлялось с помощью задвижки, установленной на соединительном трубопроводе. Расход измерялся с помощью индукционного расходомера. Изменить условия потока в нижнем бьефе можно было, установив необходимый уровень воды в лотке при заданном расходе. Для этого использовалась механическая задвижка,

установленная на расстоянии 3,20 м ниже затвора. Установка данной задвижки позволила смоделировать глубину в нижнем бьефе, сформированную в результате изменения условий потока, вызванного на практике увеличением сопротивления потоку в канале из-за аккумуляции наносов и роста растительности. После стабилизации уровня воды были измерены глубины верхнего и нижнего бьефов по оси лотка с помощью измерительных игл в виде стандартных электронных штангенциркулей, закрепленных на кронштейнах. Точность составляла 0,1 мм.

Глубины воды в нижнем бьефе были измерены в поперечном сечении, расположенном на 3,035 м удалении от затвора, в то время как глубины воды в верхнем бьефе были измерены на расстоянии 2,0 м перед затвором. Измерение горизонтальных координат каких-либо сечений потока осуществлялось с помощью линейки, проложенной вдоль лотка. Эти данные были использованы для расчета коэффициентов расхода при несвободном истечении из-под затвора, для высоты открытия (поднятия) затвора a в пределах $0,031 \div 0,101$ м. При проведении экспериментов с двумя вариантами установки щитового затвора расход при несвободном истечении был $Q_E(10,7 \div 51,0)$ $\text{дм}^3/\text{с}$.

Эксперимент был начат с расхода, при котором возможно получение необходимого типа сопряжения бьефов: с образованием затопленного гидравлического прыжка. Затем расход был увеличен до значения, при котором глубина воды в верхнем бьефе не превышала уровня боковых стенок лотка $H=0,3$ м.

Первое измеренное поперечное сечение нижнего бьефа было расположено на удалении 0,035 м от затворов. Шаг между последующими сечениями был равен 0,10 м. После превышения расстояния в 1,035 м от затвора, последующие сечения определялись с шагом 0,50 м. Последнее измеренное сечение находится на расстоянии 3,035 м от затвора.

Результаты и обсуждение. Исходя из полученного профиля нижнего бьефа, определенного в случае варианта установки щитового затвора с помощью анкеров в канал, был получен расход воды Q , и процентное отклонение ΔQ измеренного расхода Q от расчетного ($\Delta Q = (Q - Q_r)/Q_r \cdot 100[\%]$) с использованием соотношения (6). Исходя из этого, удалось определить глубину потока в нижнем бьефе за затвором h_d , которая позволила получить расход, равный измеренному, то есть процентное отклонение составило ноль $\Delta Q=0$ (рис. 6).

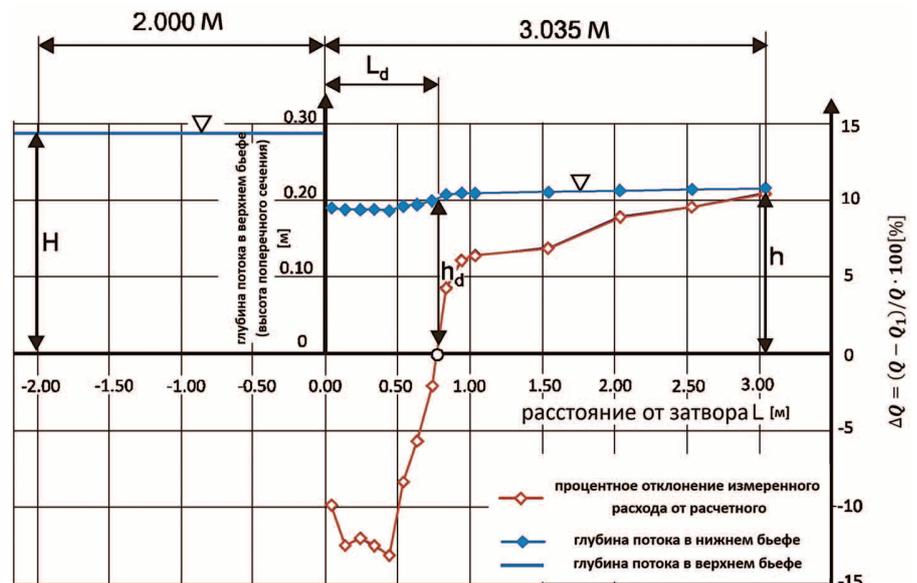


Рисунок 6. Определение поперечного сечения для глубины потока в нижнем бьефе за затвором
 Figure 6. Determination of the cross-section for the flow depth in the downstream behind the gate





Расстояние L_d от затвора до поперечного сечения, в котором измеренная глубина потока в нижнем бьефе за затвором h_d , обеспечивает соответствие между расчетным и наблюдаемым расходами, не зависит от коэффициента шероховатости в канале и увеличивается с высотой отверстия затвора a . Для высоты отверстия $a=0,06$ м глубина h_d должна быть измерена в поперечном сечении, расположенном на расстоянии $L_d \approx 10a$ от затвора. Увеличение отверстия шлюзового затвора до высоты $a=0,08$ м означает, что глубина h_d должна измеряться на расстоянии около $L_d \approx 15a$. Увеличение отверстия затвора до $a=0,10$ м сдвигает искомое поперечное сечение на расстояние $L_d \approx 18a$ (рис. 7).

При отверстиях затвора $a=0,10$ м, $a=0,08$ м и малых соотношениях h/a (для нижнего бьефа), например $h/a=2$ и $h/a=3$, различия между глубиной h_d , используемой для расчета расхода Q_r , и глубиной h , измеренные в конце анализируемого участка, на расстоянии 3,035 м от затвора, невелики; в результате измеренные и рассчитанные расходы равны. Значения коэффициента расхода, рассчитанного на основе измеренного расхода, и расхода, определенного по формуле (6) с использованием измеренной глубины, также равны.

Однако при отверстиях затвора $a=0,06$ м и больших соотношениях h/a различия между глубинами h и h_d заметно увеличиваются.

Например, при высоте отверстия $a=0,06$ м и соотношении $H/a=7,85$ глубина $h_d=0,255$ м должна быть измерена на расстоянии от затвора $L_d=0,65$ м (рис. 7).

Тогда рассчитанное отношение глубины воды к высоте открытия затвора будет равно $h_d/a=4,25$. Если мы возьмем поперечное сечение на постоянном расстоянии от затвора в 3,035 м, которое обеспечивает глубину, равную $h=0,283$ м, значение отношения $h/a=4,72$. Изменение этого соотношения с $h_d/a=4,25$ до $h/a=4,72$ приводит к различным значениям коэффициента расхода, как показано на рисунке 3.

Коэффициент расхода, рассчитанный для глубины в поперечном сечении, в котором измеренный расход соответствует расчетному расходу, определяется по кривой рисунка 3, заданной отношением $h_d/a=4,25 \approx 4,0$, в то время как коэффициент расхода, рассчитанный на основе глубины в нижнем бьефе, измеренной в поперечном сечении, расположенном на постоянном расстоянии от затвора, равном 3,035 м, будут более высокими.

В первом случае (I) направляющие затвора (опорно-ходовая часть) сужали ширину пролета перекрываемого отверстия с 0,40 м до $b=0,34$ м, в то время как в случае (II) направляющие были установлены в лотке таким образом, что они не уменьшали ширину проема, которая составляла $b=0,40$ м. Уменьшенная направляющими ширина отверстия в случае (I) показала эффект, так, при одинаковой высоте отверстия a , расходе Q и глубине h в нижнем бьефе, глубина H в верхнем бьефе увеличивается по отношению к глубине в случае (II). Таким образом, отношение H/a увеличивается, в результате чего значения коэффициента расхода выше, чем в варианте (II) (рис. 8).

Выводы. Проведенные исследования пропускной способности щитовых затворов, применяемых в оросительных системах, позволили сформулировать следующие выводы.

Ввиду невозможности точного определения положения поперечного сечения, в котором следует измерять глубину h_d , уравнение (2) малопригодно для расчета расходов воды на основе глубин, измеренных в нижнем и верхнем бьефах при несвободном истечении из-под затвора с образованием затопленного гидравлического прыжка.

В зависимости от высоты открытия затвора a изменяется положение поперечного сечения в нижнем бьефе, в котором следует измерять глубину h , используемую для расчета коэффициентов расхода C_d .

По результатам данной работы очевидно, что требуются дополнительные исследования по более широкому диапазону a/H и a/b , которые можно использовать в программах, аналогичных TableCurve 3D, в целях получения наиболее подходящего уравнения определения C_d .

Ожидается, что данная работа послужит основой для последующих исследований условий истечения из-под щита и оценки коэффициента расхода при аналогичных гидравлических условиях.

Дальнейшие исследования позволят оптимизировать распределение пресной воды в водохозяйственном комплексе Юга России, что благотворно скажется на экономических и экологических условиях Краснодарского края и России в целом.

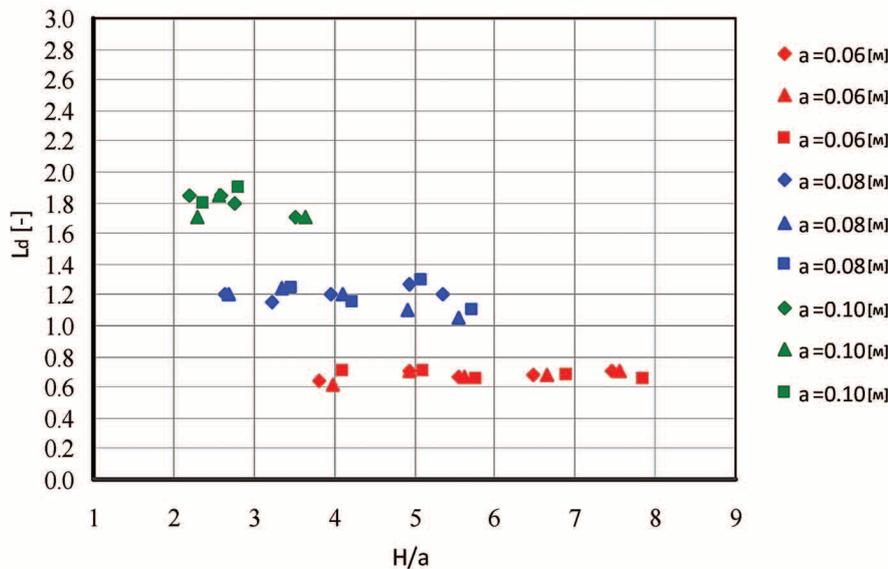


Рисунок 7. Изменения расстояния L_d между затвором и поперечными сечениями, при этом измеренная глубина воды в этих сечениях h_d обеспечивает соответствие между расчетным и наблюдаемым расходами, выраженными в функции H/a

Figure 7. Changes in the distance L_d between the gate and the cross sections, while the measured water depth in these sections h_d provides a correspondence between the calculated and observed flow rates, expressed in the function H/a

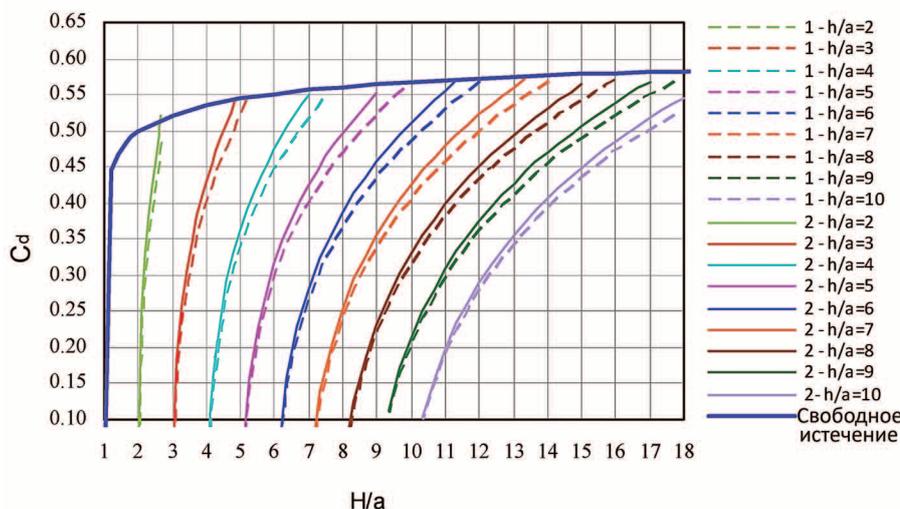


Рисунок 8. Номограмма для расчета коэффициентов расхода C_d , составленная на основе уравнения (5), включая поправку для экспериментов, выполненных для двух тестовых вариантов крепления боковых частей рамы щитового затвора

Figure 8. Is a nomogram for calculating the C_d flow coefficients based on equation (5), including an amendment for experiments performed for two test mounting options for the side parts of the shield gate frame



Список источников

1. Рыскулбеков А.Ж., Абдиманапов Б.Ш., Боранкулова Д.М. Гидротехнические сооружения: состояние, опасность, последствия // Bulletin d'EUROT ALENT-FID JIP. Editions du JIPTO. 2013. Т. 5. С. 69-73.
2. Бандурин М.А., Волосукин В.А., Гумбаров А.Д., Приходько И.А. Мониторинг безопасности водопроводящих сооружений оросительных рисовых систем юга России при возрастающих климатических изменениях. М.: ООО «Русайнс», 2022. 194 с.
3. Bandurina, I.P., Bandurin, M.A., Prikhodko, I.A. (2022). Application of a Software and Hardware Complex to Improve the Operational Reliability of Water Pipelines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Virtual, Online, January 10-12, 2022*. Virtual, Online, p. 052075. doi: 10.1088/1755-1315/988/5/052075
4. Bandurin, M.A., Prikhodko, I.A., Bandurina, I.P., Rudenko, A.A. (2022). Analysis of Impact of Urbanization Development on the Deterioration of Ecological State of Rivers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Virtual, Online, January 10-12, 2022*. Virtual, Online, p. 042044. doi: 10.1088/1755-1315/988/4/042044
5. Волосукин В.А., Бандурин М.А., Приходько И.А., Евтеева И.Д. Имитационное моделирование устойчивости оградительных дамб реки Псекупс в условиях возрастающих статических и сейсмических воздействий // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 5 (389). С. 459-463. doi: 10.55186/25876740_2022_65_5_459
6. Волосукин В.А., Бандурин М.А., Приходько И.А., Комсюкова Я.А. Эффективность мониторинга технического состояния противопаводковой системы в водохозяйственном комплексе Нижней Кубани в условиях возрастающих статических и сейсмических воздействий // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 6 (390). С. 573-579. doi: 10.55186/25876740_2022_65_6_573
7. Silva, C.O., Rijo, M. (2017). Flow rate measurements under sluice gates. *J. Irrig. Drain. Eng.*, no. 143, p. 06017001.
8. Kiczko, A., Kubrak, J., Kubrak, E. (2015). Experimental and numerical investigation of non-submerged flow under a sluice gate. *Ann. Warsaw Univ. life sci. land advertising.*, no. 47, pp. 187-201.
9. Shayan, H.S., Farhoudi, J., Khezerloo, A.B. (2015). Theoretical and experimental study of flow from sluice gates. *Proc. Inst. civileng. water management*, no. 167, pp. 152-163.
10. Ольгаренко В.И., Юрченко И.Ф., Ольгаренко И.В. Обоснование эффективности планирования технологических процессов водопользования и оперативное управление водораспределением на базе использования метода Монте-Карло // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 1 (29). С. 49-65.
11. Максимов С.А., Корнеев И.В., Данильченко А.Н. и др. Мелиорация сельскохозяйственных земель в Нечерноземной Зоне России. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2022. 134 с. doi: 10.37738/VNIIGIM.2022.18.70.001
12. Сасикова Н.С., Хаджиди А.Е., Кузнецов Е.В., Кравченко Л.В. Разработка компенсационных мероприятий

для возмещения ущерба водным биологическим ресурсам при отборе воды на орошение // International Agricultural Journal. 2022. Т. 65. № 2. doi: 10.55186/25876740_2022_6_2_22

13. Юрченко И.Ф., Носов А.К. О критериях и методах контроля безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сборник научных трудов. 2014. № 53. С. 158-165.

14. Kuznetsov, E., Khadzhi, A., Motornaya, L., Filimonov, M., Kravchenko, L. (2021). Method of restoring water level of small rivers. *E3S Web of Conferences*, no. 273, p. 050072.

15. Waya, R.K., Limbu, S.M., Ngupula, G.W., Mwita, C.J., Mgaya, Y.D. (2017). Temporal patterns in phytoplankton, zooplankton and fish composition, abundance and biomass in Shirati Bay, Lake Victoria Tanzania. *Lakes Reserve. Res. Manag.*, no. 22 (1), pp. 19-42.

References

1. Ryksulbekov, A.Zh., Abdimanapov, B.Sh., Borankulova, D.M. (2013). Gidrotekhnicheskie sooruzheniya: sostoyaniye, opasnost', posledstviya [Hydraulic structures: condition, danger, consequences]. *Bulletin d'EUROT ALENT-FID JIP. Editions du JIPTO*, vol. 5, pp. 69-73.
2. Bandurin, M.A., Volosukhin, V.A., Gumberov, A.D., Prikhod'ko, I.A. (2022). *Monitoring bezopasnosti vodoprovodyashchikh sooruzhenii orositel'nykh risovykh sistem yuga Rossii pri vozrastayushchikh klimaticheskikh izmeneniyakh* [Monitoring of the safety of water supply facilities of irrigation rice systems in the South of Russia with increasing climatic changes]. Moscow, Rusains LLC, 194 p.
3. Bandurina, I.P., Bandurin, M.A., Prikhodko, I.A. (2022). Application of a Software and Hardware Complex to Improve the Operational Reliability of Water Pipelines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Virtual, Online, January 10-12, 2022*. Virtual, Online, p. 052075. doi: 10.1088/1755-1315/988/5/052075
4. Bandurin, M.A., Prikhodko, I.A., Bandurina, I.P., Rudenko, A.A. (2022). Analysis of Impact of Urbanization Development on the Deterioration of Ecological State of Rivers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Virtual, Online, January 10-12, 2022*. Virtual, Online, p. 042044. doi: 10.1088/1755-1315/988/4/042044
5. Volosukhin, V.A., Bandurin, M.A., Prikhod'ko, I.A., Evteeva, I.D. (2022). Imitatsionnoe modelirovaniye ustoychivosti ograditel'nykh damb reki Psekups v usloviyakh vozrastayushchikh statcheskikh i seismicheskikh vozdeistvii [Simulation modeling of the stability of the protective dams of the Psekups river in conditions of increasing static and seismic impacts]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 5 (389), pp. 459-463. doi: 10.55186/25876740_2022_65_5_459
6. Volosukhin, V.A., Bandurin, M.A., Prikhod'ko, I.A., Komsyukova, Ya.A. (2022). Effektivnost' monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya protivopavodkovoi sistemy v vodokhozyaistvennom komplekse nizhei Kubani v usloviyakh vozrastayushchikh statcheskikh i seismicheskikh vozdeistvii [Effectiveness of monitoring the technical con-

dition of the flood control system in the water management complex of the Lower Kuban in conditions of increasing static and seismic impacts]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 6 (390), pp. 573-579. doi: 10.55186/25876740_2022_65_6_573

7. Silva, C.O., Rijo, M. (2017). Flow rate measurements under sluice gates. *J. Irrig. Drain. Eng.*, no. 143, p. 06017001.

8. Kiczko, A., Kubrak, J., Kubrak, E. (2015). Experimental and numerical investigation of non-submerged flow under a sluice gate. *Ann. Warsaw Univ. life sci. land advertising.*, no. 47, pp. 187-201.

9. Shayan, H.S., Farhoudi, J., Khezerloo, A.B. (2015). Theoretical and experimental study of flow from sluice gates. *Proc. Inst. civileng. water management*, no. 167, pp. 152-163.

10. Ol'garenko, V.I., Yurchenko, I.F., Ol'garenko, I.V. (2018). Obosnovaniye effektivnosti planirovaniya tekhnologicheskikh protsessov vodopol'zovaniya i operativnoye upravleniye vodoraspredeleniem na baze ispol'zovaniya metoda Monte-Karlo [Justification of the efficiency of planning technological processes of water use and operational management of water distribution based on the use of the Monte Carlo method]. *Nauchnyi zhurnal Rossiiskogo NII problem melioratsii* [Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems], no. 1 (29), pp. 49-65.

11. Maksimov, S.A., Korneev, I.V., Danil'chenko, A.N. i dr. (2022). *Melioratsiya sel'skokhozyaistvennykh zemel' v Nечерноземной Zone Rossii* [Reclamation of agricultural lands in the Non-Chernozem Zone of Russia]. Moscow, All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, 134 p. doi: 10.37738/VNIIGIM.2022.18.70.001

12. Sasikova, N.S., Khadzhi, A.E., Kuznetsov, E.V., Kravchenko, L.V. (2022). Razrabotka kompensatsionnykh meropriyatiy dlya vozmeshcheniya ushcherba vodnym biologicheskim resursam pri otbore vody na orosheniye [Development of compensatory measures to compensate for damage to aquatic biological resources during water withdrawal for irrigation]. *International Agricultural Journal*, vol. 65, no. 2. doi: 10.55186/25876740_2022_6_2_22

13. Yurchenko, I.F., Nosov, A.K. (2014). O kriteriyakh i metodakh kontrolya bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzhenii meliorativnogo vodokhozyaistvennogo kompleksa [On the criteria and methods for monitoring the safety of hydraulic structures of the reclamation water management complex]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya: sbornik nauchnykh trudov* [Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture: collection of scientific papers], no. 53, pp. 158-165.

14. Kuznetsov, E., Khadzhi, A., Motornaya, L., Filimonov, M., Kravchenko, L. (2021). Method of restoring water level of small rivers. *E3S Web of Conferences*, no. 273, p. 050072.

15. Waya, R.K., Limbu, S.M., Ngupula, G.W., Mwita, C.J., Mgaya, Y.D. (2017). Temporal patterns in phytoplankton, zooplankton and fish composition, abundance and biomass in Shirati Bay, Lake Victoria Tanzania. *Lakes Reserve. Res. Manag.*, no. 22 (1), pp. 19-42.

Информация об авторах:

Бандурин Михаил Александрович, доктор технических наук, доцент, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, декан факультета гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, chepura@mail.ru

Приходько Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, prihodkoigor2012@yandex.ru

Вербицкий Артем Юрьевич, магистрант факультета гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6930-2662>, artem.verbitsk@yandex.ru

Information about the authors:

Mikhail A. Bandurin, doctor of technical sciences, associate professor, Honored inventor of the Russian Federation, dean of the faculty of hydro-reclamation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, chepura@mail.ru

Igor A. Prikhodko, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of construction and operation of water facilities, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, prihodkoigor2012@yandex.ru

Artem Yu. Verbitsky, master student of the faculty of hydro-reclamation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6930-2662>, artem.verbitsk@yandex.ru





Научная статья

УДК 633.16:631.81.033:631.51.01

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_518

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЯРОВОМ ЯЧМЕНЕ ПРИ МИНИМИЗАЦИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Е.В. Дубовик, Д.В. Дубовик

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

Аннотация. В условиях Курской области (2020-2022 гг.) проведены исследования по влиянию способов основной обработки почвы: вспашка, комбинированная, поверхностная обработка, прямой посев на содержание тяжелых металлов (ТМ) в почве и растениях ячменя. Установлено, что содержание валовой формы ТМ в почве не зависело от способа основной обработки почвы. При прямом посеве, относительно вспашки, отмечается повышение подвижных форм никеля (на 0,21 мг/кг) и кадмия (на 0,15 мг/кг). Превышения ПДК в почве валовых и подвижных форм ТМ не наблюдается. При минимизации обработки происходит снижение содержания никеля в корнях на 0,10-1,17 мг/кг, с минимумом при прямом посеве. При уменьшении глубины обработки почвы проявляется тенденция к повышению содержания никеля в соломе ячменя (на 0,06-0,33 мг/кг). Существенных различий по количеству никеля в зерне, в зависимости от способа обработки, не отмечается. Наиболее высокая концентрация свинца характерна для корней растений, при наименьшем содержании на вспашке и прямом посеве. При переходе на комбинированную и поверхностную обработки происходит снижение количества свинца в соломе по сравнению со вспашкой на 0,27 и 0,37 мг/кг соответственно, а при прямом посеве — рост на 0,10-0,20 мг/кг. Имеется тенденция к повышению количества свинца в зерне при поверхностной обработке на 0,10-0,20 мг/кг. Содержание кадмия в корнях при прямом посеве ниже на 0,06-0,15 мг/кг, соломе — на 0,03-0,04 мг/кг, чем при других способах обработки почвы. Наименьшее содержание кадмия в зерне характерно при прямом посеве, а более высокое при поверхностной обработке. Превышения ПДК ТМ в зерне ячменя нет. Наиболее высокие коэффициенты биологического поглощения никеля и кадмия характерны для зерна, свинца — для корней ячменя. При прямом посеве наблюдается снижение коэффициентов биологического поглощения кадмия всеми частями растений ячменя.

Ключевые слова: яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.), обработка почвы, прямой посев, никель, свинец, кадмий, биологическое поглощение

Original article

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SPRING BARLEY WHILE MINIMIZING THE MAIN TILLAGE

E.V. Dubovik, D.V. Dubovik

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

Abstract. In the conditions of the Kursk region (2020-2022) studies were conducted on the influence of the methods of basic tillage: plowing, combined, surface treatment, direct sowing on the content of heavy metals (TM) in the soil and barley plants. It was found that the content of the gross form of TM in the soil did not depend on the method of basic tillage. With direct sowing, relative to plowing, there is an increase in the mobile forms of nickel (by 0.21 mg/kg) and cadmium (by 0.15 mg/kg). There is no excess of MPC in the soil of gross and mobile forms of TM. When processing is minimized, the nickel content in the roots decreases by 0.10-1.17 mg/kg, with a minimum during direct sowing. With a decrease in the depth of tillage, there is a tendency to increase the nickel content in barley straw (by 0.06-0.33 mg/kg). There are no significant differences in the amount of nickel in the grain, depending on the processing method. The highest concentration of lead is characteristic of plant roots, with the lowest content on plowing and direct sowing. When switching to combined and surface treatment, the amount of lead in straw decreases by 0.27 and 0.37 mg/kg, respectively, compared with plowing, and with direct sowing, an increase of 0.10-0.20 mg/kg. There is a tendency to increase the amount of lead in grain during surface treatment by 0.10-0.20 mg/kg. The cadmium content in the roots during direct sowing is lower by 0.06-0.15, straw by 0.03-0.04 mg/kg than with other methods of tillage. The lowest content of cadmium in grain is typical for direct sowing, and higher for surface treatment. There is no excess of MPC TM in barley grain. The highest coefficients of biological absorption of nickel and cadmium are characteristic of grain, lead — for barley roots. With direct sowing, there is a decrease in the coefficients of biological absorption of cadmium by all parts of barley plants.

Keywords: spring barley (*Hordeum vulgare* L.), tillage, direct sowing, nickel, lead, cadmium, biological absorption

Введение. При возрастающей интенсификации сельскохозяйственного производства довольно остро встает вопрос экологической безопасности получаемой растениеводческой продукции. Одним из показателей качества основной продукции растениеводства — зерна, является содержание тяжелых металлов, представляющих опасность для здоровья людей и животных [1]. Среди зерновых культур, зерно которых используется как для производства продуктов питания человека, так и для кормов сельскохозяйственных животных, значимое место занимает яровой ячмень [2]. Поэтому изучение уровня накопления растениями ячменя тяжелых металлов довольно актуально.

Поступление тяжелых металлов в растения, в первую очередь, обусловлено их запасом в почве, скоростью десорбции из твердых фаз в жидкие, концентрацией в почвенном растворе [3]. Данные процессы тесно связаны

с физико-химическими свойствами почвы [4], на которые непосредственное влияние оказывают используемые агротехнические приемы [5]. Среди агротехнических приемов можно выделить способ обработки почвы. Одним из факторов выбора того или иного способа обработки почвы является уровень его воздействия на изменение агрофизических, агрохимических и биологических свойств почвы [6, 7]. При этом в последнее время получает распространение технология прямого посева, характеризующаяся отсутствием механической обработки [8, 9].

Изменение свойств и режимов почв под воздействием применяемого способа обработки оказывает влияние на изменение содержания тяжелых металлов в почве [10] и уровень их накопления растениями [11].

Данных о влиянии способа основной обработки почвы на содержание тяжелых металлов в почве и накопление их ячменем очень мало

и, зачастую, они противоречивы. Поэтому возникает необходимость оценки степени влияния основной обработки почвы на накопление яровым ячменем ряда тяжелых металлов.

Цель исследований — оценить уровень накопления яровым ячменем никеля, свинца и кадмия в зависимости от способа основной обработки почвы.

Объекты и методы. Исследования проведены на опытном поле Курского федерального аграрного научного центра (Курская область, Курский район, п. Черемушки) в 2020-2022 гг. в четырехпольном севообороте, развернутом в пространстве и времени, со следующим чередованием культур: горох — озимая пшеница — соя — яровой ячмень.

Схема опыта включала следующие варианты: вспашка с оборотом пласта на глубину 20-22 см; комбинированная обработка (дискование на 8-10 см + чизелевание на 20-22 см);



поверхностная обработка (дискование до 8 см); прямой посев (без обработки почвы) с использованием сеялки прямого посева Дон 114. Варианты в полевом опыте размещали систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60×100 м), повторность трехкратная.

Исследования проведены во второй ротации севооборота на полях с посевами ярового ячменя. Технология возделывания ярового ячменя по вариантам была общепринятая для региона, за исключением различий в основной обработке почвы. Сорт ярового ячменя — Суздалец, предшественник — соя.

Почва опытного участка — чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый. Среднее содержание гумуса в пахотном слое составляет 5,1%, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) — 190 и 136 мг/кг соответственно. Реакция почвенной среды слабокислая (рН_{KCl} = 5,3 ед.).

Валовое содержание тяжелых металлов (Ni, Pb, Cd) определяли методом спекания почвы с карбонатом натрия, дальнейшей обработкой HNO₃ (1:1) и H₂O₂ (конц.) с атомно-абсорбционным окончанием [12]. Содержание подвижных соединений микроэлементов определяли в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера (ААБ) рН 4,8, соотношение почва:раствор — 1:10. Содержание микроэлементов в растениях проводили по методу сухого озоления и кислотного сжигания (мокрого озоления) [13]. Все определения проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-3.

Статистическую обработку полученных данных проводили методами дисперсионного и регрессионного анализов с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

Результаты и обсуждение. Содержание валовой формы тяжелых металлов в почве не зависело от способа основной обработки почвы. Количество никеля было ниже кларка (K) почвы (K=40 мг/кг) [14] в среднем в 1,7 раза, свинца (K=20 мг/кг) — ниже в 1,6 раза, что свидетельствует о рассеянии этих элементов (табл. 1). Содержание валового кадмия превышало кларк почвы (K=0,4 мг/кг) в 1,9 раза, что говорит о концентрации данного элемента. При этом содержание валовой формы тяжелых металлов не превышало ПДК ни по одному из изучаемых элементов.

Содержание подвижной формы тяжелых металлов при минимизации обработки почвы имело тенденцию к повышению (табл. 1). Так, количество подвижного никеля при переходе от вспашки к комбинированной обработке повышалось на 0,13 мг/кг, поверхностной обработке — на 0,17 мг/кг, прямому посеву — на 0,21 мг/кг. Как видно из данных таблицы 1, повышение содержания подвижного никеля при прямом посеве, по сравнению со вспашкой, было существенным. В отношении количества подвижного свинца можно отметить лишь тенденцию к его увеличению при снижении глубины обработки почвы на 0,02-0,05 мг/кг. Содержание подвижного кадмия значимо увеличивалось при прямом посеве по сравнению с остальными изучаемыми способами обработки — на 0,15-0,16 мг/кг. Можно отметить, что превышение уровня ПДК для подвижной формы тяжелых металлов не наблюдается.

Для изучения характера накопления тяжелых металлов яровым ячменем было оценено их содержание в корнях, соломе и зерне растений при различных способах основной обработки почвы (табл. 2).

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в почве (среднее за 2020-2022 гг.)
Table 1. Content of heavy metals in soil (average for 2020-2022)

Обработка почвы	Содержание тяжелых металлов, мг/кг		
	Ni	Pb	Cd
Валовые формы			
Вспашка	23,31	12,02	0,79
Комбинированная	24,63	12,46	0,77
Поверхностная	24,07	12,36	0,83
Прямой посев	24,70	12,46	0,84
НСР ₀₅	1,55	0,83	0,18
ПДК [15]	40,0	65,0	2,0
Подвижные формы			
Вспашка	0,73	0,77	0,59
Комбинированная	0,86	0,79	0,58
Поверхностная	0,90	0,82	0,59
Прямой посев	0,94	0,81	0,74
НСР ₀₅	0,20	0,17	0,12
ПДК [16]	4,0	6,0	1,0

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в сухом веществе растений ячменя (среднее за 2020-2022 гг.)
Table 2. The content of heavy metals in the dry matter of barley plants (average for 2020-2022)

Обработка почвы	Содержание тяжелых металлов, мг/кг		
	Ni	Pb	Cd
Корни			
Вспашка	15,60	9,20	0,74
Комбинированная	15,50	10,03	0,72
Поверхностная	14,77	9,93	0,81
Прямой посев	14,43	9,03	0,66
НСР ₀₅	0,54	0,78	0,15
Солома			
Вспашка	1,77	0,97	0,34
Комбинированная	2,03	0,70	0,34
Поверхностная	2,04	0,60	0,35
Прямой посев	2,10	0,80	0,31
НСР ₀₅	0,60	0,33	0,08
Зерно			
Вспашка	2,20	0,50	0,20
Комбинированная	2,27	0,50	0,24
Поверхностная	2,20	0,70	0,26
Прямой посев	2,27	0,60	0,18
НСР ₀₅	0,61	0,22	0,07
ПДК	3,0	5,0	0,30

Наиболее высокая концентрация никеля отмечается в корнях ячменя, что обусловлено активной абсорбцией растворимых форм этого элемента корнями растений [17]. При этом наименьшее количество никеля было при прямом посеве, а наибольшее при вспашке. Можно отметить постепенное снижение содержания никеля в корнях при минимизации обработки. Так, по сравнению со вспашкой его количество уменьшилось при комбинированной обработке на 0,10 мг/кг, поверхностной обработке — на 0,83 мг/кг, прямом посеве — на 1,17 мг/кг.

Содержание никеля в соломе было в среднем в 7,6 раза ниже, чем в корнях. При этом наименьшее количество отмечается при вспашке. При уменьшении глубины обработки почвы проявляется тенденция к повышению содержания никеля в соломе ячменя (на 0,06-0,33 мг/кг). Очевидно, это связано с большей фиксацией никеля корнями растений при более глубоких обработках, что подтверждается высокой обратной корреляционной связью (r=-0,74).

Содержание никеля в зерне ячменя в среднем было ниже, чем в корнях в 6,7 раза, и выше, чем в соломе в 1,1 раза. Существенных различий по количеству этого элемента в зерне, в зависимости от способа обработки, не отмечается. Содержание никеля в зерне не превышало ПДК.

Содержание свинца в растениях ячменя характеризовалось следующими особенностями. Наиболее высокая концентрация свинца характерна для корней растений. Это связано с тем, что свинец в основном поглощается корневыми волосками и задерживается в стенках клеток, поэтому перемещение свинца из корней в надземную часть весьма ограничено [4]. Отмечается его наименьшее содержание при крайних противоположных способах основной обработки почвы — вспашке и прямом посеве. При комбинированной обработке происходит увеличение концентрации свинца в корнях на 0,83 мг/кг по сравнению со вспашкой и на 1,00 мг/кг по сравнению с прямым посевом. При поверхностной обработке, хотя и отмечается тенденция



к снижению свинца в корнях на 0,10 мг/кг относительно комбинированной обработки, его количество превосходит вспашку и прямой посев на 0,73 и 0,90 мг/кг соответственно.

Содержание свинца в соломе в среднем было меньше, чем в корнях в 12,4 раза. При этом наиболее высокий уровень его содержания характерен на фоне вспашки. При переходе на комбинированную и поверхностную обработки происходит снижение количества свинца в соломе по сравнению со вспашкой на 0,27 и 0,37 мг/кг соответственно. При крайней степени минимизации обработки — прямом посеве отмечается тенденция к росту содержания свинца в соломе ячменя относительно комбинированной и поверхностной обработок на 0,10 и 0,20 мг/кг соответственно. Такой характер накопления свинца в соломе ячменя обусловлен закреплением свинца корнями растений, что подтверждается высокой обратной корреляционной связью ($r=-0,77$).

Содержание свинца в зерне ячменя было в среднем ниже, чем в корнях в 16,5 раза, и ниже, чем в соломе в 1,3 раза. Существенных различий по уровню концентрации свинца в зерне между способами обработки почвы не выявлено, но можно отметить тенденцию к повышению его количества при поверхностной обработке на 0,10-0,20 мг/кг. Превышения ПДК свинца в зерне ни при одном изучаемом способе обработки почвы не выявлено.

Наиболее высокая концентрация кадмия отмечается в корнях ячменя, что обусловлено особенностями его поглощения — как пассивно, так и метаболическим путем [18]. Установлено, что при прямом посеве в корнях ячменя содержится наименьшее количество кадмия (0,66 мг/кг), что ниже на 0,08 мг/кг, чем при вспашке, на 0,06 мг/кг, чем при комбинированной обработке и на 0,15 мг/кг, чем при поверхностной обработке.

Содержание кадмия в соломе ячменя было в среднем ниже в 2,1 раза, чем в корнях. При этом существенных различий между изучаемыми способами обработки почвы не установлено, но можно отметить тенденцию к наибольшему снижению кадмия в соломе при прямом посеве (на 0,03-0,04 мг/кг).

Содержание кадмия в зерне ячменя в среднем ниже, чем в корнях в 3,3 раза, в соломе — в 1,5 раза. Так же как для корней и соломы наименьшее содержание кадмия в зерне характерно при прямом посеве, а более высокое при поверхностной обработке. Кадмий обладает высокой биодоступностью и относительно свободно перемещается в тканях растений. Установлена заметная корреляционная связь между содержанием кадмия в корнях и соломе растений ($r=0,64$), а также высокая связь между его количеством в корнях и зерне ($r=0,83$) и соломе и зерне ($r=0,74$). Превышения ПДК кадмия в зерне ячмене не выявлено.

Для оценки интенсивности поступления тяжелых металлов в растения ячменя был рассчитан коэффициент биологического поглощения (КБП), предложенный Б.Б. Польшовым и сформулированный А.И. Перельманом. Он представляет собой отношение содержания элемента в золе растения (или определенной части растения) к валовому содержанию элемента в почве.

Из данных таблицы 3 видно, что КБП никеля корнями был наименьшим при прямом посеве, что согласуется с количеством этого элемента, накопленного корнями при данном способе обработки. Биологическое поглощение никеля соломы ячменя было наименее интенсивным при вспашке (КБП=0,74), а наибольшим при прямом посеве (КБП=0,92). При этом отмечается тенденция к повышению КБП при минимизации обработки почвы. КБП никеля зерном ячменя также увеличивался при прямом посеве. В целом можно отметить, что в среднем КБП никеля зерном ячменя выше в 1,6 раза, чем корнями и в 3,6 раза, чем соломой.

КБП свинца корнями ячменя был наименьшим при вспашке (2,26) и прямом посеве (2,30), и увеличивался при комбинированной и поверхностной обработках — до 2,48 и 2,59 соответственно. При этом для соломы отмечается обратный характер биологического поглощения свинца, чем для корней. Для соломы КБП свинца был наиболее высоким при вспашке (0,78) и снижался относительно этого варианта на 10,2% при прямом посеве, 24,3% при комбинированной обработке и 34,6% при поверхностной

обработке. Для зерна ячменя КБП свинца при минимизации обработки почвы повышался по сравнению со вспашкой и комбинированной обработкой на 41,0% при поверхностной обработке и на 23,9% при прямом посеве. В среднем поглощение свинца интенсивнее корнями растений в 3,7 раза, чем соломой и в 1,5 раза, чем зерном. При этом КБП свинца зерном выше, чем соломой в 2,4 раза.

Наиболее высокий КБП кадмия характерен для зерна ячменя. В среднем КБП зерном выше в 3,2 раза, чем корнями и в 2,1 раза, чем соломой. При этом КБП кадмия корнями был наименьшим при прямом посеве, а наиболее высоким при поверхностной обработке. При переходе на безотвальные способы обработки почвы КБП кадмия для соломы увеличивался на 10,7% при комбинированной обработке, и на 4,8% при поверхностной обработке. При прямом посеве отмечается наименьший КБП для соломы. Для зерна ячменя КБП кадмия при минимизации обработки почвы повышался по сравнению со вспашкой на 27,2% при комбинированной обработке и на 27,8% при поверхностной обработке, но снижался при прямом посеве на 9,5%.

Выводы. Содержание валовой формы тяжелых металлов в почве не зависело от способа основной обработки почвы и не превышало ПДК ни по одному изучаемому элементу. Содержание подвижной формы тяжелых металлов при минимизации обработки почвы имело тенденцию к повышению, но превышения уровня ПДК не наблюдается. При прямом посеве, относительно вспашки, отмечается существенное повышение подвижных форм никеля (на 0,21 мг/кг) и кадмия (на 0,15 мг/кг).

Наиболее высокая концентрация никеля отмечается в корнях ячменя. При минимизации обработки происходит снижение содержания никеля в корнях 0,10-1,17 мг/кг, с минимумом при прямом посеве. При уменьшении глубины обработки почвы проявляется тенденция к повышению содержания никеля в соломе ячменя (на 0,06-0,33 мг/кг). Существенных различий по количеству никеля в зерне, в зависимости от способа обработки, не отмечается. Содержание никеля в зерне не превышало ПДК.

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в золе растений ячменя и коэффициенты биологического поглощения (среднее за 2020-2022 гг.)
Table 3. The content of heavy metals in the ash of barley plants and biological absorption coefficients (average for 2020-2022)

Обработка почвы	Зола, % от сухого вещества	Ni		Pb		Cd	
		мг/кг	КБП	мг/кг	КБП	мг/кг	КБП
Корни							
Вспашка	33,8	46,15	1,98	27,22	2,26	2,19	2,77
Комбинированная	32,5	47,69	1,94	30,86	2,48	2,22	2,88
Поверхностная	31,0	47,65	1,98	32,03	2,59	2,61	3,15
Прямой посев	31,5	46,13	1,87	28,67	2,30	2,10	2,49
Солома							
Вспашка	10,3	17,18	0,74	9,42	0,78	3,30	4,18
Комбинированная	9,5	21,37	0,87	7,37	0,59	3,57	4,63
Поверхностная	9,6	21,47	0,89	6,25	0,51	3,64	4,38
Прямой посев	9,2	22,82	0,92	8,70	0,70	3,37	4,01
Зерно							
Вспашка	3,1	70,97	3,04	16,13	1,34	6,45	8,17
Комбинированная	3,0	75,67	3,07	16,67	1,34	8,00	10,39
Поверхностная	3,0	73,33	3,05	23,33	1,89	8,67	10,44
Прямой посев	2,9	78,28	3,17	20,69	1,66	6,21	7,39



Наиболее высокая концентрация свинца характерна для корней растений. Отмечается его наименьшее содержание при крайне противоположных способах основной обработки почвы — вспашке и прямом посеве. При переходе на комбинированную и поверхностную обработку происходит снижение количества свинца в соломе по сравнению со вспашкой на 0,27 и 0,37 мг/кг соответственно, а при прямом посеве происходит рост на 0,10-0,20 мг/кг. Имеется тенденция к повышению количества свинца в зерне при поверхностной обработке на 0,10-0,20 мг/кг. Превышения ПДК свинца в зерне не выявлено.

Содержание кадмия в корнях ячменя при прямом посеве было ниже на 0,06-0,15 мг/кг, в соломе — на 0,03-0,04 мг/кг, чем при других способах обработки почвы. Наименьшее содержание кадмия в зерне характерно при прямом посеве, а более высокое при поверхностной обработке. Превышения ПДК кадмия в зерне ячменя не наблюдается.

Наиболее высокие коэффициенты биологического поглощения никеля и кадмия характерны для зерна, свинца — для корней ячменя. При прямом посеве наблюдается снижение коэффициентов биологического поглощения кадмия всеми частями растений ячменя.

Список источников

1. Просянникова О.И., Клевлина Т.П., Сладкова Т.В. Качество и безопасность зерна ярового ячменя в Кемеровской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. № 9. С. 34-37.
2. Талаева О.В., Сумина А.В. Зерно ячменя как многофункциональный природный ресурс // Наука без границ. 2018. № 2. С. 67-71.
3. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г. и др. Накопление тяжелых металлов растениями ячменя на черноземе и каштановой почве // Агрохимия. 2009. № 10. С. 53-63.
4. Kabata-Pendias, A. (2010). *Trace Elements in Soils and Plants*. 4th Edition. Boca Raton, FL, CRC Press, 548 p.
5. Несмеянова М.А., Дедов А.В., Коротких Е.В. Влияние приемов основной обработки почвы на ее плодородие, засоренность посевов и урожайность ячменя // Земледелие. 2022. № 4. С. 8-10. doi: 10.24412/0044-3913-2022-4-8-11
6. Ильбулова Г.Р., Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н. и др. Влияние ресурсосберегающей технологии No-till на агрофизические и биологические свойства чернозема обыкновенного Башкирского Зуралья // Достижения науки и техники АПК. 2022. № 4. С. 66-71. doi: 10.53859/02352451_2022_36_4_66
7. Волошенкова Т.В., Дридригер В.К., Епифанова Р.Ф. и др. Влияние технологии No-till на структуру и противодефляционные свойства чернозема обыкновенного в Центральном Предкавказье // Достижения науки и техники АПК. 2022. № 9. С. 20-25. doi: 10.53859/02352451_2022_36_9_20
8. Иванов А.Л., Кулинцев В.В., Дридригер В.К. и др. О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 4. С. 8-16. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10401

Информация об авторах:

Дубовик Елена Валентиновна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>, dubovikev@yandex.ru
Дубовик Дмитрий Вячеславович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>, dubovikdm@yandex.ru

Information about the authors:

Elena V. Dubovik, doctor of biological sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>, dubovikev@yandex.ru
Dmitry V. Dubovik, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>, dubovikdm@yandex.ru

9. Mondal, S., Chakraborty, D., Bandyopadhyay, K., Aggarwal, P., Singh Rana, D. (2019). A Global Analysis on the Impact of No-Tillage on Soil Physical Condition and Organic Carbon Content, and Plant Root Response. *Land Degradation & Development*, vol. 31, pp. 557-567. doi: 10.1002/ldr.3470

10. Смуров С.И., Григоров О.В., Шелухина Н.В. Влияние способов основной обработки почвы на содержание тяжелых металлов в почве // Земледелие. 2014. № 8. С. 16-17.

11. Degryse, F., Verma, V.K., Smolders, E. (2008). Mobilization of Cu and Zn by root exudates of dicotyledonous plants in resin-buffered solutions and in soil. *Plant Soil*, vol. 306, pp. 69-84. doi: 10.1007/s11104-007-9449-4

12. Кузнецов А.В. и др. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.

13. Минеев В.Г. и др. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

14. Шеуджен А.Х. Биогеохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. 1028 с.

15. ГН 2.1.7.2042-06. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 11 с.

16. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.

17. Aschmann, S.G., Zasoski, R.J. (1987). Nickel and rubidium uptake by whole oat plants in solution culture. *Physiol. Plant*, vol. 71, pp. 191-196.

18. Шаббаев В.П. Почвенные механизмы уменьшения поглощения кадмия растениями ячменя при применении ризосферных бактерий, стимулирующих рост растений // Агрохимия. 2017. № 7. С. 71-77.

References

1. Prosyannikova, O.I., Klevlina, T.P., Sladkova, T.V. (2010). *Kachestvo i bezopasnost' zerna yarovogo yachmenya v Kemerovskoi oblasti* [Quality and safety of spring barley grain in the Kemerovo region]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], no. 9, pp. 34-37.
2. Talaeva, O.V., Sumina, A.V. (2018). *Zerno yachmenya kak mnogofunktsional'nyi prirodnyi resurs* [Barley grain as a multifunctional natural resource]. *Nauka bez granits* [Science without borders], no. 2, pp. 67-71.
3. Minkina, T.M., Motuzova, G.V., Nazarenko, O.G. i dr. (2009). *Nakopleniye tyazhlykh metallov rasteniyami yachmenya na chernozeme i kashtanovoi pochve* [Accumulation of heavy metals by barley plants grown on chernozem and chestnut soil]. *Agrokhimiya* [Agricultural chemistry], no. 10, pp. 53-63.
4. Kabata-Pendias, A. (2010). *Trace Elements in Soils and Plants*. 4th Edition. Boca Raton, FL, CRC Press, 548 p.
5. Nesmeyanova, M.A., Dedov, A.V., Korotkikh, E.V. (2022). *Vliyaniye priemov osnovnoi obrabotki pochvy na ee plodorodie, zasorennost' posevov i urozhainost' yachmenya* [Influence of tillage methods on soil fertility, crops infestation and barley yield]. *Zemledelie*, no. 4, pp. 8-10. doi: 10.24412/0044-3913-2022-4-8-11
6. Il'bulova, G.R., Suyundukov, Ya.T., Semenova, I.N. i dr. (2022). *Vliyaniye resursosberegayushchei tekhnologii No-till na agrofizicheskie i biologicheskie svoystva chernozema obyknovennogo Bashkirkogo Zural'ya* [Influence of resource-saving no-till technology on the agrophysical and

biological properties of ordinary chernozem in the Bashkir Trans-Urals]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], no. 4, pp. 66-71. doi: 10.53859/02352451_2022_36_4_66

7. Voloshenkova, T.V., Dridiger, V.K., Epifanova, R.F. i dr. (2022). *Vliyaniye tekhnologii No-till na strukturu i protivodeflyatsionnye svoystva chernozema obyknovennogo v Tsentral'nom Predkavkaz'e* [Influence of no-till technology on the structure and anti-deflationary properties of ordinary chernozem in the Central Ciscaucasia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], no. 9, pp. 20-25. doi: 10.53859/02352451_2022_36_9_20

8. Ivanov, A.L., Kulintsev, V.V., Dridiger, V.K. i dr. (2021). *O tselesoobraznosti osvoeniya sistemy pryamogo poseva na chernozemakh Rossii* [Feasibility of a direct sowing system on the Russian chernozems]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], no. 4, pp. 8-16. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10401

9. Mondal, S., Chakraborty, D., Bandyopadhyay, K., Aggarwal, P., Singh Rana, D. (2019). A Global Analysis on the Impact of No-Tillage on Soil Physical Condition and Organic Carbon Content, and Plant Root Response. *Land Degradation & Development*, vol. 31, pp. 557-567. doi: 10.1002/ldr.3470

10. Smurov, S.I., Grigorov, O.V., Shelukhina, N.V. (2014). *Vliyaniye sposobov osnovnoi obrabotki pochvy na soderzhanie tyazhlykh metallov v pochve* [Effect of primary tillage methods on the content of heavy metals in the soil]. *Zemledelie*, no. 8, pp. 16-17.

11. Degryse, F., Verma, V.K., Smolders, E. (2008). Mobilization of Cu and Zn by root exudates of dicotyledonous plants in resin-buffered solutions and in soil. *Plant Soil*, vol. 306, pp. 69-84. doi: 10.1007/s11104-007-9449-4

12. Kuznetsov, A.V. i dr. (1992). *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhlykh metallov v pochvakh sel'khozugodii i produktsii rastenievodstva* [Methodological guidelines for the determination of heavy metals in the soils of farmland and crop production]. Moscow, Central Institute of Agrochemical Service of Agriculture, 61 p.

13. Mineev, V.G. i dr. (2001). *Praktikum po agrokhimii* [Workshop on agrochemistry]. Moscow, Moscow State University, 689 p.

14. Sheudzen, A.Kh. (2003). *Biogekhimiya* [Biogeochemistry]. Maykop, GURIPP "Aдыгея", 1028 p.

15. HS 2.1.7.2042-06. (2006). *Orientirovochno-dopustimyye kontsentratsii (ODK) khimicheskikh veshchestv v pochve: Gigienicheskie normativy* [Approximate permissible concentrations (ODC) of chemicals in the soil: Hygienic standards]. Moscow, Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rosпотребнадзор, 11 p.

16. HS 2.1.7.2041-06. (2006). *Predel'no dopustimyye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve: Gigienicheskie normativy* [Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in the soil: Hygienic standards]. Moscow, Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rosпотребнадзор, 15 p.

17. Aschmann, S.G., Zasoski, R.J. (1987). Nickel and rubidium uptake by whole oat plants in solution culture. *Physiol. Plant*, vol. 71, pp. 191-196.

18. Shabaev, V.P. (2017). *Pochvennye mekhanizmy umen'sheniya pogloshcheniya kadmia rasteniyami yachmenya pri primeneni rizofernykh bakterii, stimuliruyushchikh rost rastenii* [Soil mechanisms of reducing uptake of cadmium by barley plants with application of rhizosphere bacteria stimulating plant growth]. *Agrokhimiya* [Agricultural chemistry], no. 7, pp. 71-77.





Научная статья

УДК 631.417.7:631.445.41

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_522

ВЛИЯНИЕ БЕСМЕННОГО ПАРОВАНИЯ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Г. Мамонтов, С.А. БеляеваРоссийский государственный аграрный университет —
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования — изучить влияние бесменного пара на элементный состав лабильных гумусовых веществ (ЛГВ) и гуматов кальция (ГК-2) чернозема типичного Курской области. Препараты ЛГВ и ГК-2 получали в результате последовательной экстракции из одной навески почвы 0,1 н. раствором NaOH. Данные элементного состава выражали в массовых и атомных процентах. Согласно полученным результатам в составе ЛГВ целинного чернозема преобладают алифатические восстановленные структуры, о чем свидетельствуют величина атомного отношения H:C, равная 1,91, и степень окисленности, составившая -0,19. Под влиянием бесменного пара вследствие активизации процессов минерализации ЛГВ теряют алифатические фрагменты и обогащаются устойчивыми окисленными азотсодержащими циклическими структурами. На это указывает уменьшение величины атомного отношения H:C с 1,91 (целина) до 1,79 (пар) и увеличение степени окисленности с -0,19 до +0,25. ГК-2 целинного чернозема преимущественно состоят из окисленных, конденсированных циклических структур, о чем говорят отношения H:C, равное 0,71; O:C, равное 0,45 и C:N, составившее 19,7. Степень окисленности имеет значение +0,18. В результате бесменного парования величина атомного отношения H:C уменьшилась с 0,71 до 0,65, тогда как атомное отношение O:C возросло с 0,45 до 0,47, а атомное отношение C:N — с 19,7 до 21,0, при этом степень окисленности изменилась с +0,18 до +0,29. Это свидетельствует о потере ГК-2 алифатических азотсодержащих фрагментов и увеличении в их составе доли окисленных, обедненных азотом циклических структур. Согласно данным графико-статистического анализа трансформация гумусовых веществ чернозема типичного в условиях бесменного парования преимущественно обусловлена процессами деметилирования и окисления и, судя по теплоте сгорания, сопровождается уменьшением их энергетического потенциала.

Ключевые слова: лабильные гумусовые вещества, гуматы кальция, чернозем типичный, бесменный пар, элементный состав, графико-статистический анализ

Благодарности: статья подготовлена в рамках научного фронта «Приоритет 2030».

Original article

INFLUENCE OF CONTINUOUS FALLOWING ON THE ELEMENTAL COMPOSITION OF HUMUS SUBSTANCES IN THE TYPICAL CHERNOZEM OF THE KURSK REGION

V.G. Mamontov, S.A. BelyaevaRussian State Agrarian University — Moscow Timiryazev
Agricultural Academy, Moscow, Russia

Abstract. The purpose of the research is to study the effect of continuous bare fallow on the elemental composition of labile humic substances (LHS) and calcium humates in a typical chernozem of the Kursk region. LHS and calcium humates preparations were obtained as a result of successive extraction from one sample of the soil with 0.1 n. NaOH solution. The elemental composition data were expressed in mass and atomic percent. According to the results obtained, aliphatic reduced structures predominate in the composition of LHS of virgin chernozem, as evidenced by the value of the atomic ratio H:C equal to 1.91, and the degree of oxidation was -0.19. Under the influence of continuous bare fallow, due to the activation of mineralization processes, LHS lose aliphatic fragments and are enriched in stable nitrogen-containing cyclic structures. Along with this, in their composition significantly increases the proportion of components enriched in oxygen-containing groups, which is indicated by a change in the values of atomic ratios: the H:C ratio decreased from 1.91 (virgin soil) to 1.79 (bare fallow), and the O:C ratio increased from 0.86 to 1.02, respectively. The degree of oxidation increased from -0.19 to +0.25. Calcium humates of virgin chernozem predominantly consist of nitrogen-depleted, oxidized cyclic structures, as evidenced by the ratios H:C equal to 0.71, O:C equal to 0.45 and C:N amounting to 19.7. The degree of oxidation has a value of +0.18. As a result of continuous fallowing, the value of the atomic ratio H:C decreased from 0.71 to 0.65, while the atomic ratio O:C increased from 0.45 to 0.47, and the atomic ratio C:N from 19.7 to 21.0, while the degree of oxidation changed from +0.18 to +0.29. This indicates the loss of aliphatic nitrogen-containing fragments in the calcium humates and an increase the proportion of oxidized cyclic structures in their composition. According to graphostatistical analysis, the transformation of humus substances of typical chernozem under conditions of continuous fallowing is mainly due to the processes of demethylation and oxidation, and judging by the heat of combustion, is accompanied by a decrease in their energy potential.

Keywords: labile humic substances, calcium humates, typical chernozem, continuous fallow, elemental composition, graphostatistical analysis

Acknowledgments: the article was prepared within the framework of the scientific frontier "Priority 2030".

Введение. Благодаря высокому уровню плодородия почв черноземная зона издавна была житницей России, в настоящее время здесь производится около двух третей всей сельскохозяйственной продукции [19]. Высокое потенциальное и эффективное плодородие черноземов во многом обусловлено большим содержанием гумуса. Однако за длительное время интенсивного сельскохозяйственного использования органическая часть черноземов претерпела существенную трансформацию. В первую очередь это обусловлено резким уменьшением количества растительных остатков, ежегодно поступа-

ющих в почву, масштабы которых по имеющимся оценкам снизились в 2-8 раз [9, 18]. Немаловажное значение имеет и заметная активизация процессов, вызывающих минерализацию органического вещества черноземов. В результате этого происходит изменение как содержания, так и состава гумуса пахотных почв [10, 14].

Гумус является важнейшим компонентом органической части почвы. По своей природе это сложная система, состоящая из совокупности разнообразных соединений, различающихся между собой строением, составом, свойствами и подвижностью в почвенном профиле [1, 7, 15-

17, 21]. В состав гумуса входят специфические гуминовые вещества, неспецифические органические соединения, промежуточные продукты распада и гумификации [11, 15]. К главным компонентам гумуса относятся гумусовые кислоты, включающие гуминовые кислоты (ГК), фульвокислоты и гиматомелановые кислоты. Наряду с этим в последнее время при агрономической характеристике гумуса в его составе стали выделять группу лабильных гумусовых веществ (ЛГВ) [5, 12].

Характерная особенность гумуса черноземов — высокое содержание гуминовых кислот, а среди них гуминовых кислот второй



фракции (ГК-2) или гуматов кальция [10, 11, 14]. При оценке гумуса черноземов считается, что если ЛГВ принимают непосредственное участие в формировании эффективного плодородия почвы, то гуматы кальция обеспечивают стабильность инертной части гумуса черноземов и в конечном итоге устойчивость их органопротофила, а также ряда фундаментальных свойств, при этом ЛГВ предохраняют гуматы кальция от ускоренной минерализации микроорганизмами [4, 10-12]. Поэтому всестороннее изучение этих компонентов гумуса имеет большое теоретическое и практическое значение.

Цель исследований — изучить влияние бесменного пара на элементный состав ЛГВ и гуматов кальция чернозема типичного Курской области.

Методика исследований. Объектом исследования служил чернозем типичный миграционно-мицелярный мощный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном суглинке. Почвенные образцы отбирали в 2021 г., в Центральном Черноземном государственном биосферном заповеднике им. А.А. Алекина в трехкратной повторности на участках целинной некосимой степи и бесменного пара, заложенного в 1947 г. К моменту отбора почвенных образцов бесменный пар просуществовал 74 года.

Для получения препаратов ЛГВ и гуматов кальция проводили последовательные экстракции из одной навески почвы. Сначала выделяли ЛГВ, которые экстрагировали 0,1 н. раствором NaOH при соотношении почва:раствор равном 1:20 и суточном настаивании [6]. Вытяжку от остатка почвы отделяли центрифугированием 20 мин при 3000 об/мин. Полученный экстракт ЛГВ дополнительно очищали от минеральных коллоидов центрифугированием при 8000 об/мин в течение 20 мин, обрабатывали катионитом КУ-23 в H⁺-форме и высушивали на водяной бане.

После выделения ЛГВ остаток почвы подвергали декальцинированию 0,05 н. раствором HCl до отсутствия качественной реакции на обменный кальций. После вытеснения обменного кальция почву промывали дистиллированной водой для удаления избытка кислоты и экстрагировали гуматы кальция 0,1 н. раствором NaOH при соотношении почва:раствор равном 1:20. Вытяжку от остатка почвы отделяли центрифугированием 20 мин при 3000 об/мин. Полученный экстракт гуматов кальция дополнительно очищали от минеральных коллоидов центрифугированием при 8000 об/мин в течение 20 мин. Гуминовые кислоты осаждали подкислением вытяжки 1 н. раствором HCl, гель гуминовых кислот отделяли от надосадочной жидкости центрифугированием 10 мин при 3000 об/мин. Для освобождения от механически задержанных фульвокислот гель гуминовых кислот растворяли в 0,1 н. растворе NaOH и повторно осаждали гуминовые кислоты 1 н. раствором HCl.

Надосадочную жидкость отделяли центрифугированием и промывали осадок ГК дистиллированной водой до появления первых признаков пептизации гуминовых кислот, после этого гель ГК диализировали и высушивали на водяной бане.

В полученных препаратах ЛГВ и ГК-2 определяли элементный состав на автоматическом анализаторе CHNS-vario MICRO cube, содержание кислорода находили по разности, зольность весовым методом. Степень окисленности и теплоту сгорания находили расчетным путем по

эмпирическим формулам, графико-статистический анализ проводили по Д. Ван Кревелену [15].

Результаты и обсуждение. По элементному составу гумусовые вещества чернозема типичного несколько различаются между собой (табл. 1).

В элементном составе ЛГВ преобладает кислород, содержание которого варьирует в пределах 47,94-52,01 мас.%, далее следуют углерод — 38,14-41,76 мас.% и водород — 5,75-6,72 мас.%. Меньше всего ЛГВ содержат азота — только 3,58-4,10 мас.%.

В элементном составе ГК-2 преобладает углерод, на долю которого приходится 57,78-58,31 мас.%. Следующим по значимости элементом является кислород, количество которого составило 34,83-35,85 мас.%. Содержание водорода находится в пределах 3,15-3,49 мас.%, а азота — 3,22-3,37 мас.%.

Таким образом, в гумусовых веществах чернозема типичного содержание углерода колеблется в пределах 38,14-58,31 мас.%, водорода — 3,15-6,72 мас.%, азота — 3,22-4,10 мас.% и кислорода — 34,83-52,01 мас.%.

Такой элементный состав является типичным для гумусовых веществ почвы. Об этом свидетельствуют данные работы [20], в которой авторы, обобщив результаты элементного анализа 624 образцов гумусовых веществ, выделенных из разных источников, пришли к выводу, что их элементный состав колеблется в следующих интервалах: С — 37,18-64,1 мас.%, Н — 1,64-8,0 мас.%, N — 0,50-7,00 мас.%, O — 27,1-51,98 мас.%.

Длительное бесменное парование оказало определенное воздействие на элементный состав гумусовых веществ чернозема типичного. Так, ЛГВ целинного чернозема по сравнению с ЛГВ чернозема бесменного пара содержат больше углерода и водорода на 3,62 и 0,97 мас.%, но меньше азота и кислорода на 0,52 и 4,07 мас.% соответственно.

В случае ГК-2 изменения в элементном составе менее существенные. Так, ГК-2 целинного чернозема и чернозема бесменного пара достоверно не различаются содержанием азота. В то же время под влиянием бесменного парования в ГК-2 уменьшилось содержание углерода и водорода на 0,53 и 0,34 мас.% соответственно, тогда как содержание кислорода возросло на 1,02 мас.%.

Таблица 1. Элементный состав гумусовых веществ чернозема типичного при различном землепользовании, М±m·t₀₅, мас.%

Table 1. Elemental composition of humic substances in the typical chernozem under different land use, M±m·t₀₅, wt.%

Уголь, вещество	Зольность, %	С	Н	N	O
Целина, ЛГВ	7,01±1,16	41,76±2,66	6,72±0,45	3,58±0,20	47,94±3,92
Пар, ЛГВ	6,54±0,84	38,14±2,18	5,75±0,17	4,10±0,37	52,01±2,11
Целина, ГК-2	6,14±0,74	58,31±0,47	3,49±0,32	3,37±0,24	34,83±0,85
Пар, ГК-2	5,74±0,55	57,78±0,38	3,15±0,25	3,22±0,15	35,85±0,64

Таблица 2. Влияние бесменного пара на теплоту сгорания гумусовых веществ чернозема типичного, кДж/г
Table 2. Effect of continuous bare fallow on the heat of combustion of humus substances in the typical chernozem, kJ/g

ЛГВ, целина	ЛГВ, пар	ГК-2, целина	ГК-2, пар
11,01	9,19	19,01	18,45



Таблица 3. Влияние беспахотного пара на элементный состав гумусовых веществ чернозема типичного, ат.%.
Table 3. Effect of continuous bare fallow on the elemental composition of humic substances in the typical chernozem, atom. %

Угодье, вещество	C	H	N	O	H:C	O:C	C:N	ω
Целина, ЛГВ	26,0	49,7	1,90	22,4	1,91	0,86	13,7	-0,19
Пар, ЛГВ	25,6	45,9	2,3	26,2	1,79	1,02	11,1	+0,25
Целина, ГК-2	45,2	32,2	2,3	20,3	0,71	0,45	19,7	+0,18
Пар, ГК-2	46,2	30,0	2,2	21,6	0,65	0,47	21,0	+0,29

Под влиянием беспахотного пара в составе ЛГВ на 3,8 ат.% уменьшилось содержание водорода, тогда как количество азота и кислорода возросло на 0,4 и 3,8 ат.% соответственно, в то время как содержание углерода практически не изменилось. Это отразилось на величинах атомных отношений. Отношение H:C снизилось до 1,79, а отношение O:C возросло до 1,02. Величина отношения C:N оказалась равной 11,1. Несмотря на увеличение количества азота в составе ЛГВ чернозема беспахотного пара, обогащенность их азотом остается на низком уровне. Степень окисленности возросла до +0,25.

Как известно, в паровые поля растительные остатки не поступают, что на фоне усиления аэрации пахотного слоя, обусловленного ежегодными механическими обработками, способствует активной микробиологической деструкции наиболее нестойких органических соединений почвы. В результате этого, согласно данным элементного анализа в условиях беспахотного пара, вследствие активизации минерализационных процессов ЛГВ чернозема типичного теряют алифатические фрагменты и обогащаются устойчивыми азотсодержащими циклическими структурами. Наряду с этим в их составе существенно возросла доля компонентов, обогащенных кислородсодержащими группировками.

В отличие от ЛГВ в элементном составе ГК-2 целинного чернозема преобладает углерод, содержание которого составило 45,2 ат.%.

Следующим по значимости элементом является водород, содержащийся в количестве 32,2 ат.%, далее следуют кислород и азот, их содержание равно 20,3 и 2,3 ат.% соответственно. Величина атомного отношения H:C равна 0,71 и свидетельствует о заметном вкладе конденсированных циклических структур в состав молекул ГК-2 чернозема. ГК-2 целинного чернозема имеют очень низкую обогащенность азотом, на что указывает величина отношения C:N равная 19,7. Величина атомного отношения O:C равна 0,45, а степень окисленности +0,18.

Таким образом, в отличие от ЛГВ ГК-2 целинного чернозема преимущественно состоят из обедненных азотом, окисленных циклических структур.

Под влиянием беспахотного пара с элементным составом ГК-2 произошли определенные изменения. Содержание водорода уменьшилось на 2,2 ат.%, тогда как количество кислорода возросло на 1,3 ат.%. Изменения с содержанием углерода и азота менее существенные. Величина атомного отношения H:C уменьшилась с 0,71 до 0,65, а атомные отношения O:C, C:N и степень окисленности возросли с 0,45 до 0,47, с 19,7 до 21,0 и с +0,18 до +0,29 соответственно.

Таким образом, трансформация ГК-2 чернозема типичного под влиянием беспахотного пара обусловлена потерей ими алифатических азотсодержащих фрагментов и увеличением в их составе доли окисленных циклических структур.

В целом гуматы кальция по сравнению с лабильными гумусовыми веществами оказались более устойчивыми к микробиологическому воздействию, хотя основные черты их трансформации схожи и заключаются в увеличении доли окисленных циклических компонентов в составе молекул.

Результаты элементного анализа обычно используются для графико-статистического анализа по Д. Ван Кревелену, позволяющему выяснить направленность трансформации гумусовых веществ [3, 8, 15].

Согласно полученным данным (рис. 1), трансформация ЛГВ и ГК-2 чернозема типичного под влиянием беспахотного пара обусловлена процессами деметилирования (потеря групп CH_3), окисления и дегидрогенизации. При переходе от ЛГВ к ГК-2 отчетливо выражены процессы дегидратации и дегидрогенизации.

Наряду с этим для интерпретации данных элементного анализа был использован подход, предложенный Г.И. Глебовой [2], представляющий собой построение диаграммы в координатах: степень окисленности (ω) — величина отношения H:C (рис. 2). Из рисунка 2 следует, что ЛГВ целинного чернозема расположены в верхней левой части диаграммы. Область расположения ЛГВ чернозема беспахотного пара расположена ниже и существенно сдвинута вправо. Обусловлено это тем, что ЛГВ при беспахотном паровании чернозема в результате активно протекающих минерализационных процессов теряют алифатические группы CH_2 и CH_3 , обогащаются кислородсодержащими группировками и подвергаются окислению. Очень интенсивно проявляются эти процессы при переходе от ЛГВ к ГК-2 одинакового земледелия, а в наибольшей мере они характерны для ГК-2 чернозема беспахотного пара.

Заключение. В составе ЛГВ чернозема целинного преобладают алифатические восстановленные структуры с низкой обогащенностью азотом. В составе ГК-2, напротив, ведущую роль играют конденсированные циклические структуры, обуславливающие более высокий энергетический потенциал этой фракции.

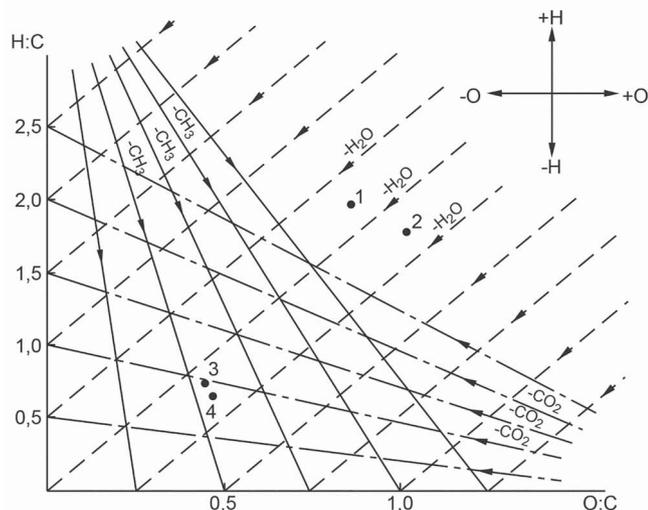


Рисунок 1. Диаграмма атомных отношений H:C-O:C (по Д. Ван Кревелену): 1 — целина ЛГВ; 2 — пар ЛГВ; 3 — целина ГК-2; 4 — пар ГК-2
Figure 1. Diagram of atomic ratios H:C-O:C (according to D. Van Crevelen): 1 — virgin soil LHS; 2 — bare fallow LHS; 3 — virgin soil calcium humates; 4 — bare fallow calcium humates

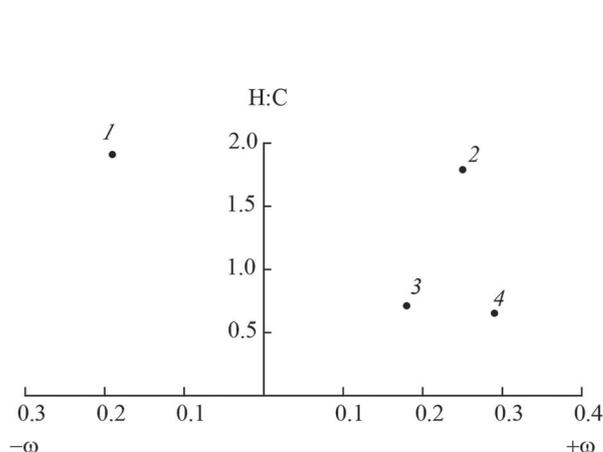


Рисунок 2. Диаграмма атомных отношений H:C и степени окисленности: 1 — целина ЛГВ; 2 — пар ЛГВ; 3 — целина ГК-2; 4 — пар ГК-2
Figure 2. Diagram of H:C atomic ratios and oxidation level: 1 — virgin soil LHS; 2 — bare fallow LHS; 3 — virgin soil calcium humates; 4 — bare fallow calcium humates



Под влиянием бесменного пара активизируются процессы минерализации, ЛГВ и ГК-2 чернозема типичного теряют алифатические фрагменты и обогащаются устойчивыми окисленными циклическими структурами.

Отсутствие ежегодно поступающих растительных остатков, изменение гидротермического режима и усиление аэрации в условиях бесменного парования способствуют тому, что трансформация ЛГВ и ГК-2 чернозема типичного под влиянием бесменного пара преимущественно обусловлена процессами деметилирования (потеря групп CH_3), окисления и дегидрогенизации. При переходе от ЛГВ к ГК-2 отчетливо выражены процессы дегидратации и дегидрогенизации. В целом гуматы кальция по сравнению с лабильными гумусовыми веществами характеризуются гораздо более высокой степенью конденсированности и окисленности молекул и более высоким энергетическим потенциалом.

Список источников

1. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. 288 с.
2. Глебова Г.И., Орлов Д.С. Элементный состав и коэффициенты экстинкции гематомелановых кислот // Научные доклады Высшей школы. Биологические науки. 1980. № 9. С. 95-107.
3. Дергачева М.И., Некрасова М.А., Васильева Д.И., Фадеева В.И. Элементный состав гуминовых кислот целинных черноземов разных условий формирования // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 10 (146). С. 87-92.
4. Кленов Б.М., Якутин М.В. Экологическая устойчивость гумуса почв Западной Сибири // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 4. № 2. С. 10-16.
5. Когут Б.М. Органическое вещество чернозема // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2017. Вып. 90. С. 39-55. doi: 10.19047/0136-1694-2017-90-39-55
6. Когут Б.М., Булкина Л.Ю. Сравнительная оценка воспроизводимости методов определения лабильных форм гумуса черноземов // Почвоведение. 1987. № 4. С. 143-145.
7. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 314 с.
8. Крылов В.А., Мамонтов В.Г., Лазарев В.И., Рыжков О.В. Влияние различного землепользования на элементный состав лабильных гумусовых веществ чернозема типичного Курской области // Почвоведение. 2022. № 8. С. 981-989. doi: 10.31857/S0032180X22080081
9. Лебедева И.И., Королева И.Е., Гребенников А.М. Концепция эволюции черноземов в условиях агроэкосистем // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2013. Вып. 71. С. 16-26. doi: 10.19047/0136-1694-2013-71-16-26
10. Мамонтов В.Г. Изменение компонентного состава гумуса чернозема обыкновенного под влиянием агрогенеза // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. Т. 63. № 4 (376). С. 83-86.
11. Мамонтов В.Г. Общее почвоведение. 2-е изд., перераб. и доп. М.: КНОРУС, 2023. 554 с.

Информация об авторах:

Мамонтов Владимир Григорьевич, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2563-8783>, Scopus ID: 5761147770, Researcher ID: AAE-7138-2022, mamontov1954@inbox.ru

Беляева Светлана Алексеевна, аспирант, ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1347-0741>, Researcher ID: GZM-5052-2022, belyaeva@rgau-msha.ru

Information about the authors:

Vladimir G. Mamontov, doctor of biological sciences, professor, professor of the department of soil science, geology and landscape science,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2563-8783>, Scopus ID: 5761147770, Researcher ID: AAE-7138-2022, mamontov1954@inbox.ru

Svetlana A. Belyaeva, post-graduate student, assistant of the department of soil science, geology and landscape science,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1347-0741>, Researcher ID: GZM-5052-2022, belyaeva@rgau-msha.ru

12. Мамонтов В.Г., Соколовская Е.Л. Элементный и молекулярно-массовый состав лабильных гумусовых веществ чернозема обыкновенного Каменной Степи // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. Вып. 1. С. 130-138.

13. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во Московского университета, 1990. 324 с.

14. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.

15. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв. М.: Высшая школа, 2005. 558 с.

16. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.

17. Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. Учение о почвенном гумусе. М.; Л.: Сельхозгиз, 1937. 287 с.

18. Фокин А.Д., Идеи В.В. Докучаева и проблема органического вещества почв // Почвоведение. 1996. № 2. С. 187-196.

19. Щеглов Д.И. Черноземы центральных областей России: современное состояние и направление эволюции // Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. Воронеж: Научная книга, 2017. С. 5-18.

20. Rice, J.A., MacCarthy, P. (1991). Statistical evaluation of the elemental composition of humic substances. *Org. Geochem.*, vol. 17, no. 5. pp. 635-648.

21. Stevenson, F.J. (1994). *Humus chemistry: genesis, composition, reaction*. N.Y., JohnWiley&Sons, 496 p.

References

1. Aleksandrova, L.N. (1980). *Organicheskoe veshchestvo pochvy i protsessy ego transformatsii* [Soil organic matter and processes of its transformation]. Leningrad, Nauka Publ., 288 p.
2. Glebova, G.I., Orlov, D.S. (1980). Ehlementnyi sostav i koefffitsienty ehkhtinskiiy gematomelanovykh kislot [Elemental composition and extinction coefficients of hematomelanic acids]. *Nauchnye doklady Vyshei shkoly. Biologicheskaya nauka*, no. 9, pp. 95-107.
3. Dergacheva, M.I., Nekrasova, M.A., Vasil'eva, D.I., Fadeeva, V.I. (2012). Ehlementnyi sostav guminovykh kislot tselinykh chernozemov raznykh uslovii formirovaniya [Elemental composition of humic acids of virgin chernozems of different conditions of formation]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of the Orenburg State University], no. 10 (146), pp. 87-92.
4. Klenov, B.M., Yakutin, M.V. (2019). Ehkologicheskaya ustoichivost' gumusa pochv Zapadnoi Sibiri [Ecological sustainability of humus in soils of Western Siberia]. *Interehkspo Geo-Sibir* [Interexpo GEO-Siberia], vol. 4, no. 2, pp. 10-16.
5. Kogut, B.M. (2017). Organicheskoe veshchestvo chernozema [Chernozem organic matter]. *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva* [Dokuchaev soil bulletin], issue 90, pp. 39-55. doi: 10.19047/0136-1694-2017-90-39-55
6. Kogut, B.M., Bulkina, L.Yu. (1987). Sravnitel'naya otsenka svoiprozvodimosti metodov opredeleniya labil'nykh form gumusa chernozemov [Comparative evaluation of the reproducibility of methods for determining labile forms of chernozem humus]. *Pochvovedenie* [Soil science], no. 4, pp. 143-145.
7. Kononova, M.M. (1963). *Organicheskoe veshchestvo pochvy. Ego priroda, svoistva i metody izucheniya* [Soil organic matter. Its nature, properties and methods of study]. Moscow, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 314 p.

8. Krylov, V.A., Mamontov, V.G., Lazarev, V.I., Ryzhkov, O.V. (2022). Vliyanie razlichnogo zemlepol'zovaniya na ehlementnyi sostav labil'nykh gumusovykh veshchestv chernozema tipichnogo Kurskoi oblasti [The influence of different land use on the elemental composition of labile humus substances of typical chernozem of the Kursk region]. *Pochvovedenie* [Soil science], no. 8, pp. 981-989. doi: 10.31857/S0032180X22080081

9. Lebedeva, I.I., Koroleva, I.E., Grebennikov, A.M. (2013). Kontseptsiya ehvolyutsii chernozemov v usloviyakh agroehkosisistem [The concept of the evolution of chernozems in agroecosystems]. *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva* [Dokuchaev soil bulletin], issue 71, pp. 16-26. doi: 10.19047/0136-1694-2013-71-16-26

10. Mamontov, V.G. (2020). Izmenenie komponentnogo sostava gumusa chernozema obyknovennogo pod vliyaniem agrogenеза [Change in the component composition of humus of ordinary chernozem under the influence of agro-genesis]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaystvennyi zhurnal* [International agricultural journal], vol. 63, no. 4 (376), pp. 83-86.

11. Mamontov, V.G. (2023). *Obshchee pochvovedenie* [General soil science]. Moscow, KNORUS Publ., 554 p.

12. Mamontov, V.G., Sokolovskaya, E.L. (2018). Ehlementnyi i molekulyarno-massovyi sostav labil'nykh gumusovykh veshchestv chernozema obyknovennogo Kamennoi Stepi [Elemental and molecular-mass composition of labile humus substances in the ordinary chernozem of the Kamennaya Steppe]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaystvennoi akademii* [Izvestiya of Timiryazev agricultural academy], issue 1, pp. 130-138.

13. Orlov, D.S. (1990). *Gumusovye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii* [Soil humic acids and the general theory of humification]. Moscow, Moscow University Publishing house, 324 p.

14. Orlov, D.S., Biryukova, O.N., Sukhanova, N.I. (1996). *Organicheskoe veshchestvo pochv Rossiiskoi Federatsii* [Organic matter of soils of the Russian Federation]. Moscow, Nauka Publ., 256 p.

15. Orlov, D.S., Sadovnikova, L.K., Sukhanova, N.I. (2005). *Khimiya pochv* [Soil chemistry]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 558 p.

16. Semenov, V.M., Kogut, B.M. (2015). *Pochvennoe organicheskoe veshchestvo* [Soil organic matter]. Moscow, GEOS Publ., 233 p.

17. Tyurin, I.V. (1937). *Organicheskoe veshchestvo pochv i ego rol' v pochvoobrazovanii i plodorodii. Uchenie o pochvennom gumuse* [Soil organic matter and its role in pedogenesis and fertility. The doctrine of soil humus]. Moscow, Leningrad, Sel'khozgiz Publ., 287 p.

18. Fokin, A.D. (1996). Idei V.V. Dokuchaeva i problema organicheskogo veshchestva pochv [V.V. Dokuchaev's ideas and the problem of soil organic matter]. *Pochvovedenie* [Soil science], no. 2, pp. 187-196.

19. Shcheglov, D.I. (2017). Chernozemy tsentral'nykh oblastei Rossii: sovremennoe sostoyanie i napravlenie ehvolyutsii [Chernozems of the central regions of Russia: current state and direction of evolution]. *Chernozemy tsentral'noi Rossii: genезis, ehvolyutsiya i problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya* [Proceedings of the Chernozems of Central Russia: genesis, evolution and problems of rational use: a collection of materials of a scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the Department of Soil Science and Land Management]. Voronezh, Nauchnaya kniga Publ., pp. 5-18.

20. Rice, J.A., MacCarthy, P. (1991). Statistical evaluation of the elemental composition of humic substances. *Org. Geochem.*, vol. 17, no. 5. pp. 635-648.

21. Stevenson, F.J. (1994). *Humus chemistry: genesis, composition, reaction*. N.Y., JohnWiley&Sons, 496 p.





Научная статья

УДК 338.19

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_526

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНСТИТУТА ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА: НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

К.М. Тиреуов¹, С.К. Мизанбекова², И.П. Богомолова³, Г.С. Айтхожаева²

¹Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Астана, Республика Казахстан

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Республика Казахстан

³Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

Аннотация. Данная статья рассматривает возможность применения функционального анализа для изучения эффективности института государственно-частного партнерства в агропромышленном комплексе Казахстана. Авторами проанализированы основные подходы, характеризующие современное состояние методов оценки, применяемых к проектам государственно-частного партнерства в агропромышленном комплексе. Для анализа методов оценки проектов государственно-частного партнерства в АПК, применимых в условиях Казахстана, была использована методология сравнительного анализа, исследующая специфические характеристики проектов государственно-частного партнерства. В статье были исследованы критерии эффективности агропромышленного развития и факторы устойчивости проектов в сельском хозяйстве, а также проведен анализ показателей для создания благоприятных условий дальнейшего развития отрасли. Анализ, проведенный в рамках исследования данной статьи, позволил выявить единую типологию проектов государственно-частного партнерства, направленных на развитие агропромышленного комплекса. Критерии эффективности проектов были использованы для выявления трех методов оценки эффективности проектов государственно-частного партнерства в АПК Казахстана.

Ключевые слова: государственно-частное партнерство, агропромышленный комплекс, сельское хозяйство, функциональный анализ, оценка эффективности

Благодарности: исследование выполнено при поддержке грантового финансирования Министерства науки и высшего образования в рамках проекта AP 09259262 «Государственно-частное партнерство в зернопродуктовом подкомплексе как основа интенсивного развития АПК».

Original article

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP INSTITUTE IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX USING THE TOOLS OF FUNCTIONAL ANALYSIS: ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

K.M. Tireuov¹, S.K. Mizanbekova², I.P. Bogomolova³, G.S. Aitkhozhayeva²

¹S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Republic of Kazakhstan

²Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Republic of Kazakhstan

³Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

Abstract. This article considers the possibility of using functional analysis to study the effectiveness of the institution of public-private partnership in the agro-industrial complex of Kazakhstan. The authors analyzed the main approaches that characterize the current state of assessment methods applied to public-private partnership projects in the agro-industrial complex. To analyze the methods for evaluating public-private partnership projects in the agro-industrial complex applicable in the conditions of Kazakhstan, a comparative analysis methodology was used that explores the specific characteristics of public-private partnership projects. The article examined the criteria for the effectiveness of agro-industrial development and the factors of sustainability of projects in agriculture, as well as an analysis of indicators to create favorable conditions for the further development of the industry. The analysis carried out as part of the study of this article made it possible to identify a single typology of public-private partnership projects aimed at developing the agro-industrial complex. Project performance criteria were used to identify three methods for assessing the effectiveness of public-private partnership projects in the agro-industrial complex of Kazakhstan.

Keywords: public-private partnership, agro-industrial complex, agriculture, functional analysis, efficiency assessment

Acknowledgments: this work was supported by the grant financing of the Ministry of Science and Higher Education in the framework of AR 09259262 «Public-private partnership in the grain subcomplex as the basis for the intensive development of the agro-industrial complex» project.

Введение. Тема государственно-частного партнерства (ГЧП) является крайне актуальной в связи с тем, что данная модель сотрудничества государства и частных лиц имеет большой практический потенциал для социально-экономического развития. Опыт многих стран может быть

успешно использован для развития публичной инфраструктуры, и как следствие — оказать существенное воздействие на уровень страновой конкурентоспособности. Возрастающая сложность экономических процессов, обусловленная технологическим и социальным прогрессом,

требует более высокого уровня сотрудничества и объединения уникальных ресурсов для достижения нового уровня общественного развития. Во многих случаях государство и отдельные лица в одиночку не в состоянии решить сложные проблемы, требующие значительных



финансовых ресурсов, инновационных технологий и навыков, либо для этого может потребоваться больше времени. Привлечение частных ресурсов в инфраструктуру с использованием модели ГЧП имеет особое значение в текущий кризисный период в связи с истощением государственных источников, а также со снижением прямых иностранных инвестиций.

Государственно-частное партнерство распространилось с Великобритании и США в 70-е годы XX века и понималось как модель для реализации общественных инфраструктурных проектов, и началось с трансформации государственного управления от модели «государственного администрирования» (Public Administration) к модели «нового государственного управления» (New Public Management). Понятие ГЧП, несмотря на недавние глубокие исследования, имеет исторические корни и получило научное обоснование.

Государственно-частное партнерство привлекает к себе большой интерес со стороны научного сообщества. При этом, несмотря на достаточно продолжительный период развития современных форм ГЧП (около 30 лет), не все вопросы в равной мере освещаются в научных публикациях.

Материалы и методы исследования. В работе были применены системный, логический, структурно-функциональный и диалектический научные подходы. В аспекте последних нашли применение следующие методы научного познания: структурный, функциональный, системный, анализ, синтез, дедукция, обобщение, научное объяснение.

Результаты и обсуждение. Популярными темами, получившими наиболее глубокое раскрытие, до последнего времени были: разделение рисков и вопросы управления проектами, используемые модели ГЧП и их роль в инфраструктурном строительстве, проектное финансирование, факторы успеха проектов ГЧП, различные вопросы концессий (ценообразование, продолжительность, переговоры), государственное регулирование, контрактное управление, оценка выгоды ГЧП (Value for Money, реальные опционы), анализ сторон соглашений ГЧП и их взаимодействия, а также устойчивость и инновации.

Большая часть публикаций связана с анализом вопросов ГЧП в транспортной сфере, энергетике, а также в сфере ЖКХ и в социальной сфере (в первую очередь, в здравоохранении). Изучению развития государственно-частного партнерства в сельском хозяйстве посвящено, на самом деле, недостаточное количество исследований.

С точки зрения страновых исследований, наибольшей популярностью пользуется Китай (страна, в которой ГЧП в последние годы востребовано в связи с масштабным инфраструктурным строительством). В пятерку наиболее привлекательных стран также входят Австралия, Индия, Великобритания и Россия. Несмотря на это, не так часто в литературе можно встретить сравнительные исследования, даже по указанным странам, находящимся на разном уровне экономического развития.

С практической точки зрения наибольшую ценность могут представлять работы, сфокусированные на анализе развития институтов, влияющих на ГЧП в странах, находящихся на разном уровне экономического развития, но при этом характеризующихся естественными сходствами.

На сегодняшний день экономика Казахстана, как часть мировой экономики, постоянно испытывает как внутренние, так и внешние вызовы. В Послании народу Казахстана «Справедливое государство. Единая нация. Благополучное общество» Глава государства Касым-Жомарт Токаев отметил необходимость разработки новых мер вовлечения частного бизнеса.

Во время усиления глобальных финансово-экономических проблем ведется поиск путей их решения, которые бы дали возможность бизнесу внести свой вклад в создание и развитие масштабных проектов. Примером решения таких проблем может также являться институт ГЧП, который в Республике Казахстан, как и в остальном мире, становится день ото дня все более актуальным и популярным. Ввиду потянувшего дефицита государственного бюджета, снижения доходов и роста потребностей населения институт ГЧП обоснованно занимает важную нишу в жизни общества.

Таким образом, для более полного понимания роли ГЧП в экономике Казахстана необходимо для начала выяснить само значение термина ГЧП. Согласно бюджетному законодательству РК и Закону Республики Казахстан «О государственно-частном партнерстве», проект ГЧП — это совокупность последовательных мероприятий по осуществлению государственно-частного партнерства, реализуемых в течение ограниченного периода времени и имеющих завершенный характер. В настоящее время ГЧП понимается как форма взаимодействия между государством и бизнесом на основе обоюдного сотрудничества. Отношения между государственным и частным партнерами, как правило, закрепляются в виде договора, который юридически определяет ход реализации проекта, реализуемого чаще всего в социально значимой сфере экономики.

Государственно-частное партнерство представляет возможность создания проектов, которые не могут быть самостоятельно осуществлены субъектами бизнеса из-за недостаточной окупаемости или государством в силу нехватки эффективных решений, которые есть в частном секторе. Проект ГЧП предполагает вклад в общее дело со стороны обеих сторон. Частный партнер, опираясь на накопленный опыт и технологии, со своей стороны отвечает за финансирование, эффективное управление, принятие гибких и оперативных решений, использование инноваций, тогда как государство берет на себя ответственность за законодательную составляющую и за предоставление бизнесу различных субсидий, льгот, мер поддержки, гарантий потребления и компенсаций части затрат. ГЧП, таким образом, снижает нагрузку на бюджет путем привлечения инвестиций со стороны бизнеса. Кроме этого, значение ГЧП для общества также видится в возможности осуществления задач, укрепляющих и повышающих благосостояние общества. Реализация взаимовыгодного партнерства государства и бизнеса ведет к качественному повышению уровня услуг населению и позволит снизить роль государства. ГЧП приводит к усилению связей между государством и бизнесом, проведению конструктивного диалога между ними.

Следовательно, ГЧП можно рассматривать как эффективный экономический инструмент, который, с одной стороны, дает возможность

снизить и оптимизировать бюджетные расходы, а с другой — поднять качество реализации проектов и предоставляемых впоследствии на их базе услуг.

Текущее становление ГЧП в Республике Казахстан можно охарактеризовать как «волнообразное». Начальной стадией развития ГЧП можно назвать период с 2005 по 2006 гг., когда были подписаны первые концессионные соглашения и вступил в силу закон РК «О концессиях».

Следующей стадией можно считать 2015 г., когда в реализацию Стратегии «Казахстан-2050» и Плана Нации «100 конкретных шагов» 31 октября 2015 г. был принят Закон «О государственно-частном партнерстве», создавший единую правовую базу в сфере регулирования ГЧП. Данный закон позволил открыть возможность применения ГЧП во всех отраслях экономики, расширил формы ГЧП за счет внедрения сервисных контрактов, контрактов жизненного цикла, лизинговых отношений и др.

Третьим этапом можно выделить 2017 г., когда был принят Закон РК «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам совершенствования бюджетного законодательства». В реализацию закона, согласно протокольному решению заседания Правительства Республики Казахстан от 10 мая 2017 г. № 18, перед Министерством финансов была поставлена задача в месячный срок обеспечить регистрацию государственных обязательств по проектам ГЧП в органах Казначейства.

Во исполнение данного поручения всем местным исполнительным органам областей и администраторам республиканских бюджетных программ были отправлены инструкции, описывающие порядок принятия государственных обязательств по проектам ГЧП в Комитете казначейства.

В месячный срок со дня получения поручения Правительства Республики Казахстан с 10 июня 2017 г. Комитет казначейства приступил к проведению регистрации договоров ГЧП, в том числе концессий. С этого дня Комитет казначейства проводит постоянную работу по совершенствованию процесса регистрации проектов ГЧП. Своевременно были разработаны и внесены все необходимые изменения в бюджетное законодательство Республики Казахстан. Первоначально договора поступали и регистрировались на бумажном носителе путем внесения данных в Журнал регистрации договоров ГЧП/концессий, присвоения регистрационного номера и формирования, подписания и выдачи Свидетельства о регистрации.

Затем со второго квартала 2018 г. Комитет казначейства приступил к работе по разработке и внедрению электронной регистрации проектов ГЧП и концессий. С 19 декабря 2018 г. был запущен пилотный проект по автоматизации процесса регистрации проектов ГЧП и концессий. По итогам пилотного проекта было принято решение о переходе с 1 марта 2019 г. всех регионов Республики Казахстан на регистрацию проектов ГЧП в Интегрированной автоматической информационной системе «е-Минфин». Данная автоматизация позволила существенно оптимизировать процедуру регистрации.

После завершения процесса автоматизации регистрации проектов ГЧП Комитет казначейства приступил к работе по мониторингу и учету



финансовых обязательств со стороны государства по проектам ГЧП и концессий на основе данных, полученных в ходе регистрации договоров ГЧП и концессий. Автоматизация данного процесса позволила на постоянной основе в режиме реального времени получать ежедневно обновляемую информацию как по выплаченному, так и по предстоящим обязательствам по проектам ГЧП, что в значительной мере усилило контроль освоения финансовых средств в рамках проектов ГЧП и упростило процедуру планирования и прогнозирования долговой нагрузки на государственный бюджет.

Основной целью регистрации проектов ГЧП и концессий является привлечение инвестиций в экономику государства путем объединения ресурсов государства и частного партнера для развития инфраструктуры и систем жизнеобеспечения населения. Регистрация проектов ГЧП в органах Казначейства стала для частных партнеров своего рода гарантией по исполнению всех юридических и бюджетных обязательств со стороны государственного партнера. Таким образом, регистрация проектов ГЧП и концессий в Комитете казначейства является для частных инвесторов «знаком качества» договоров ГЧП.

Именно это решение Правительства Республики Казахстан по привлечению Комитета казначейства в процесс осуществления проектов ГЧП дало существенный импульс ускоренному распространению и популяризации инструмента ГЧП для представителей отечественного и международного бизнеса. Об этом наглядно свидетельствуют следующие данные: с 2005 г. по май 2017 г. (до начала регистрации проектов ГЧП и концессий в подразделении Казначейства) было заключено менее 50 договоров ГЧП и концессий, тогда как уже за второе полугодие 2017 г. Комитет казначейства зарегистрировал 133 проекта ГЧП. Всего же, как видно по данным таблицы, по состоянию на 1 апреля 2021 г. зарегистрировано уже более 872 проектов. Следовательно, по одним только этим цифрам можно сделать вывод, что за период менее чем 4 года с начала регистрации договоров ГЧП было заключено договоров в 17 раз больше, чем за предшествующие 11 лет.

Необходимость внедрения инновационных технологий и недостаток ресурсов привели к применению механизмов ГЧП в агропромышленном комплексе Казахстана. Привлечение мелкоотварных хозяйств является огромным стимулом к использованию проектов ГЧП в сельском хозяйстве, так как в процессе они же и получают выгоду.

Но не следует забывать, что развитие агропромышленного комплекса через использова-

ние механизмов ГЧП сопряжено с определенными рисками. Многие факторы оказывают свое незримое влияние в этом процессе. Среди них, фактор восприятия фермерами условий, определяющих размеры и иные параметры выгод, получаемых по проектным контрактам, представляется наиболее критическим. В равной степени, фактор нечеткости в определении механизма, который предусматривает выход из контрактов, представляет определенную сложность для конечных пользователей. Это происходит из-за отсутствия транспарантных директив, регулирующих функции местных сообществ, являющихся участниками проектов ГЧП [2].

Кроме того, фактор расплывчатости и неясности в критериях оценки результатов реализации проектов, по которым, в конечном итоге, рассчитываются суммарные выгоды сельхозтоваропроизводителей, способен отпугнуть потенциальных партнеров заинтересованных в развитии АПК. В этих условиях для участников проектов ГЧП, вовлеченных в сферу АПК, необходимо руководствоваться следующими конкретными знаниями: какие типы, структуры, модальности, формы, и механизмы, присущие проектам ГЧП, можно применить на практике для развития АПК [3].

В данной статье были использованы эмпирически-теоретические методы анализа оценки эффективности проектов ГЧП. Метод сравнения был применен в отношении отбора методологии оценки проектов, применимых для анализа проектов ГЧП в АПК.

Основой оценки эффективности проектов государственно-частного партнерства являются классические подходы инвестиционной теории. Оценка эффективности инвестиционных проектов осуществляется на основе двух основных направлений: оценка экономической и социальной эффективности. Сущность и содержание экономической эффективности отображается стоимостными и относительными показателями реализации инвестиционных проектов. Стоимостными показателями являются размер полученного валового дохода или прибыли и экономия определенных инвестиционных ресурсов (экономический эффект); относительными — показатели, характеризующие удельный вес эффекта в сумме вложенных ресурсов (экономическая эффективность).

Казахстан в настоящее время ориентируется на стандарты ОЭСР [4], типология ГЧП-АПК, с точки зрения их практического применения, опирается на подходы, разработанные и апробированные Европейской комиссией и странами, входящими в Европейский союз. Здесь важно отметить, что типология проектов ГЧП-АПК с учетом казахстанской специфики исходит из

понимания двух основных подходов. Первый подход обуславливает тесное взаимодействие частного и государственного секторов, основанное, прежде всего, на контрактах ГЧП. Второй подход предусматривает институциональные проекты ГЧП-АПК, представляющие собой своеобразные партнерства между государственным и частным секторами экономики в рамках структуры юридических лиц.

На основе выявления основных характеристик, присущих проектам ГЧП-АПК, конфигурация структуры проекта ГЧП-АПК проявляется таким образом, чтобы обеспечивалось беспрепятственное взаимодействие между собой всех характеристик проекта ГЧП-АПК. В равной степени структура проекта ГЧП-АПК построена таким образом, что она помогает наиболее эффективно способствовать реализации интересов всех участников проекта (рис. 1).

Взаимоотношения между участниками данной схемы тесно взаимосвязаны согласно следующим функциям: Банк — кредитование, инвестирование. Инвесторы — инвестирование. Министерство сельского хозяйства — регулирование, бюджетирование. Проектная компания ГЧП-АПК — управление проектом и реализация проекта через подрядчика АПК, субподрядчика и оператора. Последний является исполнителем проекта и интегрирует результаты различных стадий проекта перед тем как сдать его конечным пользователям. Конечные пользователи — получатели благ от проекта [5].

Системный подход на различных уровнях управления проекта ГЧП-АПК приобретает весьма важное значение для практической реализации проекта. С учетом многоуровневой конфигурации управленческих структур в казахстанском государственном секторе, центральные исполнительные органы, регулирующие деятельность АПК в рамках проектов ГЧП-АПК, несут прямую ответственность за разработку их правовой обеспеченности и механизм принятия решений по проекту ГЧП-АПК. В то же время анализ нормативно-правовой документации [6, 7] относительно многомерности управленческих структур по реализации проектов показал, что региональные и местные органы управления фокусируют основное внимание на вопросах, связанных со спросом на проекты ГЧП-АПК. Кроме того, они фокусируются на приведение целей и задач этих проектов в соответствие со стратегическими планами местных общин, региона и государства. В этом контексте оценка проектов ГЧП-АПК представляет собой задачу, которую необходимо рассматривать в ее многомерности (рис. 2, 3). С одной стороны, в поле зрения попадают системные вопросы,

Таблица. Количество зарегистрированных проектов ГЧП и концессий по состоянию на 01.04.2021 г.
Table. Amount of registered PPP (Public Private Partnership) and concession projects as of 01.04.2021

2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
ИО	РК										
		39		12		90		29		63	
итого		итого		итого		итого		итого		итого	
7		140		184		376		139		34	
В том числе зарегистрировано за год		В том числе зарегистрировано за год		В том числе зарегистрировано за год		В том числе зарегистрировано за год		В том числе зарегистрировано за год		В том числе зарегистрировано за год	
7		140		184		376		139		34	

Примечание: составлено авторами на основании информации из «Сводной информации по принятым государственным обязательствам в рамках проектов ГЧП и концессий ПКР и МИО (формы № 3 и № 4) // ИАИС «е-Минфин», подсистема «Исполнение ГБ в части государственного заимствования и кредитования».



присущие макроуровню. Эти вопросы связаны с такими задачами, как экономические, финансовые, отраслевые, технические, экологические, социальные и цели развития. Анализ предпринял попытку сгруппировать их под критериями устойчивости проекта в соответствии со стратегическими целями и задачами АПК (рис. 2).

С другой стороны, изучение многомерности задач оценки проектов ГЧП-АПК [8] показывает, что вопросы эффективности также актуальны, как и вопросы устойчивости. Анализ выявил, что для проектов ГЧП-АПК их коммерческая

доходность, риски, выгоды от проекта рассчитываются для производителей как в секторе сельского хозяйства, так и в целом для экономики и социума. В этом смысле профессиональная компетенция проектного персонала АПК, надежность инвестиций, вкладываемых в АПК, наличие доверия между партнерами, устойчивость постпроектной эксплуатации играют важную роль. Таким образом, основываясь на проведенных наблюдениях, анализ объединил все факторы, описанные выше, под критериями эффективности проекта ГЧП-АПК (рис. 3).

Традиционный метод оценки проектов ГЧП, был выявлен анализом, как экспертная оценка. Этот метод используется, в основном, в государственном секторе. Выбор применения данного метода обуславливается наличием следующих обстоятельств: отсутствие количественных показателей для полноценного анализа, недостаточность технических и финансовых средств на оцифровку качественных показателей проекта, малые проекты, применение дорогостоящего программного аналитического инструментария.

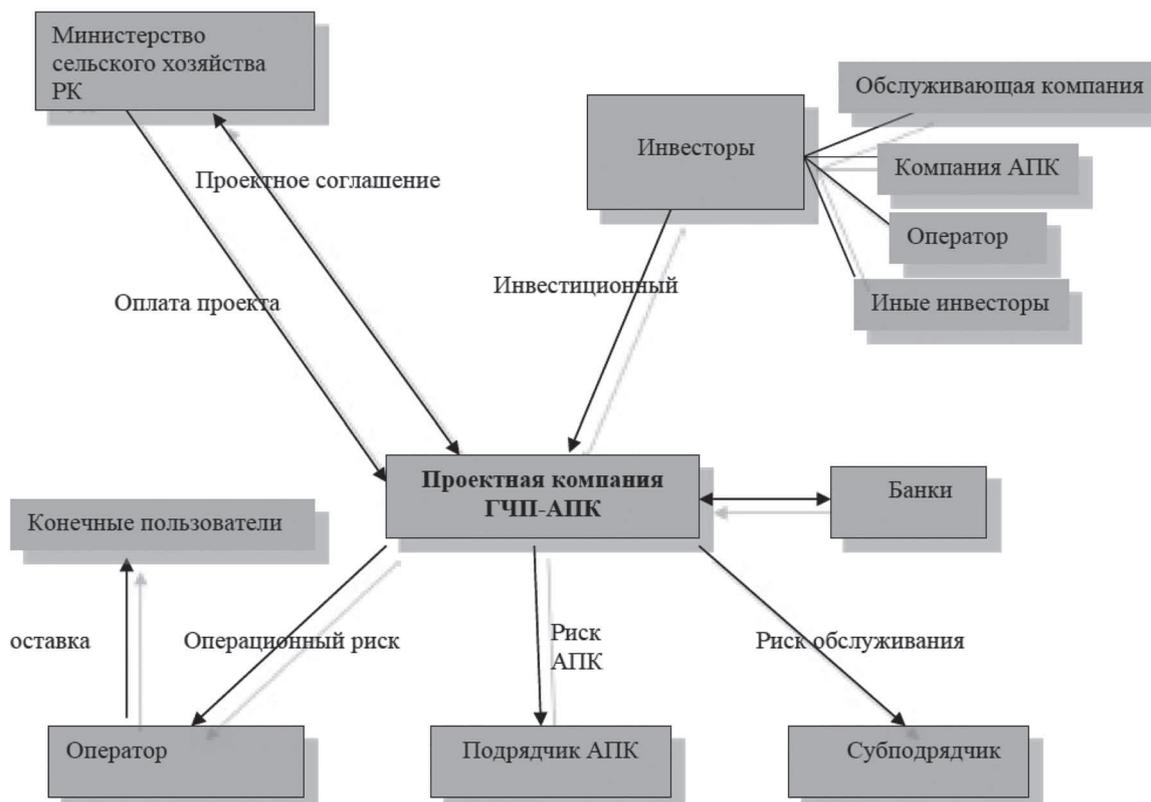


Рисунок 1. Структура проекта ГЧП
Figure 1. Structure of PPP project



Рисунок 2. Критерии устойчивости проекта ГЧП в АПК
Figure 2. Sustainability criteria for a PPP project in the agro-industrial complex



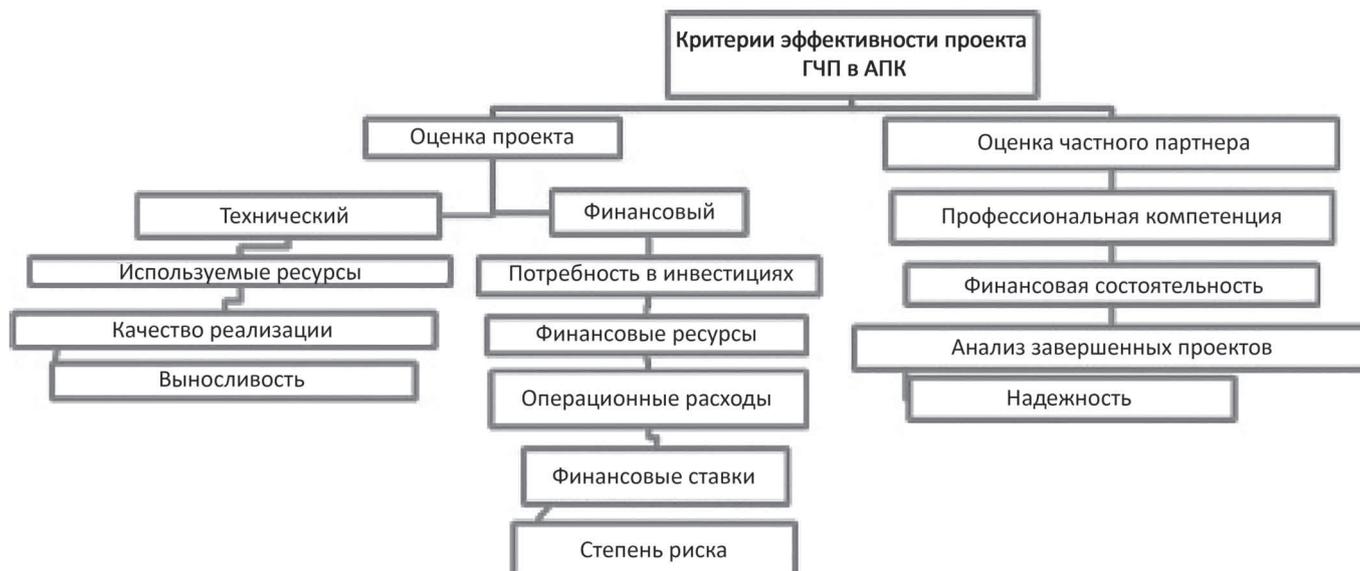


Рисунок 3. Критерии эффективности проектов ГЧП
Figure 3. Efficiency criteria for PPP projects

Выводы. Анализ показывает, что особенностью распределения рисков между государственным и частным сектором является то, что перекаладывание на частный сектор специфических рисков в партнерском проекте порождает объективную потребность в страховании от наступления таких рисков. Как известно, повышенный риск предполагает необходимость большей отдачи от вложенного капитала при прочих равных условиях. Таким образом, риски обязательно всегда переносятся на частные компании. Возвращение финансовых ресурсов будет зависеть от уровня рисков и вероятности их наступления. Полученные результаты позволяют выявить наиболее значимые из рисков и осуществить количественную оценку минимально возможного экономического эффекта от внедрения проектов на принципах государственно-частного партнерства с учетом возможных рисков.

Список источников

1. Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана «Справедливое государство. Единая нация. Благополучное общество», 1 сентября 2022 г.

2. Handbook on Agribusiness PPPs and territorially-bound investment instruments for agro-industrial development. Rome, 2016, p. 7.

3. Public-Private Partnership. World Bank website. Washington D.C., 2016. Available at: <https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership> (accessed: 02.03.2017).

4. Public-Private Partnerships. IMF, Washington, 2004, p. 48.

5. Agriculture: Enabling Factors and Impact on the Rural Poor. Institute of Development Studies (IDS), 2015. Available at: <http://www.ids.ac.uk/project/public-private-partnerships-ppps-in-agriculture-enabling-factors-and-impact-on-the-rural-poor> (accessed: 02.03.2017).

6. Пособие государственно-частного партнерства. Азиатский банк развития. Манила. С. 17-27.

7. Suhaiz, I. (2011.) Systematic Review of Research on Private Finance Initiative. *International Journal of Economics Management & Accounting, Supplementary Issue*, no. 19 (33-60), pp. 27-28.

8. Alessandra Cepparulo, Giuseppe Eusepi, Luisa Giuriato (2019). Public Private Partnership and fiscal illusion: A systematic review, vol. 3, issue 2, article identifier: 288-309.

[Message of Head of State Kassym-Jomart Tokayev to the people of Kazakhstan "Justice State. One Nation. Well-being Society", September 1, 2022].

2. Handbook on Agribusiness PPPs and territorially-bound investment instruments for agro-industrial development. Rome, 2016, p. 7.

3. Public-Private Partnership. World Bank website. Washington D.C., 2016. Available at: <https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership> (accessed: 02.03.2017).

4. Public-Private Partnerships. IMF, Washington, 2004, p. 48.

5. Agriculture: Enabling Factors and Impact on the Rural Poor. Institute of Development Studies (IDS), 2015. Available at: <http://www.ids.ac.uk/project/public-private-partnerships-ppps-in-agriculture-enabling-factors-and-impact-on-the-rural-poor> (accessed: 02.03.2017).

6. Posobie gosudarstvenno-chastnogo partnerstva. Aziatskii bank razvitiya [Public-private Partnership Handbook. Asian Development Bank]. Manila, pp. 17-27.

7. Suhaiz, I. (2011.) Systematic Review of Research on Private Finance Initiative. *International Journal of Economics Management & Accounting, Supplementary Issue*, no. 19 (33-60), pp. 27-28.

8. Alessandra Cepparulo, Giuseppe Eusepi, Luisa Giuriato (2019). Public Private Partnership and fiscal illusion: A systematic review, vol. 3, issue 2, article identifier: 288-309.

References

1. Poslanie Glavy gosudarstva Kasym-Zhomarta Tokaeva narodu Kazakhstana «Spravedlivoie gosudarstvo. Edinaya natsiya. Blagopoluchnoe obshchestvo», 1 sentyabrya 2022 g.

Информация об авторах:

Тиреуов Канат Маратович, академик Национальной академии наук Республики Казахстан, доктор экономических наук, профессор, Председатель Правления, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3904-3553>, tireuov_k@mail.ru

Мизанбекова Салима Каспиевна, доктор экономических наук РК, доктор экономических наук РФ, профессор, профессор кафедры менеджмента и агробизнеса, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7602-9710>, salima-49@mail.ru

Богомолова Ирина Петровна, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3904-3553>, uopioe@ya.ru

Айтхожаева Гулсим Султановна, доктор PhD, ведущий специалист Управления международных проектов, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5481-4964>, Scopus ID: 57211288399, Researcher ID: CBU-5561-2022, g.aitkhozhayeva@mail.ru

Information about the authors:

Kanat M. Tireuov, academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, doctor of economic sciences, professor, Chairman of the Management Board, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3904-3553>, tireuov_k@mail.ru

Salima K. Mizanbekova, doctor of economic sciences of the Republic of Kazakhstan, doctor of economic sciences of the Russian Federation, professor, professor of the department of management and agribusiness, Kazakh National Agrarian Research University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7602-9710>, salima-49@mail.ru

Irina P. Bogomolova, doctor of economic sciences, professor, head of the department of management, organization of production and industrial economics, Voronezh State University of Engineering Technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3904-3553>, uopioe@ya.ru

Gulsim S. Aitkhozhayeva, doctor PhD, leading specialist of the Department of international projects, Kazakh National Agrarian Research University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5481-4964>, Scopus ID: 57211288399, Researcher ID: CBU-5561-2022, g.aitkhozhayeva@mail.ru



Научная статья
УДК 34.349
doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_531

ПРАВОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОРЕННОГО ПЕРЕХОДА К ЦИФРОВИЗАЦИИ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ОТРАСЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ В КАЗАХСТАНЕ И МИРЕ

М.А. Сарсембаев, Ж.С. Зейнулла

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
Консалтинговая Группа «Болашак», Астана, Республика Казахстан

Аннотация. Эта научная статья раскрывает правовые особенности крутого поворота казахстанских заводов, производящих разнообразные машины и оборудование агротехнического характера, к цифровым и интеллектуальным технологиям, посредством которых возможно коренным образом изменить содержание производства агромашиностроительных заводов, всей отрасли сельскохозяйственного машиностроения республики. В ходе изложения авторы обосновали и внесли предложения о необходимости принятия ряда новых казахстанских законов, новых международных соглашений и конвенций в целях содействия внедрению цифровизации и интеллектуализации в производственную деятельность заводов сельскохозяйственного машиностроения. Эти предложенные рекомендации по совершенствованию казахстанского национального законодательства и международных конвенций, соглашений могут привести к достижению высоких показателей в развитии аграрно-технического машиностроения в Республике Казахстан, к повышению конкурентоспособности его продукции. Казахстан, как член международного сообщества, мог бы инициировать разработку и подписание договоров и соглашений о развитии сельскохозяйственного машиностроения на мировой арене.

Ключевые слова: сельскохозяйственное машиностроение, закон, конвенция, цифровая технология, искусственный интеллект, сельскохозяйственная техника, процесс цифровизации

Благодарности: данное исследование осуществлено при финансовой поддержке Комитета по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН № АР09261449).

Original article

LEGAL FEATURES OF THE RADICAL TRANSITION TOWARDS DIGITALIZATION, INTELLECTUALIZATION OF THE AGRICULTURAL ENGINEERING INDUSTRY IN KAZAKHSTAN AND IN THE WORLD

М.А. Sarsembayev, Zh.S. Zeinulla

L.N. Gumilyov Eurasian National University,
Bolashak Consulting Group, Astana, Republic of Kazakhstan

Abstract. This scientific article reveals the legal features of the turn of Kazakhstani factories producing a variety of machines and equipment of an agrotechnical nature to digital and intelligent technologies, through which it is possible to radically change the content of the production of agricultural machinery plants, the entire branch of agricultural engineering of the republic. In the course of the research work, the authors substantiated and made proposals on the need to adopt a number of new Kazakh laws, new international agreements and conventions in order to promote the introduction of digitalization and intellectualization in the production activities of agricultural machinery plants. These proposed recommendations on improving Kazakhstan's national legislation and international conventions, agreements can lead to the achievement of high indicators in the development of agricultural engineering in the Republic of Kazakhstan, to increase the competitiveness of its products. Kazakhstan, as a member of the international community, could initiate the signing of treaties and agreements on the development of agricultural machinery on the world stage.

Keywords: agricultural engineering, law, convention, digital technology, artificial intelligence, agricultural machinery, digitalization process

Acknowledgments: this study was carried out with the financial support of the Committee on Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (IRN No. AP09261449).

Введение. Машиностроение в мире выступает системообразующей отраслью экономики развитого государства, является показателем технологического уровня национальной промышленности соответствующей страны. На территории Казахстана действуют более 3 тыс. крупных и малых машиностроительных предприятий, значительная часть которых в различной степени оказывает содействие 30 крупным и средним сборочным заводам сельскохозяйственного машиностроения республики. Здесь нужно подчеркнуть, что нужно присмотреться к опыту Японии и ряда других стран, где малые наукоемкие предприятия заняты, в частности, решением производственных проблем сельскохозяйственного машиностроения [1].

В условиях нарастающей конкуренции среди мировых производителей техники и оборудо-

вания сельскохозяйственного назначения, казахстанским предприятиям машиностроения важно скорее внедрять технологические достижения промышленной революции 4.0 в процесс производства своей продукции. Безусловно, при практической реализации намеченных планов по цифровизации сельскохозяйственного машиностроения могут и будут возникать проблемные вопросы юридической направленности. Если мы сможем вовремя выявить эти недостатки отечественного законодательства и заблаговременно приспособить нормы соответствующих нормативных правовых актов к грядущему технологическому прогрессу, то мы сможем создать в стране еще одну конкурентоспособную на международном уровне отрасль экономики в лице сельскохозяйственного машиностроения.

Поэтому авторы поставили перед собой цель изучить казахстанский, зарубежный и международный опыт внедрения цифровых технологий в производство, провести всесторонний анализ отечественного законодательства и выявить его недостатки, которые могут стать сдерживающим фактором развития рассматриваемого направления агротехнической промышленности. В этой связи в процессе исследования авторы подробно изучили национальные инициативы продвинутых в этом отношении стран (России, Германии, Франции, Швеции, Японии, Китая, Южной Кореи), их законы и нормы, труды ученых и мнения экспертов, аналитиков машиностроительной отрасли.

Тем самым, задачей будет донесение предлагаемых идей, мыслей широкому кругу читателей, в том числе специалистам законодательного



органа, руководителям предприятий машиностроения Республики Казахстан.

Цифровизация и интеллектуализация различных сфер жизнедеятельности государства и человеческого общества в последние годы все чаще становится объектом исследования для многих авторов. Появление «умных» фабрик, заводов и даже ферм становится обычным делом. Однако в масштабах казахстанского сельскохозяйственного машиностроения лишь немногие авторы обращают внимание на вопросы правового толка. Но и на международном уровне эти вопросы недостаточно изучены.

Эта тема для технических специалистов, юристов, экономистов, как теоретиков, так и практиков разных стран, продолжает оставаться актуальной. Это можно видеть по трудам зарубежных ученых на эту тему. Эту актуальность отмечают российские ученые В.Н. Ожерельев и Г.В. Орехова в своем труде под названием «Сельскохозяйственные машины» [2]. Исследователи В.Д. Галкин, В.А. Хандриков, А.Ф. Федосеев, А.С. Кустов, Д.А. Шихова провели успешные испытания по очищению семян пшеницы на пневмосортировальном столе оригинальной конструкции, что было отражено на страницах Пермского аграрного вестника [3]. Аналитики Ю.В. Катаев, Ю.А. Гончарова, А.С. Свиридов, С.П. Тужилин [4] четко исследуют технологии 3D-печати при производстве сельскохозяйственной техники.

Исследователи Канзасского университета (США) Ч. Бадгуджар, С. Дас, Д. Фигероа, Д. Флиппо заняты применением классических методов вычислительного интеллекта, которые лежат в основе исследований взаимодействия грунта и машин, что необходимо учитывать при производстве ходовой части комбайнов, тракторов [5]. Ученые Кильского университета (Германия) Л. Холторф, И. Титов, Ф. Дашнер, М. Геркен исследуют процесс сбора данных с подземных сенсорных узлов посредством дронов в целях определения качества плодородного слоя земли [6].

Казахстанскими авторами, которые занимаются исследованием проблем цифровизации агропромышленного комплекса и сельскохозяйственного машиностроения, являются, в частности, О. Рыскельды, В. Шеломенцев, М. Миркович, А. Нурғалиева [7]. Исходя из приведенных выше источников, следует отметить, что во многих развивающихся странах, в том числе в Казахстане, цифровизация находится на первоначальной стадии. К тому же проблемы цифровизации машиностроения с правовых позиций даже в развитых странах исследованы в недостаточной степени. Поэтому данная статья призвана привлечь внимание руководителей и специалистов отрасли сельскохозяйственного машиностроения Казахстана на необходимость ускорения развития предприятий отрасли посредством внедрения цифровых и интеллектуальных технологий и организационно-юридических методов в ближней и среднесрочной перспективе.

Цели и задачи исследования. Основной целью исследования является анализ причин, которые привели к осознанию необходимости крутого поворота к цифровизации, интеллектуализации процесса производства на заводе, во всей отрасли сельскохозяйственного машиностроения в Казахстане и во всем мире.

Другой целью стало аналитическое исследование машиностроительного, цифровизированного, роботизированного опыта развитых в этом отношении государств (России, США, Германии, Южной Кореи, Сингапура) в целях его заимствования агро-машиностроительными заводами Казахстана. В этой связи поставлена задача изучения темы на основе различных источников информации, включая труды приведенных и иных российских, казахстанских, зарубежных ученых, законы и нормы разных стран, регулирующие новейшие технологии и сельскохозяйственное машиностроение, авторитетные мнения экспертов в этой области. Изучены и применены в статье практические материалы казахстанских агромашиностроителей в Ассоциацию казахстанского автобизнеса (агро-машинобизнеса). Еще одна задача состоит в необходимости изучения мирового опыта внедрения высоких технологий в машиностроительный сектор. Все перечисленное и другие данные из официальных и открытых источников стали основой исследования темы данной статьи.

Анализ проблем и пути их решения.

1. В статье предлагается к обсуждению одна из самых актуальных и проблемных тем последних лет.

2. Новизна темы статьи просматривается в следующем. Изучив немалый объем научного и практического материала, авторы единодушно пришли к выводу о том, что тема цифровизации, интеллектуализации сельскохозяйственного машиностроения в Казахстане и мире, несмотря на большой интерес со стороны зарубежных и отечественных ученых, пока еще не охватывает все подлежащие анализу вопросы. Проблемы цифровизации сельскохозяйственного машиностроения в зарубежных странах изучены недостаточно: отдельные работы рассматривают эту тему с технологической и технической точек зрения. Между тем, существенным результатом проведенного нами исследования стало то, что авторы пришли к выводу о том, что правовые аспекты темы статьи практически не изучены ни в зарубежной, ни в международной-правовой, ни в казахстанской юридической науке.

3. Следующим результатом исследования стала очевидность упущений в казахстанском законодательстве. Предложенные авторами юридическое видение развития цифровизированного сельскохозяйственного машиностроения и возможные пути его правового регулирования стали одним из логических результатов всей исследовательской работы коллектива авторов в этом направлении. В этой связи в статье предложены и обоснованы новые казахстанские законы по ряду аспектов цифровизации агротехнического машиностроения в Казахстане.

4. В универсальном международном праве нет конвенций, соглашений на тему о цифровизации сельскохозяйственного машиностроения. На этом основании еще одним результатом исследования стало предложение и обоснование в научной статье ряда универсальных международно-правовых документов о сотрудничестве государств по вопросам конструирования роботов, технологий искусственного интеллекта (ИИ).

Необходимо перейти к вопросам юридического обеспечения поворота предприятия

сельскохозяйственного машиностроения в Казахстане к цифровизации производства на основе продвинутого зарубежного опыта. Правовой основой промышленной сборки сельскохозяйственной техники и ее компонентов является статья 244-1 «Соглашение о промышленной сборке» Предпринимательского кодекса Республики Казахстан от 29 октября 2015 г. (29), статья 64 Закона Республики Казахстан от 27 декабря 2021 г. «О промышленной политике» (25), в которых определены цели стимулирования развития производства агротехники, особенности локации, уполномоченный орган в области государственной поддержки индустриальной деятельности, а также необходимость заключения между данным государственным органом и агромашиностроительным предприятием гражданско-правового договора — соглашения о промышленной сборке и его компонентов.

Сегодня добротные показатели в производстве и эксплуатации сельскохозяйственной техники имеют Россия, США, Германия, Франция, Великобритания. Этому содействуют Федеральный закон России от 14 июля 1997 г. № 100-ФЗ «О государственном регулировании агропромышленного производства», Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31 декабря 2014 г., Закон США о сельском хозяйстве от 31 октября 1949 г. (Agricultural Act of 1949), Закон США «О продвижении и передаче национальных технологий» (National Technology Transfer and Advancement Act, 15 U.S.C. § 3701, 1996), Сельскохозяйственный кодекс Франции от 1 декабря 1979 г., Закон Великобритании о компаниях от 8 ноября 2006 г. Регуляторная база западных стран в отношении экспериментальных технологий в сфере машиностроения находится преимущественно на уровне подзаконных нормативных актов. Аналогичные законы и подзаконные нормативные акты мы должны принимать на казахстанском правовом поле.

Исходя из необходимости изучения вопроса о внедрении цифровизации, интеллектуализации сельскохозяйственного машиностроения в Казахстане, приведем факты сотрудничества «АгромашХолдингKZ» и «Костанайского тракторного завода» по промышленной сборке тракторов с российским специализированным предприятием «Петербургский тракторный завод», по промышленной сборке предприятием «Kazrost Engineering Ltd» комбайнов с Ростсельмашем. В значительной мере благодаря помощи России ежегодно предприятия сельскохозяйственного машиностроения Казахстана производят примерно по 6 тыс. единиц сельскохозяйственной техники, включая комбайны и тракторы.

На заводе сельскохозяйственного машиностроения, с помощью руководителя и его отдела по цифровой трансформации, целесообразно сформулировать концепцию (стратегию) и на ее основе разработать детализированный план по цифровизации всех цехов, участков, производственных, подсобных, складских и иных помещений, в целом всей территории предприятия [8]. Завод должен быстро реагировать на все изменения цифрового и правового характера, адаптируя цифровые технологии к конкретным техническим и нормативным изменениям и потребностям в процессе объединенной работы



станков с числовым управлением, оборудования, роботов, конвейера внутри цеха и между цехами. Будучи интегрированной в общую корпоративную стратегию предприятия, цифровая стратегия должна стать уникальной для каждого предприятия, каждого завода с учетом ее особенностей. Оцифрование и право взаимно оказывают влияние друг на друга. Не исключено, что под влиянием цифровых технологий, как считают академик Т.Я. Хабриева, профессор Ю.А. Тихомиров [9, 10], может возникнуть новая правовая система, в которой свою нишу наверняка займет совокупность правовых норм в виде цифрового права аграрного технического машиностроения.

Одной из первых форм внедрения цифровизации в деятельность того или иного агромашиностроительного завода Республики Казахстан стало внедрение электронного документооборота, что привело к массовому, постепенному вытеснению документов бумажного формата. Стало ясно, что именно бумажный документооборот стал трудоемким процессом, а электронная система уже явно улучшает, ускоряет процесс доставки и получения любых документов, а также укрепляет исполнительскую дисциплину по срокам.

Процесс цифровизации предприятий сельскохозяйственного машиностроения республики предполагает внедрение промышленного Интернета вещей (Industrial Internet of things). Интернет вещей на этом производстве полезен потому что завод, опираясь на данные, полученные с помощью Интернета вещей, может реально принимать нужные стратегические решения. Вместе с тем Интернет вещей сам нуждается в помощи в процессе его внедрения в производственные процессы завода агротехнического машиностроения. Этот основной сегмент цифровизации нуждается в промышленных стандартах, которые необходимо адаптировать к производству тракторов, комбайнов [11] и разнообразного сельскохозяйственного оборудования, которых у нас должно быть несколько сотен. Этот сегмент в ходе производственного процесса необходимо грамотно юридически урегулировать. Говоря другими словами, для обеспечения внедрения цифровизации нам нужно принять следующие новые казахстанские законы: «О внедрении цифровизации в сферу сельскохозяйственного машиностроения», «О порядке и особенностях внедрения цифровых инструментов в деятельность промышленных предприятий», в том числе агромашиностроительных заводов республики, «О подготовке специализированных IT-кадров, о повышении их квалификации для сферы машиностроения», в том числе сельскохозяйственного машиностроения.

С помощью промышленного Интернета вещей следует модернизировать системы видеонаблюдения за процессом технологичности в цехах завода, в целях контроля и обеспечения правильности действий персонала на производстве, за процессом въезда-выезда транспорта при приложении или предъявлении необходимых документов, недопущения в запретные зоны лиц, не имеющих на то полномочий. Посредством видеокамер обнаруживать задымление, возгорание на том или ином участке завода на начальной стадии с тем, чтобы своевременно принимать меры по купированию критического или аварийного события.

Интернету вещей под силу внедрить систему автоматизированного сбора данных с нескольких тысяч приборов учета электроэнергии, с датчиков водоснабжения, а также систему экологического мониторинга комплекса постов качества воздуха в цехах завода с тем, чтобы не допускать превышения уровня вредных веществ в производственных помещениях завода. При обнаружении критической ситуации должна незамедлительно быть запущена автоматизированная система управления и включения вентиляторных установок. Юристы завода обязаны вместе с IT-специалистами претворять в жизнь все необходимые нормы экологического законодательства республики. В целом мониторинги всех производственных и смежных показателей можно осуществлять цифровыми методами дистанционно в режиме реального времени.

Руководство завода должно быть озабочено не только соблюдением правил техники безопасности для рабочих своего предприятия, но и соблюдением принципов Международной организации по стандартизации (ISO 18497) для обеспечения безопасного взаимодействия автоматизированной сельскохозяйственной машины (робота) и человека-фермера. Чтобы добиться такой безопасности, инженеры и инспекторы по труду завода должны неоднократно тестировать эти машины на заводских испытательных полигонах и в полевых земледельческих условиях [12]. Последнее обстоятельство очень важно, поскольку завод и фермер не достигли пока еще ни надлежащего взаимодействия, ни взаимопонимания.

Каждому рабочему, сотруднику завода по производству сельскохозяйственного оборудования, к примеру, разрабатывают, пополняют необходимой, полезной текущей информацией его индивидуальное цифровое рабочее место. Иначе говоря, цифровое рабочее место работника данного завода становится местом оцифрованного применения статей Трудового кодекса Республики Казахстан от 23 ноября 2015 г., иных нормативных правовых актов трудового законодательства страны в отношении каждого сотрудника завода.

Цифровизацию необходимо распространить на каждодневные действия работника агромашиностроительного завода. Ему необходимо выдать утвержденную на предприятии единую пластиковую смарт-карту с смонтированным микрочипом. Это позволит ему проходить на завод для работы: на проходной он будет автоматически идентифицирован, где зафиксируют момент его прохождения, и машина даст ему разрешение на вход. С ее же помощью работник входит в свой личный электронный кабинет.

Производственные процессы в цехах и участках завода также будут оцифрованы. Это должно найти свое выражение в электронно-автоматизированном оформлении нарядов-заданий и допусков. Нужно будет также упрощенно обеспечить доступ к единой базе данных всех необходимых документов цеха или предприятия в целом, предоставлять в автоматическом режиме необходимые аналитические материалы, сводить к минимуму риски при необходимости допуска сотрудника к работам, отнесенным к категории повышенной опасности, оперативно предоставлять доступ к необходимой информации по текущим

и завершенным работам в целях содействия более четкому выполнению предписанного ему наряд-задания. Повседневное практическое применение Закона Республики Казахстан от 7 января 2003 г. «Об электронном документе и электронной цифровой подписи» должно стать составной частью общей цифровизации завода. Сельскохозяйственную технику, в том числе плуги, культиваторы, сеялки, комбайны, необходимо с помощью цифровых технологий выпускать на высоком уровне качества, которые могли бы обеспечить должную эффективность производства зерна (пшеницы, риса, кукурузы) на фермерских хозяйствах.

Теперь есть смысл перейти к исследованию правовых вопросов крутого поворота предприятий сельскохозяйственного машиностроения Казахстана к интеллектуализации производства на основе использования наилучшего зарубежного опыта. Цифровые и ИИ-технологии создают интеллектуальное, «умное» предприятие. Следующие цифровые технологии могут быть задействованы в производственной деятельности, к примеру, «Казахстанской агро-инновационной корпорации» по выпуску оборудования для села: Большие данные (Big data), искусственный интеллект, технологии дополненной и виртуальной реальности, запрограммированные промышленные роботы, сенсорика, технологии сверхскоростной беспроводной связи. Западные «умные» промышленные заводы, в том числе предприятия сельскохозяйственного машиностроения («John Deere» (США), «CLAAS» (Германия), например), содержат в себе оцифрованные аддитивные и лазерные технологии, передающие специализированную информацию датчики и сенсоры.

В будущем бессерверные цифровые вычисления могут применять в промышленности, на машиностроительных предприятиях. Эти цифровые инструменты могут взять на вооружение все аграрно-машиностроительные заводы Республики Казахстан. На заводах страны есть смысл разработать и утвердить на уровне руководства завода и министерства индустрии Положение об «умном» заводе, где можно будет детально сформулировать цифровые права и обязанности директора завода, его заместителей, каждого руководителя отдела, инженерно-технического работника, юриста, бухгалтера, других офисных работников, мастера, рядовых работников, а также общие производственные правила, правила техники безопасности на рабочих местах, на участках работ повышенной опасности, виды ответственности за свои действия и за запрограммированные действия закрепленных за мастерами роботов. Каждый сотрудник, рабочий завода, согласно Положению в обязательном порядке, должен сдать экзамен на четкое знание общей и профессиональной цифровой компетенции. Благодаря наличию и функционированию всей совокупности цифровых и интеллектуализированных технологий специалисты и рабочие заводов агротехнического машиностроения республики получают мощные инструменты по совершенствованию станков, оборудованию завода, по техническому улучшению всех производимых ими механизмов комбайнов, тракторов: традиционных двигателей, электродвигателей, ходовой части, электротехнического оборудования, валов отбора мощности



для приведения в движение навесного оборудования по выполнению сельскохозяйственных работ [13].

Суть технологии цифровой виртуальной (Virtual Reality) и дополненной (Augmented Reality) реальности состоит в следующем. Если на своем заводе плугов и культиваторов не удалось устранить неисправность суппорта, к примеру, товарного станка, руководство агромашиностроительного предприятия может обратиться к инженерам станкостроительного предприятия с просьбой о содействии. С помощью специальных очков с учетом особенностей этой поломки инженер станкостроительного предприятия составляет детализированную инструкцию по устранению причины неисправности. Техник завода, следуя пунктам инструкции шаг за шагом, эту поломку устраняет. И все это происходит, несмотря на приличное расстояние между предприятием и заводом. Цифровые инструменты способствуют отслеживанию годности детали, компонента с учетом истечения технических сроков их функционирования [14]. Такие цифровые средства с помощью технологии распознавания изображений обеспечивают четкий контроль качества станка, а также производимого заводом сельскохозяйственного оборудования, обнаруживая дефекты на поверхности изделия, содействуя тем самым их устранению [15].

Возникнет ли ситуация, когда внедренные промышленные роботы для участия в работе завода по производству тракторов, скажем, «Петропавловского тракторного завода», по истечении времени могут вытеснить квалифицированных, и особенно некавалифицированных, работников данного завода? Автоматически вряд ли получится, так как внедрение интеллектуальных промышленных роботов, роботизированных устройств возможно только в тех промышленно-агротехнических заводах, где практически нет живого персонала работников. Это связано с наличием требований в нормативных актах (приказах) соответствующих министерств республики, в частности, в Инструкции по организации и осуществлению производственного контроля на опасном производственном объекте от 24 июня 2021 г., которая регламентирует отношения только живого персонала работников и не содержит в себе даже намека о внедрении робота в промышленное, машиностроительное производство. Отсюда следует, что режим работы роботов, их особенности необходимо четко урегулировать отдельным актом казахстанского законодательства.

На агромашиностроительных заводах республики частью производственного процесса могут стать коллаборативные роботы (работающие рядом с людьми, их сокращенно называют роботами). Как нам думается, есть смысл в Казахстане развивать направления робототехники, которыми могут быть оснащены заводы агротехнического машиностроения. Поэтому авторы вносят предложение, чтобы казахстанский законодатель принял отдельный, развернутый новый закон «О мерах по становлению и развитию промышленной робототехники», в котором можно предусмотреть ряд статей или отдельный раздел, посвященный вопросам программирования систем управления автономными аграрно-промышленными и иными роботами [16].

Во исполнение этого закона можно принять технический инструктивный документ, в котором можно предусмотреть нормы не только об особенностях работы роботов, но и о возможностях с их помощью, а также посредством цифровых средств, технологий искусственного интеллекта в цехах заводов республики устанавливать бортовые счетчики-индикаторы, которые обеспечивали бы мониторинг технического состояния каждой сельскохозяйственной машины, каждого комбайна, трактора [17].

Преимущества и выгоды от цифровых технологий в машиностроении состоят в том, что:

- они способствуют внедрению автоматизации производственных процессов;
- они совершенствуют управление процессами деятельности всего агромашиностроительного предприятия;
- они усиливают эффективность заводского производства и повышают его производительность;
- они в виде дополненной реальности и 3D-технологий оказывают существенное содействие изготовлению весьма сложных машиностроительных механизмов и деталей на уровне проектирования и производства;
- они содействуют производству компонентов, деталей и осуществлению промышленной сборки сельскохозяйственных машин в большом количестве и в короткие сроки;
- они обеспечивают высокое качество производимых на заводе машинокомплектов агротехнических машин;
- они способствуют выполнению заказов, скажем, на производство мини-комбайна, на индивидуальной основе;
- функционирование роботов на основе цифровых технологий и искусственного интеллекта позволяет обеспечивать практически безостановочное выполнение рутинных, а также опасных для здоровья человека производственных работ: сварки, покраски, штамповки кабин и в целом трактора, комбайна, различных видов агротехнического оборудования.

Кроме того, было бы целесообразно использовать весь потенциал двусторонних и региональных международных соглашений Республики Казахстан о научно-техническом сотрудничестве с другими государствами (с Россией, Китаем, Японией, Южной Кореей, Сингапуром). При подготовке текстов таких межгосударственных договорно-правовых актов Казахстан мог бы инициировать внесение норм о сотрудничестве по программированию, конструированию индустриальных и иных роботов, по созданию роботизированных беспилотных сельскохозяйственных машин с последующей их имплементацией с помощью внутренних национальных правовых норм. При этом надо не просто разработать отдельные «законодательные акты в области робототехники», но и принять «отечественную программу по ее техническому развитию» и четкому правовому оформлению процессов роботостроения [18].

Искусственный интеллект в деятельности Павлодарского завода «Темирмаш» по производству навесного сельскохозяйственного оборудования, например, может проявиться в виде виртуального робота-консультанта, которому окажется под силу консультировать молодых

работников по повторяющимся организационно-производственным темам, формулировать и запрашивать для цеха необходимую техническую и иную информацию, предоставлять работникам того или иного участка, цеха завода нужные нормативно-правовые акты и детально регламентирующие инструктивные документы, стандарты, оказывать содействие в работе с программными продуктами завода, способствовать руководству завода и его подразделений в решении и доведении до сведения коллектива завода соответствующих заданий руководства, вести деловую беседу с покупателями, клиентами, заинтересованными лицами по теме о деятельности завода и о выпускаемой им продукции.

Уже в ближней перспективе цифровизированные, интеллектуализированные заводы сельскохозяйственного машиностроения республики должны запланировать и выпускать в огромном количестве беспилотные электрокомбайны, электротракторы [19], роботизированное агротехническое оборудование по высеиванию семян разных культур, по прополке сорных растений, по поливу, по уборке винограда, свеклы, картофеля, клубники, по выкашиванию травы для заготовки сена [20]. Заводы агротехнического машиностроения могут и должны проектировать и выпускать специальные беспилотные дроны для удовлетворения нужд сельского хозяйства: изучение плодородия земли, полив тех или иных культур, определение площадей неиспользуемых земель, распыливание химикатов для защиты растений [21].

Выводы. В этой научной статье авторы показывают, как технологически происходит процесс внедрения цифровых технологий в цехах и помещениях завода, демонстрируют преимущества и выгоды от внедрения цифровизации и интеллектуализации производства на заводах сельскохозяйственного машиностроения республики. Кроме того, авторы предлагают совершенствовать действующие казахстанские законы, а также вносят предложения и анализируют новые казахстанские законы, нормативные правовые акты, новые международные конвенции по обеспечению коренного поворота к цифровизации предприятий сельскохозяйственного машиностроения в Казахстане на основе зарубежного и международного профессионального опыта. В статье приводится перечень целого ряда предлагаемых наименований новых казахстанских законов, новых конвенций по вопросам цифровизации, интеллектуализации сельскохозяйственного машиностроения, в отношении которых проведено обоснованное аналитическое исследование.

Высокой оценкой произведенных товаров, машин сельскохозяйственного производства является их быстрый сбыт внутри страны и экспорт за ее пределами. Поэтому очень важно, чтобы заводы сельскохозяйственного машиностроения Республики Казахстан посредством цифровизации, интеллектуализации, автоматизации эффективного производства, своевременного принятия выверенных, правильных управленческих решений каждый год добивались того, чтобы производимые ими колесные и гусеничные тракторы, зерноуборочные и кормоуборочные комбайны, все разнообразные виды навесного и прицепного оборудования



выпускались надежными, качественными, комфортными, эстетичными и в силу этого становились более конкурентоспособными на отечественном и мировом рынках.

Список источников

1. Aliabadi, V., Ataei, P., Gholamrezai, S. (2023). Sustainability of Small-Scale Knowledge-Intensive Enterprises in the Agricultural Sector: a Focus on Sustainable Innovators. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-22. doi: 10.1007/s13132-023-01374-x
2. Ожерельев В.Н., Орехова Г.В. Сельскохозяйственные машины. В 2 частях. Ч. 2. Уборочные машины. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. 93 с.
3. Галкин В.Д., Хандриков В.А., Федосеев А.Ф., Кустов А.С., Шихова Д.А. Исследование процесса разделения семян на пневмосортировальном столе с усовершенствованным рабочим процессом // Пермский аграрный вестник. 2023. № 1 (41). С. 3-12.
4. Катаев Ю.В., Гончарова Ю.А., Свиридов А.С., Тузилин С.П. Применение технологий 3d-печати и 3d-сканирования при изготовлении и ремонте сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2023. № 1 (307). С. 34-38. doi: 10.33267/2072-9642-2023-1-34
5. Badgujar, Ch., Das, S., Figueroa, D., Flippo, D. (2023). Application of Computational Intelligence Methods in Agricultural Soil-Machine Interaction: A Review. 13.357.41 p. doi: 10.3390/agriculture13020357
6. Holtorf, L., Titov, I., Daschner, F., Gerken, M. (2023). UAV-Based Wireless Data Collection from Underground Sensor Nodes for Precision Agriculture. *AgriEngineering*, no. 5 (1), pp. 338-354.
7. Рыскельды О., Шеломенцева В., Миркович М., Нургалиева А. Перспективы и проблемы цифровизации сельского хозяйства // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. 2023. № 1 (401). С. 395-409.
8. Shigeyuki, H., Fujiyama, K. (2022). A Study on the Relationship between «Managerial Decision Making» and «Factors Influencing Innovation Success» in Japanese Niche Top Firms. *Salud, Ciencia y Tecnologia*, 2, 193, 6 p. doi: 10.56294/saludcyt2022193
9. Хабриева Т.Я. Право перед вызовами цифровой реальности // Журнал российского права. 2018. № 9. С. 15-16.
10. Тихомиров Ю.А. Креативные регуляторы в правовом и виртуальном пространстве // Журнал российского права. 2023. Т. 27. № 3. С. 5-16.
11. Higor, M., Catapan, M., Marques, A. (2023). Analysis of Implementation of an AGV (Autonomous Guided Vehicles) in Agribusiness Company. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 17, e03197. doi: 10.24857/rgsa.v17n1-030
12. Aby, G.R., Issa, S.F. (2023). Safety of Automated Agricultural Machineries: A Systematic Literature Review. *Safety*, 9, 13, 22 p. doi: 10.3390/safety9010013
13. Regler, F., Hausmann, F., Krüger, M., Bernhardt, H. (2023). Potential and Improvement of Maintenance Efficiency of Agricultural PTO Shafts by a New Digital Maintenance Assistant. *Agriculture*, 13, 227, 18 p. doi: 10.3390/agriculture13020227
14. Mathematical Model for Determining the Time of Preventive Replacements in the Agricultural Machinery Service System with Minimal Repair. *Applied Sciences*, 13, 640. doi: 10.3390/app13010640

Информация об авторах:

Сарсембаев Марат Алдангорович, доктор юридических наук, профессор, главный научный сотрудник, профессор кафедры международного права, специалист по цифровому, технологическому праву в сфере сельскохозяйственного машиностроения, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8483-4234>, Scopus ID: 57210853884, Researcher ID: HKM-6989-2023, daneker@mail.ru

Зейнулла Жасулан Серикович, магистр технических наук, научный сотрудник, докторант, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5339-3165>, Scopus ID: 57225101663, Researcher ID: AGW-9264-2022, zeizhaser@gmail.com

Information about the authors:

Marat A. Sarsembayev, doctor of legal sciences, professor, chief researcher, professor of the department of international law, specialist in digital, technological law in the field of agricultural engineering, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8483-4234>, Scopus ID: 57210853884, Researcher ID: HKM-6989-2023, daneker@mail.ru

Zhasulan S. Zeinulla, master of technical sciences, researcher, doctoral student, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5339-3165>, Scopus ID: 57225101663, Researcher ID: AGW-9264-2022, zeizhaser@gmail.com

15. Zhang, J., Li, D. (2023). Method of surface defect detection for agricultural machinery parts based on image recognition technology. *Research Square*, pp. 1-17. doi: 10.21203/rs.3.rs-2725077/v1

16. Ермолов И.Л., Хрипунов С.П. Возможный подход к созданию самообучающихся систем управления автономными роботами // Робототехника и техническая кибернетика. 2023. Т. 11. № 1. С. 45-50.

17. Kostomakhin, M., Kostomakhin, N., Petrishchev, N., Tseiko, L. (2023). Practical implementation of research on the introduction of on-board meters-indicators for monitoring the technical condition of tractors. *E3S Web of Conferences*, 376, 8 p. doi: 10.1051/e3sconf/202337601072

18. Vahdanjoo, M., Gislum, R., Sørensen, C. (2023). Operational, Economic, and Environmental Assessment of an Agricultural Robot in Seeding and Weeding Operations. *AgriEngineering*, 5, 299-324. doi: 10.3390/agriengineering5010020

19. Liang, Ch., Pan, K., Zhao, M., Lu, M. (2023). Multi-Node Path Planning of Electric Tractor Based on Improved Whale Optimization Algorithm and Ant Colony Algorithm. *Agriculture*, 13, 586. doi: 10.3390/agriculture13030586

20. Agriculture 4.0. Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2020. pp. 23-24, 40 p.

21. Qin, W., Chen, P. (2023). Current Research on Deposition and Drift of Droplets Sprayed by Plant Protection UAV. doi: 10.21203/rs.3.rs-2607730/v1

References

1. Aliabadi, V., Ataei, P., Gholamrezai, S. (2023). Sustainability of Small-Scale Knowledge-Intensive Enterprises in the Agricultural Sector: a Focus on Sustainable Innovators. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-22. doi: 10.1007/s13132-023-01374-x
2. Ozherel'ev, V.N., Orekhova, G.V. (2022). *Sel'skokhozyaistvennyye mashiny. V 2 chastyakh. Ch. 2. Uborochnyye mashiny* [Agricultural machines. In 2 parts. Part 2. Harvesting machines]. Moscow, Ay Pi Ar Media, 93 p.
3. Galkin, V.D., Khandrikov, V.A., Fedoseev, A.F., Kustov, A.S., Shikhova, D.A. (2023). Issledovanie protsesssa razdeleniya semyan na pnevmosortiroval'nom stole s usovershenstvovannym rabochim protsessom [Study of the seed separation process on a pneumosorting table with an improved workflow]. *Permskii agrarnyi vestnik* [Perm agrarian journal], no. 1 (41), pp. 3-12.
4. Катаев Ю.В., Гончарова Ю.А., Свиридов А.С., Тузилин С.П. (2023). Primenenie tekhnologii 3d-pechati i 3d-skanirovaniya pri izgotovlenii i remonte sel'skokhozyaistvennoi tekhniki [Application of 3d-printing and 3d-scanning technologies in the manufacture and repair of agricultural machinery]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* [Machinery and equipment for rural area], no. 1 (307), pp. 34-38. doi: 10.33267/2072-9642-2023-1-34
5. Badgujar, Ch., Das, S., Figueroa, D., Flippo, D. (2023). Application of Computational Intelligence Methods in Agricultural Soil-Machine Interaction: A Review. 13.357.41 p. doi: 10.3390/agriculture13020357
6. Holtorf, L., Titov, I., Daschner, F., Gerken, M. (2023). UAV-Based Wireless Data Collection from Underground Sensor Nodes for Precision Agriculture. *Agroengineering*, no. 5 (1), pp. 338-354.
7. Рыскельды О., Шеломенцева В., Миркович М., Нургалиева А. Перспективы и проблемы цифровизации сельского хозяйства // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. 2023. № 1 (401). С. 395-409.
8. Shigeyuki, H., Fujiyama, K. (2022). A Study on the Relationship between «Managerial Decision Making» and «Factors Influencing Innovation Success» in Japanese Niche Top Firms. *Salud, Ciencia y Tecnologia*, 2, 193, 6 p. doi: 10.56294/saludcyt2022193
9. Хабриева Т.Я. Право перед вызовами цифровой реальности // Журнал российского права. 2018. № 9. С. 15-16.
10. Тихомиров Ю.А. Креативные регуляторы в правовом и виртуальном пространстве // Журнал российского права. 2023. Т. 27. № 3. С. 5-16.
11. Higor, M., Catapan, M., Marques, A. (2023). Analysis of Implementation of an AGV (Autonomous Guided Vehicles) in Agribusiness Company. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 17, e03197. doi: 10.24857/rgsa.v17n1-030
12. Aby, G.R., Issa, S.F. (2023). Safety of Automated Agricultural Machineries: A Systematic Literature Review. *Safety*, 9, 13, 22 p. doi: 10.3390/safety9010013
13. Regler, F., Hausmann, F., Krüger, M., Bernhardt, H. (2023). Potential and Improvement of Maintenance Efficiency of Agricultural PTO Shafts by a New Digital Maintenance Assistant. *Agriculture*, 13, 227, 18 p. doi: 10.3390/agriculture13020227
14. Mathematical Model for Determining the Time of Preventive Replacements in the Agricultural Machinery Service System with Minimal Repair. *Applied Sciences*, 13, 640. doi: 10.3390/app13010640

7. Ryskel'dy, O., Shelomentseva, V., Mirkovich, M., Nurgaliev, A. (2023). Perspektivy i problemy tsifrovizatsii sel'skogo khozyaistva [Prospects and problems of digitalization of agriculture]. *Vestnik Natsional'noi akademii nauk Respubliki Kazakhstan* [Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan], no. 1 (401), pp. 395-409.

8. Shigeyuki, H., Fujiyama, K. (2022). A Study on the Relationship between «Managerial Decision Making» and «Factors Influencing Innovation Success» in Japanese Niche Top Firms. *Salud, Ciencia y Tecnologia*, 2, 193, 6 p. doi: 10.56294/saludcyt2022193

9. Khabrieva, T.Ya. (2018). Pravo pered vyzovami tsifrovoy real'nosti [Law before the challenges of digital reality]. *Zhurnal rossiiskogo prava* [Journal of Russian law], no. 9, pp. 15-16.

10. Tikhomirov, Yu.A. (2023). Kreativnyye regulatory v pravovom i virtual'nom prostranstve [Creative regulators in legal and virtual space]. *Zhurnal rossiiskogo prava* [Journal of Russian law], vol. 27, no. 3, pp. 5-16.

11. Higor, M., Catapan, M., Marques, A. (2023). Analysis of Implementation of an AGV (Autonomous Guided Vehicles) in Agribusiness Company. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 17, e03197. doi: 10.24857/rgsa.v17n1-030

12. Aby, G.R., Issa, S.F. (2023). Safety of Automated Agricultural Machineries: A Systematic Literature Review. *Safety*, 9, 13, 22 p. doi: 10.3390/safety9010013

13. Regler, F., Hausmann, F., Krüger, M., Bernhardt, H. (2023). Potential and Improvement of Maintenance Efficiency of Agricultural PTO Shafts by a New Digital Maintenance Assistant. *Agriculture*, 13, 227, 18 p. doi: 10.3390/agriculture13020227

14. Mathematical Model for Determining the Time of Preventive Replacements in the Agricultural Machinery Service System with Minimal Repair. *Applied Sciences*, 13, 640. doi: 10.3390/app13010640

15. Zhang, J., Li, D. (2023). Method of surface defect detection for agricultural machinery parts based on image recognition technology. *Research Square*, pp. 1-17. doi: 10.21203/rs.3.rs-2725077/v1

16. Ermolov, I.L., Khripunov, S.P. (2023). Vozmozhnyi podkhod k sozdaniyu samoobuchayushchikhsya sistem upravleniya avtonomnymi robotami [A possible approach to the creation of self-learning control systems for autonomous robots]. *Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika* [Robotics and technical cybernetics], vol. 11, no. 1, pp. 45-50.

17. Kostomakhin, M., Kostomakhin, N., Petrishchev, N., Tseiko, L. (2023). Practical implementation of research on the introduction of on-board meters-indicators for monitoring the technical condition of tractors. *E3S Web of Conferences*, 376, 8 p. doi: 10.1051/e3sconf/202337601072

18. Vahdanjoo, M., Gislum, R., Sørensen, C. (2023). Operational, Economic, and Environmental Assessment of an Agricultural Robot in Seeding and Weeding Operations. *AgriEngineering*, 5, 299-324. doi: 10.3390/agriengineering5010020

19. Liang, Ch., Pan, K., Zhao, M., Lu, M. (2023). Multi-Node Path Planning of Electric Tractor Based on Improved Whale Optimization Algorithm and Ant Colony Algorithm. *Agriculture*, 13, 586. doi: 10.3390/agriculture13030586

20. Agriculture 4.0. Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2020. pp. 23-24, 40 p.

21. Qin, W., Chen, P. (2023). Current Research on Deposition and Drift of Droplets Sprayed by Plant Protection UAV. doi: 10.21203/rs.3.rs-2607730/v1





Научная статья

УДК 631.95+51.7

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_536

ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НЕФТЕПРОДУКТАМИ И ОПТИМАЛЬНОЕ ПРИНЯТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

С.Е. Германова, В.Г. Плющиков, Н.Б. Самброс, Н.В. Петухов

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Аннотация. В данной статье исследуется актуальная проблема загрязнения сельскохозяйственных земель продуктами нефтедобычи и нефтепереработки в контексте оптимизации экологических решений нефтедобычи и переработки нефти. Целью работы является системный анализ и систематизация аспектов проблемы с точки зрения развития нефтяного бережливого производства. Также разработана и исследована модель оптимального управления загрязнением почвы вблизи места нефтедобычи или нефтепереработки. Используются гипотезы, допускающие наличие «белого» шума, различных степеней рисков, допустимость загрязнения в условиях, не противоречащих ГОСТР 57447-2017 и отраслевым нормативам, системному принципу самоочищения экологической среды. Основные применяемые в работе методы — системный анализ и синтез, моделирование и прогнозирование, учет синергетических связей, методы принятия решений и др. Проведены эксперименты по исследованию загрязненности мазутом почвы с выращиваемой на ней пшеницей (после процесса самоочищения). Исследованы критерии, задачи и решения бережливого нефтяного производства, сформулированы принципы бережливого экологического нефтяного производства. К ним относим принципы системности, открытости, фундаментальности, непрерывности, вариативности, сотрудничества, самоорганизации, холизма, энтропии, ассоциативности и др. Предложена математическая модель оптимального управления загрязнением почвы вблизи места добычи (переработки) нефти. Также предложена процедура идентификации параметров модели, знание которых поможет прогнозировать состояние экосистемы, траектории и бифуркации загрязнения почвы. Процедура (алгоритм) базируется на производственной функции типа Вельфенса-Джесински и методе наименьших квадратов. Результаты статьи используются для принятия решений по оценке загрязнения земель. По этим результатам можно вести ситуационное практическое моделирование с различными исходными сценариями.

Ключевые слова: нефть, экологические проблемы, моделирование, оптимальное решение, производство

Благодарности: публикация выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН.

Original article

THE PROBLEM OF AGRICULTURAL LAND POLLUTION WITH PETROLEUM PRODUCTS AND OPTIMAL ENVIRONMENTAL DECISION-MAKING

S.E. Germanova, V.G. Pliushchikov, N.B. Sambros, N.V. Petukhov

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Abstract. This article examines the current problem of pollution of agricultural land with oil production and refining products in the context of optimizing environmental solutions for oil production and refining. The purpose of the work is a systematic analysis and systematization of aspects of the problem from the point of view of the development of oil lean production. A model of optimal soil pollution management near the oil production or refining site has also been developed and investigated. Hypotheses allowing the presence of “white” noise, different degrees of risks, admissibility of pollution in conditions that do not contradict GOSTR 57447-2017 and industry standards and the system principle of environmental environment self-cleaning were used. The main methods used in the work are system analysis and synthesis, modeling and forecasting, taking into account synergies, decision-making methods, etc. Experiments were carried out to study soil pollution with fuel oil when growing wheat. The criteria, goals and solutions were investigated and the principles of lean production in the oil industry were formulated. These include the principles of consistency, openness, fundamentality, continuity, variability, cooperation, self-organization, holism, entropy, associativity, etc. A mathematical model of optimal control of soil pollution near the place of oil production (processing) is proposed. The procedure for identifying model parameters is also proposed, the knowledge of which will help predict the state of the ecosystem, trajectory and bifurcation of soil pollution. The procedure (algorithm) is based on the Welfens-Jesinsky production function and the least squares method. The results of the article are used to make decisions on assessing land pollution. Based on these results, you can conduct situational practical modeling with different initial scenarios.

Keywords: oil, environmental problems, modeling, optimal solution, production

Acknowledgments: the publication was carried out with the support of the Strategic Academic Leadership Program of the RUDN.

Введение. Основная причина снижения площади и качества сельскохозяйственных угодий — их деградация. Особенно, если она является структурной деградацией, вызванной нефтяным загрязнением, концентрацией продуктов нефтяного производства, хозяйствования. Разработка и переработка нефти оказывает отрицательное влияние на экосреду.

Технологическую проблему загрязнения земель нельзя рассматривать в отрыве от проблемы

организационной — проблемы оптимального принятия производственно-потребительских и логистических решений. Она несколько остаётся в тени «модной» проблемы — перехода на возобновляемые энергоресурсы, декарбонизации и бережливого производства, хотя является системной проблемой.

Проблема загрязнения сельскохозяйственных почв нефтепродуктами актуальна и требует не только классических подходов (например,

мониторинга, биоиндикации, фиторемедиации и др.), но и разработки, использования прогнозных и ситуационных моделей, особенно, цифровых, например, использующих цифровые профили среды. В данной статье рассматривается именно такой подход, такая модель и процедура идентификации.

Теоретический обзор. Проблемой загрязнения земель, прилегающих к районам разработки, транспортировки и переработки



нефтепродуктов занимаются давно, например, в работах [1-2]. Высокая концентрация нефтяных загрязнителей в почве (например, от 5%) оказывает верифицируемое влияние на всхожесть, фотосинтетическую активность, биомассу и другие факторы роста сельскохозяйственных культур (например, [3]), а также на рост сорных растений (например, [4]) и, главное, на состояние самой почвы, возможности ее рекультивации (например, [5-6]).

Но пока по оценкам экспертов по энергоресурсам нефть будет до 2050 года «в тренде» и поэтому борьба с нефтяным загрязнением актуальна. Особенно, не только в таких нефтяных странах как России, Саудовская Аравия, Норвегия, Венесуэла, США и др., но и в потребляющих странах (Китай, Япония, Нидерланды, Корея, Германия и др.).

Развитие нефтяной отрасли является важным фактором экономической безопасности России и ему подчинено развитие нефтегазового комплекса [7]. В 2022 году нефтяная отрасль обеспечила в бюджет 25% всех сборов и 30% валютных поступлений и гарантировала экономическую безопасность России [8, 9].

Экологические риски — разнообразны и многообразны, это и риски загрязнения почвы и воды, риски рекреационные и геологические, риски роста себестоимости разработки и др. Поэтому и модели, имитационные сценарии являются также различными. Предлагаются, например, аутсорсинговые модели [10] поддержки стратегии низкоуглеродного развития [11].

Использованные гипотезы и методы.

Основные гипотезы нашего исследования:

- 1) возможен динамический хаос, вносимый случайными факторами в рамках «белого» (гауссова) шума, например, из-за химической деградации почвы;
- 2) добыча, транспортировка и переработка нефти на предприятии имеют различные экологические степени риска, влияющие на прилегающие к таким районам земли;
- 3) крупный бизнес и государство оказывают поддержку принятию решений в нефтяной отрасли, оптимальному природопользованию и его планированию;
- 4) при оценке загрязненности земель нефтепродуктами и нефтью допустимыми считаются значения по ГОСТР 57447-2017 («Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами»), например, содержание нефтепродуктов на глубине 0-20 см земли должно быть не более 193-260 мг/кг;
- 5) кадастровая стоимость загрязняемого участка земли, расчет затрат на охрану природы и рекультивацию берутся согласно отраслевым нормативам [12].

Основные методы рассмотрения проблемы загрязнения земель нефтепродуктами и принятия решений — анализ и синтез, моделирование и прогнозирование, классификация и таксономия, оценка ситуаций и принятие решений и др.

Для каждого региона следует иметь систему и методику комплексной экологической оценки состояния земель. Например, основанной на пробах почвы относительно ПДК загрязнителей [13]. Исходя из полученных в процессе оценивания результатов, устанавливается ущерб земледелию, антропогенное воздействие на землю, планируются необходимые рекультивационные мероприятия и меры по ликвидации нанесенного ущерба.

Результаты.

Экспериментальные результаты. Нефтепродукты в земле могут вызывать, например, эрозию, пучение, опустынивание, мешая восстановлению почвы. Наиболее опасны хлористая соль, сероводород, нефтяные мелкие фракции, органические хлориды, смолы и парафиновые соединения и др. Например, принимая во внимание и результаты работы [14] можно составить нижеследующую таблицу 1.

Содержание нефтепродуктов (фоновое, в среднем) в почве зависит от типа почвы и от региона, например, по Приморью — 40 мг/кг.

В таблице 2 приведено содержание мазута на близком к поверхности слое почвы (до 5 см) спустя сутки после загрязнения для различных лабораторных экспериментов.

Более длительный, годовой эксперимент показывает, что для рассматриваемого типа почвы (среднесуглинистая) варианты низкой загрязненности мазутом после процесса самоочищения приводит к снижению загрязнителя ниже предельной границы. Варианты с высоким начальным загрязнением содержание мазута характеризуются:

- 1) концентрацией мазута, превышающей допустимую границу;
- 2) снижением высоты растений (пшеницы) на 18% от эталонного варианта (без загрязнения);
- 3) снижением числа колосьев на 11% от эталонного (натурного или лабораторного) варианта;
- 4) снижением фитомассы на 30% от эталонного варианта.

В конце вегетации кислотность почвы (вытяжки) практически не изменилась, но снизилась влажность почвы (до 24%).

Мазут, продукты его трансформации оказывают весьма токсичное воздействие на рожь многолетнюю, наличие же в почве углеводородов мазута до 3 г/кг не препятствует росту сельскохозяйственных растений.

1. Экологическая устойчивость и гибкое бережливое нефтяное производство

Проблема загрязнения и его прогнозирования особенно актуальна при переходе к бережливому добывающему и перерабатывающему производству. Эффективность такого производства обеспечивается и эффективностью экологической, цифрового принятия организационного решения в условиях риск-ситуаций. Такие решения отражают негативные процессы в почве, нефтеносном слое, карты безопасности, напряженностей, например, эрозии почвы, ослаблении земной коры. Здесь без эффективного моделирования процессов нельзя обойтись.

Экологическая устойчивость является стратегическим преимуществом экономического развития страны и результатом оптимального управления экосистемой.

Бережливое производство означает наличие эволюционного потенциала, гибкости производственных процессов. Это способность быстро реагировать как на технологические инновации, так и на потребительские предпочтения, требования нефтяного рынка. Особенно в условиях неопределенностей, экономической или иной нестабильности.

Бережливое производство в нефтяной отрасли связано и с повышением мотивации и уровня участия работников. Например, новые цифровые технологии могут позволить более

Таблица 1. Диапазон факторов загрязнения нефтью в РФ (%)

Table 1. Range of oil pollution factors in the Russian Federation (%)

N	Фактор	Максимум	Минимум
1	Легкие загрязнители	18.2	11.9
2	Парафин	1.9	0.5
3	Смола	27.0	19.5
4	Сера	2.05	1.55
5	Плотность (кг/м³)	907	896

Таблица 2. Содержание мазута в слое 0-5 см

Table 2. Fuel oil content in the 0-5 cm layer

N	Начальное содержание (л/м2)	Концентрация спустя сутки (г/кг)
1	1,00	3,26 +/- 0,11
2	2,50	4,52 +/- 0,12
3	5,00	17,43 +/- 0,83
4	7,00	23,59 +/- 0,58
5	7,50	24,09 +/- 0,91

активно участвовать в процессах управления и принятия экологического решения.

Хотя это ведет к малозатратному производству, бережливое производство может привести к проблемам, в частности, к росту рисков безопасности и экологических отходов, сокращению работников. Следует внимательно использовать цифровые технологии нефтяного производства, минимизировать воздействие на экосреду. Необходимо тщательное планирование, управление и принятие иерархических решений, уменьшающих негативное воздействие на окружающую среду.

Эволюция нефтяной отрасли неразрывно связана с развитием цифровой экономики (на рис.1 приведены доли ВВП по ряду стран к 2022 году).

Проделанный нами анализ целей и задач бережливого производства в различных сферах позволяет нам выделить следующие принципы бережливого экологического нефтяного производства:

- 1) системный, универсальный подход к критериям и задачам нефтяного производства;
- 2) открытость, возможность расширения без структурной перестройки при разумной достаточности ресурсов;
- 3) фундаментальность используемых решений, методов и моделей;
- 4) равная возможность всех предприятий;
- 5) мотивированность всех участников;
- 6) непрерывность производства;
- 7) вариативность используемых подходов;
- 8) сотрудничество на всех уровнях иерархии;
- 9) самоорганизация процессов;
- 10) холизм (единство) принятия решений;
- 11) снижение энтропии (хаоса) в системе;
- 12) использование ассоциативного формирования экологических и производственных связей и др.

В цифровой нефтяной экосистеме цифровая инфраструктура, цифровые технологии способствуют повышению потенциала экосистемы, моделированию траектории поведения системы и поиску точек бифуркации системы.

Рыночная конкурентоспособность нефтяного предприятия во многом определяется её организационной культурой и цифровой, экологической инфраструктурой.



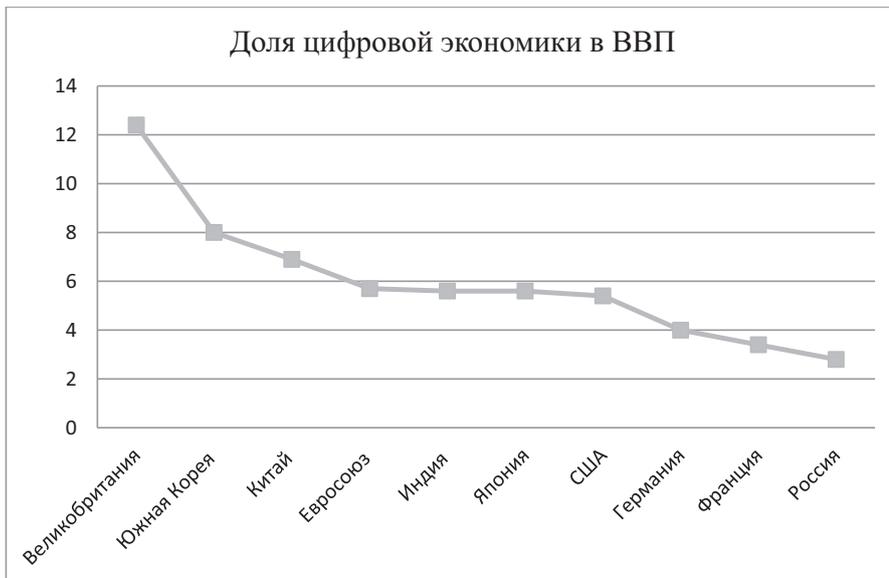


Рисунок 1. Рост доли цифровой экономики в объеме ВВП
Figure 1. The growth of the share of the digital economy in the volume of GDP

2. Моделирование оптимального управления загрязнением почвы вблизи места добычи или переработки нефти

Задачи формализации и моделирования проблем, приведенных выше, рассмотрены рядом авторов, например, [15].

Для формализации задачи рассмотрим ниже следующие проблемно-ориентированные гипотезы.

1. Система добычи, переработки и транспортировки нефти является системой динамической, детерминированной, с тремя уровнями иерархии: добычи нефти, ее переработки и управления процессами, в том числе, загрязнения.
2. Подсистема 1 (добычи) воздействует на подсистему 2 (переработки), но обратные связи игнорируются, но они, естественно, возможны.
3. Подсистема 2 воздействует на подсистему 3 (управления), но прямые воздействия подсистемы 1 на подсистему 3 игнорируются.
4. Основные качественные характеристики загрязняющих земли нефтепродуктов определяются в интегральном смысле, всеми воздействующими загрязнителями.
5. Стандарты (ПДК) заранее определены и их необходимо соблюдать; при нарушении, превышении концентрации загрязнителей в почве, их влиянии на сельскохозяйственное производство, возникают штрафные санкции на нефтяное производство.
6. Подсистема 4 непосредственно через только лишь подсистему 2 не может регулировать процессы в подсистеме 1, например, объемы

добычи и затраты на глубину пласта, а главное, для нашей модели, не сможет управлять загрязнением.

Пусть для наглядности, подсистема 3 регулирует загрязнение территории от одного предприятия типа 2. Управляющая подсистема 3 регулирует загрязнение, контролирует соблюдение экономических нормативов, взыскивает за экологический ущерб, а главное, оптимизирует взаимодействия всех подсистем (рис.2).

В качестве целевой функции оптимизации взаимодействия предложим следующую функцию:

$$J = \int_0^T (-c((1-p(t))w(t), (1-s(t))v(t)) + f(g(t))(1-p(t))w(t) + q(l(t)(1-s(t))v(t))) dt,$$

где t — момент времени ($0 \leq t \leq T < \infty$), $g(t)$ — функция размера оплаты за единицу нефтяного загрязнения от нефтедобывающего предприятия, $l(t)$ — функция оплаты за единицу загрязнения нефтеперерабатывающим предприятием, $w(t)$ и $v(t)$ — количество загрязняющих веществ при нефтедобыче и нефтепереработке, соответственно, $p(t)$ — доля нефтяных загрязнителей, удаляемых естественным путем (самоочисткой), $s(t)$ — доля нефтяных загрязнителей, удаляемых в результате очистки самим предприятием, $c(a,b)$ — функция затрат подсистемы 3 на снижение рисков и улучшение качества почвы.

Тогда можно рассмотреть следующую классическую оптимизационную задачу [16]:

$$J \rightarrow \max, \{g, l, a\}$$

где a — затраты управления (подсистемы 3) на улучшение качества земли и снижение экологических рисков.

В качестве оптимизационной задачи рассмотрим следующую задачу: максимизировать функционал:

$$J = \int_0^T (eY(\varphi) - c_1(p)w - c_2(p)v - f(g)v - f(l)(1-s)v) dt,$$

где c_1, c_2 — функции затрат предприятия на очистку единицы нефтепродуктов, φ — производственные фонды, $Y(\varphi)$ — производственная функция предприятия, $e(t)$ — прибыль предприятия при реализации единицы продукции в момент времени t .

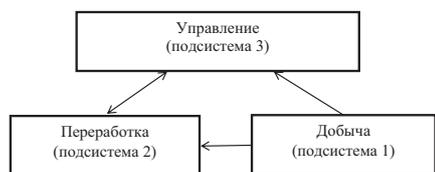


Рисунок 2. Схема иерархии подсистем в системе «добыча — переработка» нефти
Figure 2. Diagram of the hierarchy of subsystems in the oil production — processing system

В качестве производственной функции рассмотрим модель типа Вельфенса-Джесински [17] в виде:

$$Y(\varphi) = e^{at} (K(t) + H(t) + I(t))^\beta L^\beta(t).$$

Здесь I — иностранные инвестиции, L — численность занятых на производстве, K — внутренние основные фонды, H — иностранные основные фонды, a, β — идентифицируемые параметры.

Если логарифмировать последнее выражение, можно записать следующее соотношение:

$$\ln Y = at + \beta(\ln L + \ln(K + H + I))$$

Функционал метода наименьших квадратов дает нам критерий для поиска идентифицируемых параметров:

$$\sum_{t=1}^n (\ln Y(t) - \ln(y))^2 \rightarrow \min,$$

где $y(t)$ — дискретная временная функция экспериментальных значений по рассматриваемой производственной функции (величинам производственных фондов).

Если воспользоваться условиями экстремума

$$\begin{cases} \frac{\partial Y}{\partial a} = 0 \\ \frac{\partial Y}{\partial \beta} = 0 \end{cases}$$

то получим систему алгебраических уравнений метода наименьших квадратов, решая которую мы сможем вычислить (идентифицировать) необходимые параметры a, β .

Эти параметры позволят проигрывать (прогнозировать) различные экологические ситуации по загрязнению среды. Такие ситуационные сценарии позволяют выработать оптимальные (хотя бы рациональные) производственные и экологические решения.

Модель гибкая, адаптируемая для ситуационного моделирования, ведь она отражает достаточно полный и идентифицируемый набор производственных параметров.

Обсуждения и выводы. В России добывается примерно 12% нефти в мире, но северные и морские регионы добычи сопряжены с рисками загрязнения, самовосстановления почвенного покрова. Это многофакторная проблема, исследование которой не только сложное, но и сопровождаемое неопределенностями. Несоблюдение экологических нормативов для нефтяных компаний ведет к штрафам, издержкам и экологическому ущербу среде. Нефтяные компании могут иметь различные исходные состояния, поэтому следует рассматривать различные (как риск-ориентированные, так и «нормальные») ситуационные сценарии.

Особое внимание в производстве стали уделять бережливому и цифровому производству. В работе этот вопрос также акцентирован, но его следует исследовать глубже и специально, следует его рассматривать с вопросом параллельного обучения персонала и улучшения связей с государственными структурами. Отметим и необходимость итерационного (иерархического) улучшения мероприятий бережливого нефтяного производства.

Заключение. Описанные в статье результаты работы позволяют решать важные практические задачи прогнозного характера, в частности, планирования добычи и переработки, защиты сельскохозяйственных земель, снижения рисков штрафования, улучшения репутационных мероприятий.



Наш анализ может стать базой при прогнозировании экономико-экологических и производственно-технологических процессов в нефтяной отрасли. Экологические риски следует прогнозировать (моделировать), оценивать и снижать.

Важно отметить, что предложенные процедуры и модели не являющиеся «жесткими», достаточно сложными для реализации на практике. Можно разработать соответствующую программную систему для компьютерного моделирования, причем с настройкой «на лету», в режиме реальной обработки данных.

Наше исследование можно гибко адаптировать к различным методикам и технологиям решения практических задач.

Список источников

1. Зейферт Д.В., Гамерова Л.М. Характер зависимости между концентрацией нефти в почве и ее токсичностью // Экологический вестник России. 2012. № 12. С. 16-19.
2. Ульянова О.В., Нечкина М.А., Мохонько Ю.М. и др. Экологические проблемы загрязнения нефтью почв сельскохозяйственного назначения // Современные проблемы науки и образования. 2007. № 12-1. С. 192-193.
3. Alia N., Khanafera M., Al-Awadhia H., et al. (2020). Self-cleaning of very heavily oil-polluted sites proceeds even under heavy-metal stress while involved bacteria exhibit bizarre pleomorphism // Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 200. P. 1-10. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.110717
4. Киреева Н.А., Мифтахова А.М., Кузьяхметов Г.Г. Рост и развитие сорных растений в условиях техногенного загрязнения почвы // Вестник Башкирского университета. 2001. № 1. С. 32-34.
5. Жарикова Е.А. Содержание нефтепродуктов в естественных и антропогенных почвах Приморского края // Вестник Воронежского государственного университета (Серия «География. Геоэкология»). 2022. № 1. С. 83-92. DOI: 10.17308/geo.2022.1/9089
6. Троц Н.М., Горшкова О.В. Особенности сельскохозяйственной рекультивации при химической деградации черноземов в степной зоне Заволжской провинции // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4. С. 10-16.
7. Жуков И.Ф., Коровин Э.В. Современное состояние российского нефтегазового комплекса // Экономический вектор. 2020. № 1(20). С. 51-57. DOI: 10.36807/2411-7269-2020-1-20-51-57
8. Назарова Ю.А., Лышко А.А., Горюнов И.О. Современное состояние и перспективы развития нефтегазовой отрасли в контексте обеспечения экономической безопасности // Вестник РГУ («Экономика. Управление. Право»). 2022. № 3. С. 75-87. DOI: 10.28995/2073-6304-2022-3-75-87.
9. Трушина Н.Н. Оценка состояния и динамики экономической безопасности нефтегазового комплекса // Вестник Воронеж. госуниверситета (Сер. «Экономика и управление»). 2019. № 4. С. 62-67.
10. Котляров И.Д. Аутсорсинговая модель организации российской нефтегазовой отрасли: проблемы и пути

решения // Вопросы экономики. 2015. № 9. С. 45-64. DOI: 10.32609/0042-8736-2015-9-45-64

11. Порфирьев Б.Н., Широв А.А., Колпаков А.Ю. Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России // Мировая экономика и международные отношения. 2020. Т. 64. № 9. С. 15-25. DOI: 10.20542/0131-2227-2020-64-9-15-25

12. ОкOLELOVA A.A., Kaplya B.N., Lapchenkov A.G. Оценка содержания нефтепродуктов в почве // Региональные геосистемы. 2019. Т. 43. № 1. С. 76-86.

13. Подковырова М.А., Огнева Ю.Е. Анализ назначения методики комплексной оценки экологического состояния земельных ресурсов северных территорий // Московский экономический журнал. 2023. № 2. С. 84-99. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_2_84

14. Пиковский Ю.И., Исмаилов Н.М., Дорохова М.Ф. Основы нефтегазовой геоэкологии: учебник / Под ред. А.Н. Геннадиева, М.: 2019. 400 с.

15. Германова С.Е., Плющиков В.Г., Самброс Н.Б. и др. Проблема загрязнения сельскохозяйственных земель нефтепродуктами и ее моделирование // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. Т. 65. № 1(385). С. 12-15. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_1_12

16. Казиев В.М. Некоторые оптимизационные задачи управления экосистемами // Доклады АМАН. 1994. Т. 1, № 1. С. 19-22.

17. Bengoa M., Sanchez-Robles B. (2003) Foreign direct investment, economic freedom and growth: New evidence from Latin America // European J. of Political Economy. Vol. 19. No. 3. P. 529-545

References

1. Seifert D.V., Gamera L.M. (2012). *Harakter zavisimosti mezhdu koncentraciej nefiti v pochve i ee toksichnost'yu* [Nature of the relationship between the concentration of oil in the soil and its toxicity]. Ecological Bulletin of Russia, no. 12, pp.16-19.
2. Ulyanova O.U., Nchkina M.A., Mokhonko Yu.M., et al. (2007). *Ekologicheskie problemy zagryazneniya nefi'yu pochv sel'skhozajstvennogo naznacheniya* [Environmental problems of oil pollution of agricultural soils]. Modern problems of science and education, no. 12-1, pp.192-193.
3. Alia N., Khanafera M., Al-Awadhia H., et al. (2020). Self-cleaning of very heavily oil-polluted sites proceeds even under heavy-metal stress while involved bacteria exhibit bizarre pleomorphism. Ecotoxicology and Environmental Safety, vol. 200, pp.1-10. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.110717
4. Kireeva N.A., Miftakhova A.M., Kuzyakhmetov G.G. (2001). *Rost i razvitie sornykh rastenij v usloviyah tekhnogennogo zagryazneniya pochvy* [Growth and development of weeds under conditions of technogenic soil pollution]. Bulletin of Bashkir University, no. 1, pp. 32-34.
5. Zharkova E.A. (2022). *Soderzhanie nefteproduktov v estestvennykh i antropogennykh pochvah Primorskogo kraja* [Content of petroleum products in natural and anthropogenic soils of Primorsky Krai]. Bulletin of Voronezh State University (Series Geography. Geoecology), no. 1, pp. 83-92. DOI: 10.17308/geo.2022.1/9089
6. Trots N.M., Gorshkova O.V. (2021). *Osobennosti sel'skhozajstvennoj rekul'tivacii pri himicheskoy degradacii chernozemov v stepnoj zone Zavolzhskoj provincii* [Features

of agricultural reclamation during chemical degradation of chernozems in the steppe zone of the Zavolzhsky province]. Izvestia of the Samara State Agricultural Academy, no. 4, pp. 10-16.

7. Zhukov I.F., Korovin E.V. (2020). *Sovremennoe sostoyanie rossijskogo neftegazovogo kompleksa* [Current state of the Russian oil and gas complex]. Economic vector, no. 1(20), pp. 51-57. DOI: 10.36807/2411-7269-2020-1-20-51-57

8. Nazarova Yu.A., Lyshko A.A., Goryunov I.O. (2022). *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya neftegazovoj otрасli v kontekste obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti* [The current state and prospects for the development of the oil and gas industry in the context of ensuring economic security]. Bulletin of the Russian State Humanitarian University (Economics. Management. Right), no. 3, pp. 75-87. DOI: 10.28995/2073-6304-2022-3-75-87.

9. Trushina N.N. (2019). *Ocenka sostoyaniya i dinamiki ehkonomicheskoy bezopasnosti neftegazovogo kompleksa* [Assessment of the state and dynamics of economic security of the oil and gas complex]. Vestnik Voronezh University. (Economics and Governance), no. 4, pp. 62-67.

10. Kotlyarov I.D. (2015). *Autorsingovaya model' organizacii rossijskij neftegazovoj otрасli: problemy i puti resheniya* [Outsourcing model of Russian oil and gas industry organization: problems and solutions]. Economic issues, no. 9, pp. 45-64. DOI: 10.32609/0042-8736-2015-9-45-64

11. Porfiriev B.N., Shirov A.A., Kolpakov A.Yu. (2020). *Strategiya nizkouglernogo razvitiya: perspektivy dlya ekonomiki Rossii* [Low-carbon development strategy: prospects for the Russian economy]. World economy and international relations, vol. 64, no. 9, pp.15-25. DOI: 10.20542/0131-2227-2020-64-9-15-25

12. Okolelova A.A., Kaplya V.N., Lapchenkov A.G. (2019). *Ocenka sodержaniya nefteproduktov v pochve* [Assessment of the content of petroleum products in the soil]. Regional geosystems, vol. 43, no. 1, pp. 76-86.

13. Podkovyrova M.A., Ogneva Yu.E. (2023). *Analiz naznacheniya metodiki kompleksnoj ocenki ekologicheskogo sostoyaniya zemel'nykh resursov severnykh territorij* [Analysis of the purpose of the methodology for a comprehensive assessment of the ecological state of the land resources of the northern territories]. Moscow Economic Journal, no. 2. pp. 84-99. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_2_84

14. Pikovskiy Yu.I., Ismailov N.M., Dorokhova M.F. (2019). *Osnovy neftegazovoj geoeologii: uchebnik* [Fundamentals of oil and gas geoecology: textbook], ed. A.N. Gennadieva, Moscow, 400 p.

15. Germanova S.E., Plyushchikov V.G., Sambros N.B., et al. (2022). *Problema zagryazneniya sel'skhozajstvennykh zemel' nefteproduktami i ee modelirovanie* [The problem of pollution of agricultural land with petroleum products and its modeling]. International Agricultural Journal, vol. 65, no. 1(385), pp. 12-15. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_1_12

16. Kaziev V.M. (1994). *Nekotorye optimizatsionnye zadachi upravleniya ekosistemami* [Some optimization tasks of ecosystem management]. AMAN Report, vol. 1, no. 1, pp.19-22.

17. Bengoa M., Sanchez-Robles B. (2003). Foreign direct investment, economic freedom and growth: New evidence from Latin America. European J. of Political Economy, vol. 19, no. 3, pp. 529-545

Об авторах:

Германова Светлана Евгеньевна, старший преподаватель департамента Техносферной безопасности Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2601-6740>, germanova-se@rudn.ru
Плющиков Вадим Геннадьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор департамента Техносферной безопасности Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2057-4602>, plushchikov-vg@rudn.ru
Самброс Наталия Борисовна, старший преподаватель департамента Техносферной безопасности Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6704-6834>, sambros-nb@rudn.ru
Петухов Николай Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент департамента Техносферной безопасности Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1521-2797>, petukhov-nv@rudn.ru

Information about the authors:

Svetlana E. Germanova, senior lecturer of department of Technosphere Security of the Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2601-6740>, germanova-se@rudn.ru
Vadim G. Pliushchikov, doctor of agricultural science, professor, director of the department of Technosphere Security of the Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2057-4602>, plushchikov-vg@rudn.ru
Nataliya B. Sambros, senior lecturer of department of Technosphere Security of the Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6704-6834>, sambros-nb@rudn.ru
Nikolay V. Petukhov, candidate of agriculture science, associate professor of the department of Technosphere Security of the Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1521-2797>, petukhov-nv@rudn.ru



РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ

О.В. Шулепова, Н.В. Санникова, А.А. Бочарова

Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
 Тюмень, Россия

Аннотация. В статье представлены исследования по созданию и внедрению полезной модели для доочистки сточных вод очистных сооружений (поля фильтрации с обваловкой) с целью снижения содержания загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами молокоперерабатывающего предприятия. Проанализировав данные по фактическим концентрациям загрязняющих веществ на очистных сооружениях (поля фильтрации с обваловкой), скорости течения и видового состава прибрежной растительности было предложено разработать и внедрить для доочистки сточных вод биологический способ с применением высшей водной растительности. Для этого был изготовлен опытный образец полезной модели плавающего биоплата, определен размер и количество конструкций. Конструкция полезной модели для доочистки сточных вод включает два блока: конструктивный и растительный. Создание конструктивного блока включало: рамочный каркас, сетку кладочную композитную, пароизоляцию Знак Равенства, шнур полиамидный (плетеный). Растительный блок — это искусственно созданный фитоценоз, состоящий из травяно-дернового покрытия и дополнительно высаженных высших водных растений. Конструкцию модели плавающего биоплата располагали по зеркалу водоема в линию друг за другом. По мере готовности несколько биоплат соединяли вместе и транспортировали по воде в места их установки. Для условий лесостепной зоны Зауралья был подобран ассортимент аборигенных растений, разработан способ их закрепления и выращивания на водной поверхности. Рассчитана необходимая площадь покрытия водоема биоплатом для снижения в дальнейшем содержания загрязняющих веществ. Разработанная технология может быть применена в любой климатической зоне с характерным для местности ассортиментом высшей водной растительности.

Ключевые слова: экология, охрана окружающей среды, биоплат, растения, очистные сооружения (поля фильтрации с обваловкой)

Original article

DEVELOPMENT OF A UTILITY MODEL FOR WASTEWATER TREATMENT IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE TRANS-URALS

O.V. Shulepova, N.V. Sannikova, A.A. Bocharova

Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

Abstract. The article presents research on the creation and implementation of a utility model for the post-treatment of wastewater treatment plants (filtration fields with boning) in order to reduce the content of pollutants in the water coming from the wastewater of a dairy processing enterprise. After analyzing the data on the actual concentrations of pollutants at sewage treatment plants (filtration fields with boning), flow velocity and species composition of coastal vegetation, it was proposed to develop and implement a biological method for wastewater treatment using higher aquatic vegetation. For this purpose, a prototype of a utility model of a floating bioplat was made, the size and number of structures were determined. The design of the utility model for wastewater treatment includes two blocks: structural and plant. The creation of the structural block included: a frame frame, a composite masonry grid, an Equal Sign vapor barrier, a polyamide cord (braided). A plant block is an artificially created phytocenosis consisting of a grass-turf cover and additionally planted higher aquatic plants. The design of the floating bioplat model was placed along the mirror of the reservoir in a line one after the other. As soon as they were ready, several bioplatos were connected together and transported by water to their installation sites. For the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals, an assortment of native plants was selected, a method for fixing and growing them on the water surface was developed. The required coverage area of the bioplat reservoir has been calculated to reduce the content of pollutants in the future. The developed technology can be applied in any climatic zone with a range of meliorant plants characteristic of the area.

Keywords: ecology, environmental protection, bioplat, plants, sewage treatment plants (filtration fields with boning)

Введение. В связи с развитием рыночных условий требуется пересмотр существующих систем ведения сельского хозяйства и перехода к альтернативному производству, способному связать хозяйственную деятельность с биологическими законами сельскохозяйственной экосистемы [2, 3, 9, 10, 15]. На передний план выходит негативное влияние сельскохозяйственного производства на окружающую среду, одним из источников которого являются неочищенные стоки. Сточные воды несут в себе опасные химические соединения, болезнетворные микроорганизмы, биогены, входящие в состав удобрений. Полностью ликвидировать загрязнение практически невозможно, поэтому данная проблема вызывает тревогу за жизнь людей и их здоровье [4, 8, 16-19].

В исследованиях ученых Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН эффективным методом для доочистки сточных

вод от различных загрязняющих веществ после первичной очистки стоков механическими и физико-химическими методами отмечена технология плавающих биоплат. Данная технология основана на использовании природных механизмов очистки сточных вод с помощью растений-гидрофитов, произрастающих в водоеме или поблизости от него. Этот способ не оказывает негативного воздействия на окружающую среду, так как не требует дополнительных источников энергии, кроме солнечной, и внесения каких-либо химикатов [6, 11, 20].

Цель исследования: разработать полезную модель для доочистки сточных вод на очистных сооружениях (поля фильтрации с обваловкой) молокоперерабатывающего предприятия.

Материалы и методы исследований. Территория Тюменской области находится в бассейне нижнего течения рек Оби и Иртыш, в низинах

Западной Сибири. Зона принадлежит южным регионам. Рельеф области — Нижняя равнина, которая разбита небольшими падениями, занимаемыми озерами и болотами [21].

Растительный покров характеризуется лиственными лесами березы и осины с плотным покровом злаков, в котором много видов лугов-лесов. Почвы под лесами серые лесные, межлесные пространства — черные земли. В интерстициальных падениях есть торфяная почва — болотистая, травянистая, торфяная и луговая. Все почвы тяжелого и глинистого механического состава.

Сельское хозяйство расположено в умеренно увлажненной зоне, продолжительность вегетационного периода большинства культур в регионе составляет 154-165 дней. На продолжительность вегетационного периода влияет мороз, который значительно сокращает период активного роста [7].



Рисунок 1. Спутниковый снимок очистных сооружений
Figure 1. Satellite image of treatment facilities



Рисунок 2. Фото исходного состояния очистных сооружений
Figure 2. Photos of the initial state of treatment facilities

Продолжительность периода без заморозков в воздухе в агроклиматической зоне составляет 100-120 дней. Но в некоторые годы его можно уменьшить до 65-90 или увеличить до 130-155 дней. Эти резкие изменения довольно редки, а продолжительность периода без заморозков относится к местам открытого уровня.

Тепловые условия для выращивания сельскохозяйственных культур хорошие, если тепловая безопасность вегетационного периода составляет 80% или более. Агроклиматический район имеет хорошую влагообеспеченность. Осенью за счет дождей запасы влаги увеличиваются, а накопленная к весне влага иногда является основным источником водоснабжения растений.

Объектом исследования являлись очистные сооружения (поля фильтрации с обваловкой) сточных вод, расположенные на землях Ситниковского муниципального округа, вне черты населенного пункта, 540 м от кладбища по направлению на северо-восток.

Очистные сооружения (поля фильтрации с обваловкой) — это земляные емкости полностью или частично заглубленные и обвалованные, в которых постоянно или периодически содержатся промышленные сточные воды различной степени загрязненности. Очистные сооружения (поля фильтрации с обваловкой) предназначены для аккумуляции сточных вод предприятия пищевой промышленности, осуществляющего переработку молока

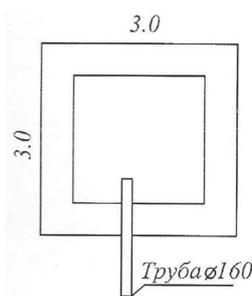


Рисунок 3. Приемник (масштаб 1:100)
Figure 3. Receiver (scale 1:100)

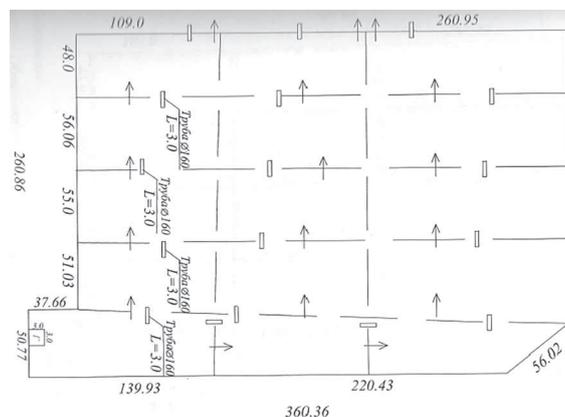


Рисунок 4. Движение сточных вод по картам (масштаб 1:2000)
Figure 4. Wastewater movement on maps (scale 1:2000)

и производства молочной продукции (рис.1, 2), размещенные на расстоянии 1,5-1,7 км от площадки производства предприятия. Поля фильтрации площадью 94458 м² (согласно Технического паспорта от 07.11.2005 г.) расположены на земельном участке.

Принцип работы очистных сооружений: сточные воды предприятия из КНС поступают через трубу диаметром 160 мм в приемник (3,0x3,0) (рис. 3) и далее самотеком поступают ежесуточно непрерывно на поля фильтрации, которые соединены между собой стальными

трубами диаметром 160 мм. Трубы для полей фильтрации и поглощения имеют специальную схему расположения отверстий, обеспечивающую равномерное распределение стоков. Сточные воды перетекают из первой карты в соседнюю и далее по трубам согласно схеме (рис. 4).

Методы исследований включали визуальные наблюдения, описание видового состава растений около полей фильтрации, определение органолептических показателей воды (запах, цветность), отбор образцов воды на химический анализ.



Проведение отбора и консервация проб сточных вод проведены согласно ГОСТ 31861-2012, ГОСТ 31862-2012, ГОСТ 17.1.5.05-85. Химический анализ проведен по 7 показателям (НД на метод испытания): взвешенные вещества (РД 52.24.468-2005), Аммонийный ион (ГОСТ 29304), фосфаты (ГОСТ 18309), БПК₅ (ПНД Ф 14.1.2:3:4.1.23), ХПК (ПНД Ф 14.1.2:4.1.90), сульфаты (РД 53.24.405-2005), водородный показатель (ПНД Ф 14.1.2:3:4.1.21-97).

Определение запаха осуществляли в соответствии с требованиями методических рекомендаций (ПНД Ф 12.16.1-10).

Результаты исследований. Отбор проб воды из очистных сооружений (поля фильтрации с обваловкой) на химический анализ проводился из первой карты.

Характер запаха сточных вод на месте, исследований по шкале — болотный, род запаха — илистый, тинистый. По шкале интенсивности запаха составлял 4 балла. На интенсивность запаха оказывали влияние температура, рН, степень загрязненности водоема, биологическая обстановка и гидрологические условия. Цвет воды варьировал от черного до желто-зеленого по мере протекания воды по картам. Водородный показатель (рН) составил 6,9 ед. рН.

Результаты мониторинга сточной воды, проведенные в 2021 г., представлены в таблице.

В пробе воды отмечено превышение норматива по показателям: аммонийный ион — в 14,6 раза, массовая доля сульфатов — в 2 раза, фосфаты — в 151 раз, хлориды — в 5,2 раза. Исходя из данных по фактическим концентрациям загрязняющих веществ в очистных сооружениях (поля фильтрации с обваловкой), скорости течения и видового состава прибрежной растительности было предложено разработать и внедрить для доочистки сточных вод биологический способ с применением высшей водной растительности [1, 5, 12-14]. Для этого был изготовлен опытный образец полезной модели — плавающего биофлекса, определен размер и количество конструкций.

Конструкция включает два блока — основной рамочный каркас из пенопласта и растительный, засаженный высшими растениями, предназначенный для доочистки водных объектов от различных загрязняющих веществ после первичной очистки механическими и физико-химическими методами (рис. 5, б).

Согласно литературным источникам, одно биофлекса может обрабатывать от 150 до 200 м² площади загрязненного объекта. Площадь карты пруда-накопителя — 7000 м², соответственно количество биофлекса, необходимых для эффективной очистки данного объекта — 40 шт. (площадью 0,72 м² каждое) Общая площадь составила 28,8 м².

Конструкция полезной модели для доочистки сточных вод, включает два блока: конструктивный и растительный (рис. 7).

Создание конструктивного блока включало:
 – рамочный каркас, выполненный из пенополистирола экструзионного, имеющего низкую теплопроводность, биостойкость, минимальное водопоглощение, экологичность, долговечность (1);
 – сетки кладочной композитной, произведенной из армированных стержней из стеклопластика, фиксировано расположенных под углом 90 градусов, с ячейкой 50x50 мм (2);
 – пароизоляции Знак Равенства, тип В, высокопрочного однослойного паронепрони-

цаемого рулонного материала, водонепроницаемого, термоустойчивого, устойчивого к ультрафиолетовому излучению, долговечного (3);

– шнура полиамидного (плетеного) 16-прядного, диаметром 4 мм, гибкого, прочного, износостойкого, устойчивого к ультрафиолетовому излучению (4).

Растительный блок: искусственно созданный фитоценоз, состоящий из травяно-дернового покрытия и дополнительно высаженных высших водных растений.

Конструкция данной полезной модели включала несколько этапов сборки. Подготовленная рама из пенополистирола размером 120x60 см

покрывалась пароизоляцией по всему периметру, сверху обматывалась шнуром. В окошки рамы вставлялись сетки, острыми концами протыкая пенополистирол.

На заранее приготовленные травяно-дерновые коврики размером 40x45 см были высажены высшие водные растения не более 5-6 шт., характерные для данной природно-климатической территории, затем укладывались на приготовленные сетки (рис. 8).

Подобранный видовой состав дернины включал: мятлик *Bluechip*, мятлик *Everest*, мятлик *NuGlade*, мятлик *Impact*, взятые в соотношении 1:1:1 (по массе). Норма высева смеси семян составляла 150 г/м². В надземной части

Таблица. Показатели загрязняющих веществ в сточных водах очистных сооружений (поля фильтрации с обваловкой), 2021 г.

Table. Indicators of pollutants in wastewater treatment plants (filtration fields with boning), 2021

Показатель	Отбор проб	Значение норматива состава сточных вод, мг/дм ³ (Нс)*
Сульфаты, мг/дм ³	195,7	97,14
БПК ₅ , мг/дм ³	260	300**
ХПК, мг/дм ³	424	496,47
Фосфаты (по Р), мг/дм ³	176,39	1,16
Взвешенные вещества, мг/дм ³	253,4	300
Аммонийный ион, мг/дм ³	89,06	6,09
Хлориды, мг/дм ³	669,0	128,47

*Постановление Администрации города Тюмени от 7 сентября 2020 г. № 163-пк «Об установлении нормативов состава сточных вод».

**Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 (ред. от 30.11.2021) «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

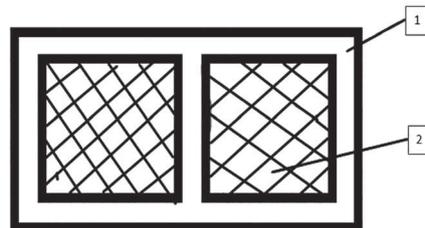


Рисунок 5. Конструкция биофлекса: 1 — каркас, 2 — сетка
 Figure 5. Bioflex design: 1 — frame, 2 — grid



Рисунок 6. Опытный образец
 Figure 6. Prototype

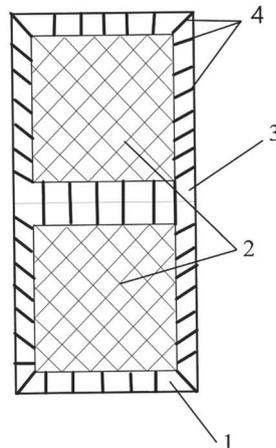
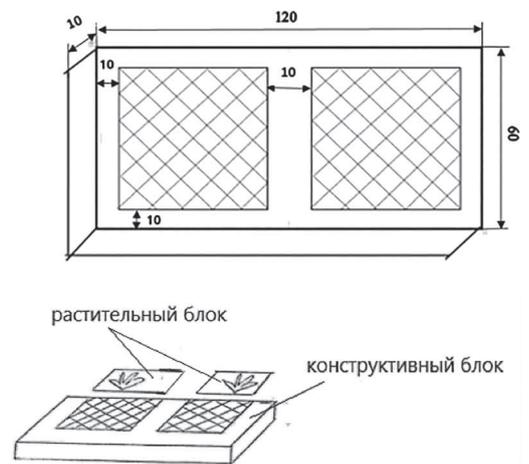


Рисунок 7. Конструктивный блок: 1 — рамочный каркас; 2 — сетка кладочная; 3 — пароизоляция; 4 — шнур полиамидный

Figure 7. Constructive block: 1 — frame; 2 — masonry mesh; 3 — vapor barrier; 4 — polyamide cord





выращенная дернина имела травостой высотой $6,0 \pm 0,4$ см, плотность сложения $2000,4 \pm 102,2$ побегов/дм²; в подземной — жизнеспособную (толщиной $2,0 \pm 0,3$ см) «войлочную» подушку из переплетенных и пронизывающих вермикулитовой субстрат корней.

На одном биоплато было рассчитано количество растений таким образом, чтобы оно могло удерживать на плаву искусственно созданный фитоценоз общей массой до 30 кг.

В дернину дополнительно были высажены макрофиты: рогоз широколистный (*Typha latifolia*), тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), Частуха обыкновенная (*Alisma*

plantago-aquatica) и Ячмень двурядный (*Hordeum distichon*).

Установка биоплато проводилась 7 июня 2022 г., после установления положительной температуры воздуха: температура воздуха — 19°C, влажность воздуха — 70%, температура воды — 3°C, скорость ветра — 16 км/час.

Конструкцию модели плавающего биоплато расположили по зеркалу водоема в линию друг за другом. По мере готовности несколько биоплато соединяли вместе и транспортировали по воде в места их установки. Вся линия биоплато была укреплена по берегам водоема с помощью тросов и карабинов (рис. 9).

Заключение. В работе будет продолжен мониторинг загрязняющих веществ в сточных водах очистных сооружений (поля фильтрации с обваловкой). Разработанная полезная модель плавающего биоплато для доочистки сточных вод может быть применена в других климатических зонах с соответствующими для данной местности видами высшей водной растительности.

Список источников

1. Thullen, J., Sartoris, J., Nelson, S.M. (2005). Managing vegetation in surface-flow wastewater-treatment wetlands for optimal treatment performance. *Ecological Engineering*, no. 7, pp. 125-130.
2. Степанов С.В., Пономаренко О.С., Авдеевков П.П. и др. Анализ и очистка сточных вод рыбоперерабатывающих предприятий // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11. №2(43). С.30-36. doi: 10.17673/Vestnik.2021.02.05
3. Москалевская Д.И., Володина С.Г., Шулепова О.В., Денисов А.А. Готово ли общество по соблюдению экологических норм для сохранения окружающей среды? // Мир инноваций. 2022. № 3. С. 43-47.
4. Гурова В.И., Мирошниченко Е.Е. Воздействие сельскохозяйственного производства на окружающую среду // Проблемы современной экономики (Новосибирск). 2015. № 23. С. 83-87.
5. Денисов А.А., Моторин А.С. Особенности формирования фитоценоза многолетних трав на Крайнем Севере // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2 (167). С. 17-25. doi: 10.36718/1819-4036-2021-2-17-25
6. Евдокимова Г.А., Иванова Л.А., Мозгова Н.П., Мязин В.А., Мязин В.А., Фокина Н.В. Плавающие биоплато для очистки сточных карьерных вод от минеральных соединений азота в арктических условиях // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19 (№ 9). С. 35-41.
7. Евтушкова Е.П., Шахова О.А., Солошенко А.И. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Тюменской области // International agricultural journal. 2022. Т. 65. № 5. doi: 10.55186/25876740_2022_6_5_46
8. Ковалева О.В., Санникова Н.В., Шулепова О.В. Уровень загрязненности сточных вод молокоперерабатывающих предприятий Тюменской области // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9. № 1 (30). С. 49-54. doi: 10.24411/2309-4370-2020-11107
9. Ковалева О.В., Санникова Н.В., Шулепова О.В. Экологичная система микробиологической очистки в животноводстве // АгроЭкоИнфо. 2019. № 3 (37). С. 26.
10. Малышкин Н.Г., Шулепова О.В. Охрана окружающей среды: учебно-методическое пособие. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. 206 с.
11. Корнейкова М.В., Евдокимова Г.А., Мязин В.А. и др. Микробиологические исследования в Мурманской области // Труды Кольского научного центра РАН. 2018. Т. 9. № 9-6. С. 87-104. doi: 10.25702/KSC.2307-5252.2018.9.9.87-104
12. Евдокимова Г.А., Иванова Л.А., Мозгова Н.П. и др. Опыт по применению биоплато для очистки сточных карьерных вод в арктических условиях // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 120-летию со дня рождения Г.М. Крепса и 110-летию со дня рождения О.И. Семенова-Тян-Шанского, Апатиты, 10-14 октября 2016 г. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2016. С. 27-31.
13. Евдокимова Г.А., Иванова Л.А., Мязин В.А. Патент № 2560631 С1 Российская Федерация, МПК С02F 3/32, E02B 15/04. Устройство для биологической очистки сточных карьерных вод: № 2014122204/13: заявл. 30.05.2014: опубл. 20.08.2015 / заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра Российской академии наук (ИППЭС КНЦ РАН).
14. Ковалева О.В., Санникова Н.В., Шулепова О.В. Патент № 2770056 С1 Российская Федерация, МПК С02F 1/74, С02F 3/02, E02B 8/02. Способ микробиологической очистки сточных вод прудов-накопителей сельскохозяйственных предприятий: № 2021100560: заявл. 13.01.2021: опубл. 14.04.2022 / заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего



Рисунок 8. Этапы монтажа биоплато
Figure 8. Stages of installation of the bioplat



Рисунок 9. Установка биоплато
Figure 9. Installing a bioplat



образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья».

15. Санникова Н.В., Ковалева О.В., Шулепова О.В., Гогмачадзе Г.Д. Реабилитация прудов-накопителей с использованием пробиотических препаратов // АгроЭкоИнфо. 2019. № 3 (37). С. 18.

16. Степанов С.В., Авдеенков П.П., Пономаренко О.С., Морозова К.М. Результаты исследований биологической очистки сточных вод предприятия переработки яиц // Водоснабжение и санитарная техника. 2022. № 9. С. 35-43. doi: 10.35776/VST.2022.09.05

17. Санникова Н.В., Ковалева О.В., Шулепова О.В. Актуальность использования пробиотических препаратов при очистке сточных вод сельскохозяйственных предприятий // Агропродовольственная политика России. 2019. № 1 (85). С. 13-17.

18. Санникова Н.В., Ковалева О.В., Шулепова О.В. Возможность применения пробиотических препаратов при очистке сточных вод перерабатывающих предприятий // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (61). С. 79-83.

19. Санникова Н.В., Шулепова О.В., Гаврюк А.И. Сельское хозяйство как источник загрязнения окружающей среды // АПК: инновационные технологии. 2020. № 3. С. 44-48.

20. Сивкова Е.Е., Семенов С.Ю. Использование технологии «Constructed wetlands» для очистки сточных вод малых населенных пунктов и предприятий // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 4 (12). С. 123-129.

21. Уфимцева М.Г. Ландшафты Тюменской области: учебно-методическое электронное пособие (издание). 2-е изд., перераб. и доп. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. 76 с.

References

1. Thullen, J., Sartoris, J., Nelson, S.M. (2005). Managing vegetation in surface-flow wastewater-treatment wetlands for optimal treatment performance. *Ecological Engineering*, no. 7, pp. 125-130.

2. Stepanov, S.V., Ponomarenko, O.S., Avdeenkov, P.P. i dr. (2021). Analiz i oshchistka stochnykh vod ryboperebatyvyushchikh predpriyatiy [Analysis and wastewater treatment of fish processing enterprises]. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban construction and architecture], vol. 11, no. 2 (43), pp. 30-36. doi: 10.17673/Vestnik.2021.02.05

3. Moskalevskaya, D.I., Volodina, S.G., Shulepova, O.V., Denisov, A.A. (2022). Gotovo li obshchestvo k soblyudeniyu ehkologicheskikh norm dlya sokhraneniya okruzhayushchei sredy? [Is society ready to comply with environmental standards to preserve the environment?]. *Mir nnovatsii* [World of innovation], no. 3, pp. 43-47.

4. Gurova, V.I., Miroshnichenko, E.E. (2015). Vozdeistvie sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva na okruzhayushchuyu sredyu [Impact of agricultural production on the environment]. *Problemy sovremennoi ehkonomiki (Novosibirsk)*, no. 23, pp. 83-87.

5. Denisov, A.A., Motorin, A.S. (2021). Osobennosti formirovaniya fitotsenoza mnogoletnikh trav na Krainem Severe [Features of the formation of the phytocenosis of perennial grasses in the Far North]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasSAU], no. 2 (167), pp. 17-25. doi: 10.36718/1819-4036-2021-2-17-25

Информация об авторах:

Шулепова Ольга Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

доцент кафедры экологии и рационального природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9622-1892>, shulepova73@mail.ru

Санникова Наталья Владиславовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры экологии и рационального природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0632-3877>, sannikova-nv7@bk.ru

Боcharова Анна Александровна, старший преподаватель кафедры экологии и рационального природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7038-8248>, bocharovaaa@gauz.ru

Information about the authors:

Olga V. Shulepova, candidate of agricultural sciences, associate professor, associate professor of the department of ecology and rational nature management, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9622-1892>, shulepova73@mail.ru

Natalya V. Sannikova, candidate of agricultural sciences, associate professor, associate professor of the department of ecology and rational nature management, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0632-3877>, sannikova-nv7@bk.ru

Anna A. Bocharova, senior lecturer of the department of ecology and rational nature management, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7038-8248>, bocharovaaa@gauz.ru

[The applicant is a Federal State Budgetary Institution of Science, the Institute of Industrial Ecology Problems of the North of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (IPPEHS KNC RAS)].

14. Kovaleva, O.V., Sannikova, N.V., Shulepova, O.V. (2021). Patent № 2770056 C1 Rossiiskaya Federatsiya, MPK C02F 1/74, C02F 3/02, E02B 8/02. Sposob mikrobiologicheskoi oshchistki stochnykh vod prudov-nakopitelei sel'skokhozyaistvennykh predpriyatiy: № 2021100560: zayavl. 13.01.2021: opubl. 14.04.2022 [Patent No. 2770056 C1 Russian Federation, IPC C02F 1/74, C02F 3/02, E02B 8/02. Method of microbiological wastewater treatment of storage ponds of agricultural enterprises: № 2021100560: application 13.01.2021: publ. 14.04.2022]. Zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Gosudarstvennyi agrarnyi universitet Severnogo Zaural'ya» [The applicant is a Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Northern Trans-Ural State Agricultural University"].

15. Sannikova, N.V., Kovaleva, O.V., Shulepova, O.V., Gogmachadze, G.D. (2019). Reabilitatsiya prudov-nakopitelei s ispol'zovaniem probioticheskikh preparatov [Rehabilitation of storage ponds using probiotic drugs]. *AgroEholnfo* [Agro-EcolInfo], no. 3 (37), p. 18.

16. Stepanov, S.V., Avdeenkov, P.P., Ponomarenko, O.S., Morozova, K.M. (2022). Rezul'taty issledovaniy biologicheskoi oshchistki stochnykh vod predpriyatiya pererabotki yaits [Results of research on biological wastewater treatment of egg processing enterprises]. *Vodostabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary technique], no. 9, pp. 35-43. doi: 10.35776/VST.2022.09.05

17. Sannikova, N.V., Kovaleva, O.V., Shulepova, O.V. (2019). Aktual'nost' ispol'zovaniya probioticheskikh preparatov pri oshchistke stochnykh vod sel'skokhozyaistvennykh predpriyatiy [The relevance of the use of probiotic drugs in wastewater treatment of agricultural enterprises]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* [Agro-food policy in Russia], no. 1 (85), pp. 13-17.

18. Sannikova, N.V., Kovaleva, O.V., Shulepova, O.V. (2020). Vozmozhnost' primeneniya probioticheskikh preparatov pri oshchistke stochnykh vod pererabatyvyushchikh predpriyatiy [The possibility of using probiotic drugs in wastewater treatment of processing enterprises]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Michurinsk state agrarian university], no. 2 (61), pp. 79-83.

19. Sannikova, N.V., Shulepova, O.V., Gavryuk, A.I. (2020). Sel'skoe khozyaistvo kak istochnik zagryazneniya okruzhayushchei sredy [Agriculture as a source of environmental pollution]. *APK: innovatsionnye tekhnologii* [AIC: innovative technologies], no. 3, pp. 44-48.

20. Sivkova, E.E., Semenov, S.Yu. (2010). Ispol'zovanie tekhnologii «Constructed wetlands» dlya oshchistki stochnykh vod mal'kikh naselennykh punktov i predpriyatiy [The use of "Constructed wetlands" technology for wastewater treatment of small settlements and enterprises]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* [Tomsk State University journal of biology], no. 4 (12), pp. 123-129.

21. Ufimtseva, M.G. (2021). *Landshafty Tyumenskoi oblasti: uchebno-metodicheskoe ehlektronnoe posobie (izdanie)* [Landscapes of the Tyumen region: educational and methodical electronic manual (edition)]. Tyumen, Northern Trans-Ural State Agricultural University, 76 p.



Научная статья

УДК УДК 632.51(470.32)

doi: 10.55186/25876740_2023_66_5_545

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВРЕДНОСТИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В АГРОЦЕНОЗЕ КАРТОФЕЛЯ

З.П. Оказова^{1,2}, Н.Л. Адаев², И.М. Ханиева³¹ Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия² Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Грозный, Россия³ Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, Нальчик, Россия

Аннотация. Сорные растения — это те растения, разведением которых человек не занимается. В процессе исследований как российских, так и зарубежных ученых установлен факт адаптации сорнополевого компонента к совместному произрастанию в агроценозе полевых культур, что наносит последним значительный ущерб. Цель исследования — определение вредности сорных растений агроценоза картофеля в лесостепной зоне Республики Северная Осетия-Алания (Пригородный район). Исследование проводилось в период 2020-2022 гг. Почвенно-климатические условия места проведения исследований достаточно типичны для зоны, что позволяет широко использовать полученные результаты для совершенствования мер борьбы с сорной растительностью на Северном Кавказе. В агроценозе картофеля обнаружено 20 видов сорных растений из 10 семейств. Установлен сложный тип засоренности с преобладанием поздних яровых сорных растений: просо куриное, щирица жминдовидная, щирица запрокинутая, щетинник сизый, паслен черный. Из карантинных сорных растений — амброзия трехраздельная. 2022 год отличался повышенным уровнем засоренности — имели место порывистые ветра, которые переносили значительный объем семян сорных растений на большие расстояния. при соблюдении научно-обоснованного чередования культур в севообороте засоренность снижается в 1,5-2,0 раза, флористический состав сорных растений меняется незначительно. Масса сорнополевого компонента при минимальной плотности произрастания 260,8 г/м², с ростом плотности этот показатель возрастает: 3990,0 г/м². воздушно-сухая масса сорнополевого компонента с увеличением плотности его размещения на единице площади возрастает в 15,3 раза. Воздушно-сухая масса сорняков на посевах озимого ячменя при идентичной численности возрастает в 22,8 раза. Полученные результаты необходимы при разработке экологически обоснованных мер борьбы с сорняками в агроценозе картофеля в лесостепной зоне Республики Северная Осетия-Алания и Северном Кавказе в целом.

Ключевые слова: картофель, сорные растения, флористический состав, конкурентоспособность, критический период вредности, потери урожая, урожайность

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF HARMFUL WEED PLANTS IN POTATO AGROCOENOSIS

Z.P. Okazova^{1,2}, N.L. Adaev², I.M. Khaniev³¹ Chechen State Pedagogical University, Grozny, Russia² Chechen State University named after A.A. Kadyrova, Grozny, Russia³ Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokova, Nalchik, Russia

Abstract. Weeds are plants that humans do not grow. In the process of research by both Russian and foreign scientists, the fact of adaptation of the weed field component to the joint growth in the agroecosis of field crops was established, which causes significant damage to the latter. The purpose of the study is to determine the harmfulness of weeds of potato agroecosis in the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania (Prigorodny district). The study was conducted in the period 2020-2022. The soil and climatic conditions of the research site are quite typical for the zone, which makes it possible to widely use the results obtained to improve measures to combat weeds in the North Caucasus. In the potato agroecosis, 20 species of weeds from 10 families were found. A complex type of infestation was established with a predominance of late spring weeds: chicken millet, amaranth, amaranth, upturned amaranth, gray foxtail, black nightshade. Of the quarantine weeds — ambrosia tripartite. The year 2022 was characterized by an increased level of infestation — there were gusty winds that carried a significant amount of weed seeds over long distances. subject to the scientifically based alternation of crops in the crop rotation, weediness decreases by 1.5-2.0 times, the floristic composition of weeds changes slightly. The mass of the weed field component at a minimum density of growth of 260.8 g/m², with an increase in density, this indicator increases: 3990.0 g/m². the air-dry mass of the weed field component increases by 15.3 times with an increase in the density of its placement per unit area. The air-dry mass of weeds on crops of winter barley with an identical number increases by 22.8 times. The results obtained are necessary for the development of environmentally sound measures to control weeds in potato agroecosis in the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania and the North Caucasus as a whole.

Keywords: potatoes, weeds, floristic composition, competitiveness, critical period of damage, crop losses, productivity

Введение. Сорные растения — это те растения, разведением которых человек не занимается. В процессе исследований как российских, так и зарубежных ученых установлен факт адаптации сорнополевого компонента к совместному произрастанию в агроценозе полевых культур, что наносит последним значительный ущерб. Ущерб, как правило, многогранен и имеет место на протяжении всего вегетационного периода. Сорные растения для создания единицы сухой массы расходуют значительно больше влаги и элементов питания. Совместное произрастание культурных и сорных растений значительно усложняет проведение полевых работ, снижая качество растениеводческой продукции [8].

Сорняки — это большая группа растительных организмов, произрастание которых в посевах крайне нежелательно. На современном этапе есть ряд групп сорных растений: специализированных и карантинных, ущерб, который они причиняют посевам может существенно превышать объем затрат на борьбу с ними [3, 7, 10].

Для эффективной борьбы с сорняками необходимо знать их биологические особенности, а именно:

- сорные растения отличаются высокой в сравнении с культурными растениями семенной продуктивностью;
- особенности строения, приспособления, так сорные растения распространяются на больших площадях;

- наличие нескольких способов размножения;
- прорастание сорных растений в течение продолжительного времени и сохранение всхожести в течение длительного времени;
- нетребовательность к условиям произрастания [1, 5, 12].

Наличие сорных растений в агроценозах пропашных культур объясняет ухудшение качества продукции, в частности снижение выхода товарных клубней картофеля. Ряд сорных растений снижает качество продукции, являясь резервуарами вредителей и болезней полевых культур. Все это снижает урожай и усложняет его уборку [2, 6, 11].

Цель исследования — определение вредности сорных растений агроценоза карто-

фея в лесостепной зоне Республики Северная Осетия-Алания.

Для достижения поставленной цели решались задачи: определить влияние плотности размещения растений на единице площади на урожайность картофеля, выход крупных и средних клубней в лесостепной зоне Республики Северная Осетия-Алания; оценить влияние предшественников на уровень засоренности и пораженность болезнями посадок картофеля.

Методы исследования. Исследование проводилось с использованием Методических указаний по определению критических периодов и экономических порогов вредоносности сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур (1985) и методики Исаева В.В. [4, 9].

Экспериментальная база. Исследование проводилось в период 2020-2022 гг. в лесостепной зоне Республики Северная Осетия-Алания, в Пригородном районе (с. Октябрьское). Почвы экспериментального участка — выщелоченный чернозем. Учетная площадь делянки 10 м², повторность опыта четырехкратная. Заложены модельные полевые опыты, где моделировалась различная продолжительность ухода за посевом и разная численность сорных растений на единице площади [4, 7, 13].

Результаты и обсуждение. Агроценоз картофеля периода исследований характеризует сложный или смешанный тип засоренности. Обнаружено порядка 20 видов сорных растений. Численность составила от 5 до 820 шт/м² (рис.1).

Превалировали яровые поздние и яровые средние сорняки (44,5%), что связано с биологическими особенностями культуры [5, 6].

Нами были изучены закономерности формирования видового состава сорной растительности и засоренности посадок картофеля.

Засоренность картофеля в пятипольном севообороте составила 18 шт/м², воздушно-сухая масса — 175 г/м². Снижению массы сорных растений в севообороте способствовала научно-обоснованная система обработки почвы, приемы ухода за посадками и применение гербицидов. При разработке мер борьбы с сорной растительностью необходимо максимально снизить пестицидную нагрузку на агроценоз с целью получения экологически чистой продукции. Так, использование баковой смеси Титус 40 г/га + Зенкор 400 г/га обеспечило гибель до 98% сорных растений. Оставшиеся — сорняки «второй волны», семена которых в большинстве своем не жизнеспособны.

В шестипольном севообороте, где картофель был размещен после озимой пшеницы, засоренность составила 10-12 шт/м². Посевы других культур были засорены в большей степени, что объясняется ограниченностью используемых приемов борьбы. Жаркая вторая половина лета, недостаточное количество влаги в корнеобитаемом слое почвы неблагоприятно для роста и развития культурных растений, стали косвенными причинами достаточно высокой засоренности. Это и стало причиной повышения вредоносности сорных растений в агроценозе культурных.

Таким образом, при соблюдении научно-обоснованного чередования культур в севообороте засоренность снижается в 1,5-2,0 раза, флористический состав сорных растений меняется незначительно.

Результаты оценки зависимости накопления биомассы сорняками от плотности их произрастания в агроценозе картофеля показаны в таблице 1.



Рисунок 1. Группы сорных растений в агроценозе картофеля (2020-2022 гг.)
Figure 1. Groups of weeds in potato agroecosystem (2020-2022)

Таблица 1. Влияние численности сорных растений на накопление ими биомассы в агроценозе картофеля, г/м² (2020-2022 гг.)

Table 1. Influence of the number of weeds on the accumulation of biomass by them in the potato agroecosystem, (2020-2022)

Сорняков в посевах, шт/м ²	2020	2021	2022	Среднее	Прирост массы
5	226,4	273,2	282,8	260,8	-
10	447,7	495,5	468,3	470,5	209,7
20	740,2	800,0	766,8	769,0	508,2
40	1007,0	1260,8	1243,1	1170,3	909,5
80	1588,4	1726,0	1604,4	1639,6	1378,8
160	2527,0	2960,5	2702,5	2730,0	2469,2
320	3835,0	4240,0	3895,0	3990,0	3729,2

Таблица 2. Зависимость накопления биомассы сорняков от их количества в посевах озимого ячменя (2020-2022 гг.)

Table 2. Dependence of weed biomass accumulation on their number in winter barley crops (2020-2022)

Сорняков в посевах, шт/м ²	Масса 1 сорного растения		± от min. засорен.	
	г	от min. засорен., %	г	%
5	52,16	-	-	-
10	47,05	90,2	5,11	9,8
20	38,45	73,7	13,71	26,3
40	29,25	56,0	25,91	44,0
80	20,49	39,3	31,67	60,7
160	17,06	32,7	35,10	67,3
320	12,46	23,8	39,70	76,2

Таблица 3. Влияние численности сорных растений на урожайность картофеля (2020-2022 гг.)

Table 3. The influence of the number of weeds on the yield of potatoes (2020-2022)

Сорняков в посевах, шт/м ²	Урожайность, т/га				Потери урожая	
	2020	2021	2022	среднее	т/га	%
0	18,76	20,90	18,18	19,28	-	-
5	15,40	17,29	15,76	16,15	3,13	16,2
10	11,20	13,06	11,89	12,05	7,23	37,5
20	9,55	11,41	10,27	10,41	8,87	46,0
40	9,37	10,28	9,21	9,62	9,66	50,1
80	7,32	8,95	7,88	8,05	11,23	58,2
160	6,95	8,03	7,52	7,50	11,78	61,0
320	5,82	6,90	6,27	6,33	12,95	67,10
НСП ₀₅ , ц/га	3,20	2,88	3,04			

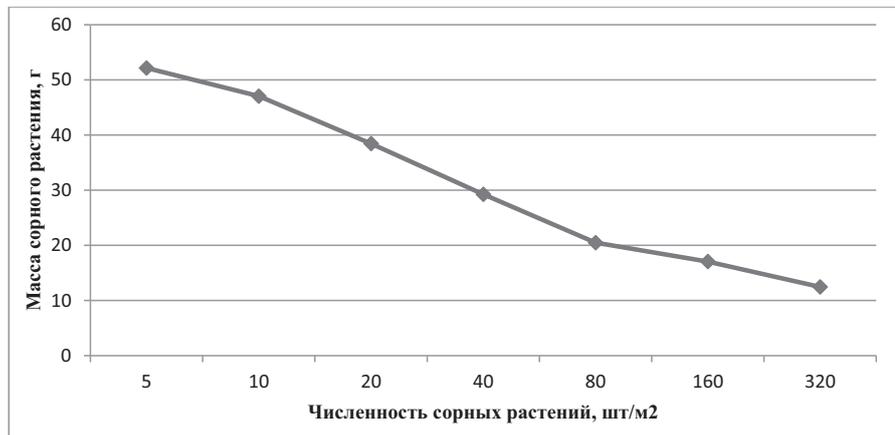


Рисунок 2. Влияние численности сорных растений в агроценозе картофеля на массу одного экземпляра сорнополевого компонента (2020-2022 гг.)
Figure 2. Influence of the number of weeds in the potato agroценоз on the weight of one copy of the weed field component (2020-2022)

Масса сорнополевого компонента при минимальной плотности произрастания 260,8 г/м², с ростом плотности этот показатель возрастает: 3990,0 г/м². Воздушно-сухая масса сорняков на посевах озимого ячменя при идентичной численности возрастает в 22,8 раза. Это говорит о большей конкурентоспособности картофеля в сравнении с озимым ячменем.

Увеличение массы сорняков находится в прямой зависимости от увеличения их количества. При этом масса одного экземпляра снижается и составляет 23,8% от массы при минимальной засоренности (табл. 2).

При минимальной засоренности масса одного экземпляра сорного растения достаточно высока — 52,16 г, с ростом количества сорных растений показатель снижается на 76,2% и составляет 12,46 г, что указывает на внутривидовую конкуренцию между сорняками (рис. 2).

Урожайность посадок картофеля, чистых от сорной растительности 19,28 т/га. По мере увеличения плотности произрастания сорнополевого компонента на единице площади, потери урожая составили 12,95 т/га или 67,10% в сравнении с контролем. С ростом количества сорных растений на единице площади, урожайность картофеля сократилась в 3 раза — 6,33 т/га, что доказало снижение уровня культуры земледелия и продуктивности пашни в целом (табл. 3, рис. 3).

При оценке выхода клубней установлено, что с ростом количества сорных растений на единице площади сокращается выход крупных и средних клубней, возрастает количество пораженных. Так, на варианте без сорных растений выход крупных и средних клубней 92,3%. С ростом количества сорных растений на единице площади до 320 шт/м² выход крупных и средних клубней сократился и составил 78,2%. Доля средних клубней в структуре урожая на посадках чистых от сорняков значительно меньше. Так, на посадках чистых от сорняков средних клубней всего 7,0%, а при 320 шт/м² — 25,6%. Возросло количество пораженных клубней на 14,1% — 21,8% (рис. 4).

Полученные результаты необходимы при разработке экологически обоснованных мер борьбы с сорняками в агроценозе картофеля в лесостепной зоне Республики Северная Осетия-Алания и на Северном Кавказе в целом.

Вывод. В агроценозе картофеля лесостепной зоны Республики Северная Осетия-Алания сложный тип засоренности. С ростом количества сорных растений на единице площади снижается масса одного экземпляра сорного растения. Потери урожая картофеля, сорт Горянка на фоне максимальной засоренности могут достигать 67%. Использование в полном объеме биологического потенциала культурных растений позволит снизить засоренность посевов.

Список источников

1. Адиньяев Э.Д., Адаев Н.Л., Терекбаев А.А. Резервы повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур в Чеченской Республике // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51. № 3. С. 11-17.
2. Баздырев Г.И., Зотов Л.И., Полин В.Д. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии М., 2004. 228 с.

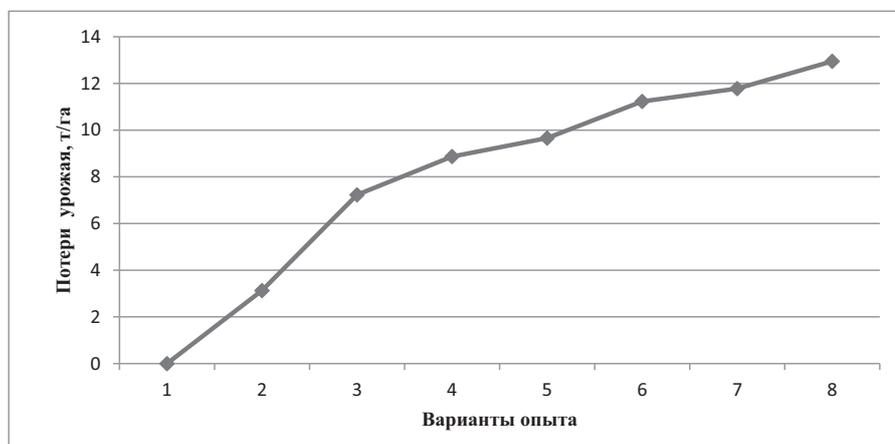


Рисунок 3. Потери урожая картофеля в зависимости от численности сорных растений на единице площади (2020-2022 гг.)
Figure 3. Potato yield losses depending on the number of weeds per unit area (2020-2022)

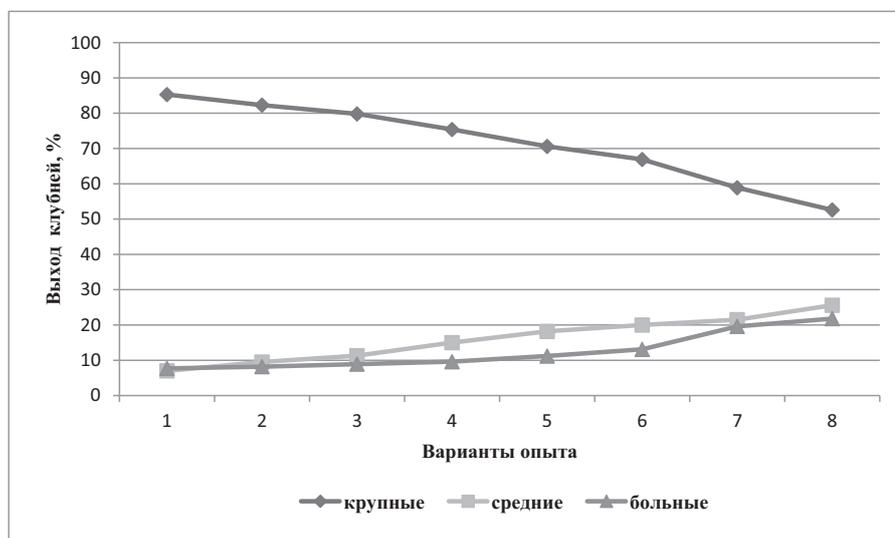


Рисунок 4. Структура урожая картофеля в зависимости от численности сорных растений (2020-2022 гг.)
Figure 4. The structure of the potato harvest depending on the number of weeds (2020-2022)



3. Гаджиев П.И., Башкиров А.П., Рамазанова Г.Г. Влияние технологических приемов на урожайность картофеля // Наука в Центральной России. 2022. № 3(57). С. 41-47.
4. Лулева Н.Н., Закота Т.Ю. О засоренности посадок картофеля в степной зоне Краснодарского края // Защита и карантин растений. 2023. № 5. С. 30-32.
5. Молявко А.А., Марухленко А.В. Влияние минерального питания и гербицида титус на засоренность картофеля // Вестник Брянской ГСХА. 2020. № 6(82). С. 25-31.
6. Оказова З.П. Засоренность посадок картофеля в степной зоне Северного Кавказа // В мире научных открытий. 2015. № 8-2(68). С. 808-818.
7. Пилипова Ю.В., Шалдыаева Е.М. Мониторинг вредных организмов как основа фитосанитарной оптимизации агроэкосистем картофеля // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183. № 3. С. 194-203.
8. Тебуев Т.Г. Методы защиты картофеля от сорняков, вредителей и болезней в КБР // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2017. № 2(16). С. 20-24.
9. Ткач А.С., Голубев А.С., Свирина Н.В. Борьба со злаковыми сорными растениями в посадках картофеля // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. № 2(63). С. 62-68.
10. Шорин П.М., Оказов П.Н., Щербинин А.Н., Оказова З.П., Шалыгина А.А. Способ предпосадочной обработки клубней картофеля // Патент на изобретение RU 2195098 C2, 27.02.2002. Заявка № 2001108512/13 от 30.03.2001.
11. Шпанев А.М., Смуков В.В. Пространственное размещение сорных растений в посадках картофеля // Земледелие. 2019. № 2. С. 42-45.
12. Williams, A.L. Developmental and reproductive outcomes in humans and animals after glyphosate exposure:

a critical analysis / A.L. Williams, R.E. Wat-sonb, J.M. DeSesso // J. Toxicol. Environ. Health. Pt B: Crit. Rev. — 2012. — № 15 (1). — P. 39-96.

13. Warwick, S.L. The biology of Canadian Weeds. 90. Abutilon theophrasti. / Warwick, S.L.; Black, L.D. // Canad. J. Plant Se. 1988. P. 1069-1085.

References

1. Adin'yaev E.H.D., Adaev N.L., Terekbaev A.A. (2014). *Rezervy povysheniya plodorodiya pochv i produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Chechenskoj Respublike* [Reserves for increasing soil fertility and crop productivity in the Chechen Republic]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 51, no. 3, pp. 11-17.
2. Bazdyrev G.I., Zotov L.I., Polin V.D. (2004). *Sornye rasteniya i mery bor'by s nimi v sovremennom zemledelii* [Weed plants and measures to combat them in modern agriculture], Moscow, 228 p.
3. Gadzhiev P.I., Bashkirov A.P., Ramazanova G.G. (2022). *Vliyaniye tekhnologicheskikh priemov na urozhainost' kartofelya* [The influence of technological methods on the yield of potatoes]. *Nauka v Tsentral'noi Rossii*, no. 3(57), pp. 41-47.
4. Luneva N.N., Zakota T.YU. (2023). *O zasorennosti posadok kartofelya v stepnoi zone Krasnodarskogo kraja* [On the infestation of potato plantings in the steppe zone of the Krasnodar Territory]. *Zashchita i karantin rastenii*, no. 5, pp. 30-32.
5. Molyavko A.A., Marukhlenko A.V., Borisova N.P. (2020). *Vliyaniye mineral'nogo pitaniya i gerbitsida titus na zasorennost' kartofelya* [Influence of mineral nutrition and herbicide titus on potato infestation]. *Vestnik Bryanskoi GSKHA*, no. 6(82), pp. 25-31.
6. Oказова Z.P. (2015). *Zasorennost' posadok kartofelya v stepnoi zone Severnogo Kavkaza* [Influence of mineral

nutrition and herbicide titus on potato infestation]. *V mire nauchnykh otkrytii*, no. 8-2(68), pp. 808-818.

7. Pilipova YU.V., Shaldyaeva E.M. (2022). *Monitoring vrednykh organizmov kak osnova fitosanitarnoi optimizatsii agroekosistem kartofelya* [Pest monitoring as a basis for phytosanitary optimization of potato agroecosystems]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*, vol. 183, no. 3, pp. 194-203.

8. Tebuev T.G. (2017). *Metody zashchity kartofelya ot sornyakov, vreditelei i boleznei v KBR* [Methods for protecting potatoes from weeds, pests and diseases in the KBR]. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova*, no. 2(16), pp. 20-24.

9. Tkach A.S., Golubev A.S., Svirina N.V. (2021). *Bor'ba so zlakovymi sornymi rasteniyami v posadkakh kartofelya* [Control of cereal weeds in potato plantings]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 2(63), pp. 62-68.

10. Shorin P.M., Okazov P.N., Shcherbinin A.N., Okazova Z.P., Shal'ygina A.A. (2001). *Sposob predposadnochnoi obrabotki klubnei kartofelya* [Method for preplant treatment of potato tubers]. Patent na izobreteniye RU 2195098 C2, 27.02.2002. Заявка № 2001108512/13 от 30.03.2001.

11. Shpanev A.M., Smuk, V.V. (2019). *Prostranstvennoye razmeshcheniye sornykh rastenii v posadkakh kartofelya* [Spatial distribution of weeds in potato plantings]. *Zemledelie*, no. 2, pp. 42-45.

12. Williams A.L., Wat-sonb R.E., DeSesso J.M. (2012). Developmental and reproductive outcomes in humans and animals after glyphosate exposure: a critical analysis. *J. Toxicol. Environ. Health. Pt B: Crit. Rev.*, no. 15 (1), pp. 39-96.

13. Warwick S.L. (1998). The biology of Canadian Weeds. 90. Abutilon theophrasti. *Canad. J. Plant Se*, pp. 1069-1085.

Информация авторов:

Оказова Зарина Петровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, Чеченский государственный педагогический университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4405-7725>, okazarina73@mail.ru

Адаев Нурбек Ломалиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3770-7240>, mr.adaev61@mail.ru

Ханиева Ирина Мироновна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6415-5832>, imhanieva@mail.ru

Information about the authors:

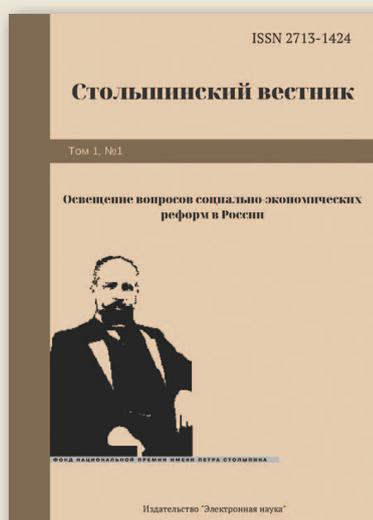
Zarina P. Okazova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Ecology and Life Safety, Chechen State Pedagogical University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4405-7725>, okazarina73@mail.ru

Nurbek L. Adaev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chechen State University. A.A. Kadyrova, <http://orcid.org/0000-0002-3770-7240>, mr.adaev61@mail.ru

Irina M. Khanieva, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokova, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6415-5832>, imhanieva@mail.ru

✉ okazarina73@mail.ru

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭЛЕКТРОННАЯ НАУКА»



Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник»

- Издается при поддержке **Государственного университета по землеустройству** и **Фонда национальной премии имени П.А.Столыпина**.
- Журнал освещает опыт и актуальные вопросы социально-экономических реформ в России.
- Цитируется в РИНЦ и КиберЛенинка.

Контакты: <https://stolypin-vestnik.ru/vestnik/>,
stolypin_vestnik@mail.ru