

Новый полноприводный VECTOR

Обновлённый VECTOR: полноприводная версия

Долгожданный полноприводный (колесный) VECTOR 410. Что изменилось в машине и какие еще обновления появились в этой апгрейд-версии?



Сложные почвы определённых регионов давно подталкивали конструкторов Ростсельмаш к разработке собственного решения в области полноприводных комбайнов. А точнее — к разработке ведущего заднего моста на существующие модели зерноуборочных комбайнов.

И в этом контексте — VECTOR давно просился в полноприводную версию: изначальная подготовка машины предполагала его использование на сложных грунтах и рельефах. Тем более, что существует и гусеничная машина VECTOR 450 Track специально разработанная под тяжёлые почвы.



В этом аспекте стоит упомянуть и варьируемую ходовую часть на VECTOR, что позволяет использовать его для уборки культур в любых климатических зонах, с заболоченными грунтами и уклоном до 8 градусов. Рама этой машины выдерживает серьёзные нагрузки и может без последствий работать в условиях постоянных перепадов рельефа.

— Установка **полного привода** существенно расширила возможности колесной версии VECTOR, — рассказывает **управляющий товарной группой «Зерноуборочные комбайны» компании Ростсельмаш Сергей Савенков**. — Ее охотно будут эксплуатировать предприятия Дальнего Востока (на сое) и в небольших рисовых хозяйствах, а также на полях Псковской, Калининградской, Ленинградской областей, где также имеются сложные грунты с низкой несущей способностью.

Более того, чтобы повысить проходимость, помимо заднего ведущего моста в обновленной версии базово установлены **более широкие задние шины в размере 480/70R24**. Теперь выбирать-ся из заболоченных мест машине будет еще проще.

Также новая серия VECTOR 410 **оснащена в базовом исполнении прицепным устройством**. Учитывая, что сам VECTOR выпускается с 2009 года, под него имеется широчайший набор адаптеров. Он может убирать специфичные культуры. Например, техническую коноплю на масло. И при отсутствии ограничений со стороны контура и рельефа, эти комбайны можно использовать с более широкими жатками — до 9 м. Но в прежнем исполнении, когда прицепное устройство было опциональным, сельхозпроизводители пренебрегали его покупкой, перемещая комбайн с поля на поле с адаптером в навешенном состоянии.

— При такой эксплуатации есть опасность повреждения самой жатки на поворотах и выбоинах, а при перевозке по неровностям разбалтываются крепления навесного устройства, — замечает Сергей Савенков. — В обновлённой модели, с уже включенным в комплект фаркопом, желание перевозить жатку подобным образом снизится. А срок эксплуатации навесного устройства комбайна и адаптеров, наоборот — возрастет.

Что касается электронной начинки, то в ближайшей перспективе (в течение 2025 года) в базовое оснащение полноприводной версии VECTOR войдет платформа агроменеджмента PCM Агро-троник. Что станет основой для применения остальных электронных помощников в машинах производства компании Ростсельмаш. Иными словами, теперь не только мощные, но и «малые машины» будут оснащены системами точного земледелия, что позволит получить удаленный контроль над технологическими процессами, оптимизировать режимы эксплуатации, а также планировать и эффективно управлять парком техники в режиме реального времени.

Итак, обновленный полноприводный VECTOR получил хороший базовый функционал, давно и логично «просившийся» в оснащение. А сельхозпроизводители — машину с возросшими возможностями для особых условий эксплуатации, при сохранении всех ключевых свойств прежней версии.





Международный
сельскохозяйственный журнал
Издается 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 K1)



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. Казённова
Редактор выпуска Г. Якушкина
Ответственный секретарь И. Мамонтова
Дизайн и верстка И. Котова
Реклама М. Фомина
Издательство: Е. Сямина, Е. Цинцадзе,
Д. Шевский, С. Комелягина, 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 01.10.2024 г. Тираж 5500
Цена договорная

© Международный сельскохозяйственный журнал

EDITOR
A.A. 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,
D. Shevsky, S. Komelyagina, 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 01.10.2024. 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

1. **ВОЛКОВ С.Н.**, председатель редакционного совета, зав. кафедрой Государственного университета по землеустройству, акад. 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
2. **Вершинин В.В.**, д-р экон. наук, проф. Россия, Москва.
Vershinin Valentin, Dr. Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow
3. **Гордеев А.В.**, акад. РАН, д-р экон. наук, проф. Россия, Москва.
Gordeyev Alexey, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow
4. **Долгушкин Н.К.**, глав. уч. секретарь Президиума РАН, акад. 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
5. **Белобров В.П.**, д-р с.-х. наук, проф. Россия, Москва.
Belobrov Viktor, Dr. of agricultural Science, Prof. Russia, Moscow
6. **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
7. **Завалин А.А.**, акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». Россия, Москва.
Zavalin Alexey, Acad. RAS, Dr. of agricultural Science, Professor. Russia, Moscow
8. **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
9. **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
10. **Коробейников М.А.**, вице-приз. 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
11. **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
12. **Романенко Г.А.**, член президиума РАН, акад. 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
13. **Петриков А.В.**, акад. РАН, д-р экон. наук, проф. Россия, Москва.
Petrikov Alexander, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow
14. **Ушачев И.Г.**, акад. 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
15. **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
16. **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
17. **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
18. **Узун В.Я.**, д-р экон. наук, проф. РАНХиГС. Россия, Москва.
Uzun Vasily, Dr. Ekon. Sciences, Professor of Ranepa. Russia, Moscow
19. **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
20. **Широкова 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
21. **Хлыстун В.Н.**, акад. РАН, д-р экон. наук, проф. Россия, Москва.
Khlystun Viktor, member of the Academy. RAS, Dr. of Econ. PhD, Professor. Russia, Moscow
22. **Закшевский В.Г.**, акад. РАН, д-р экон. наук, проф. Россия, Воронеж.
Zakshevsky Vasily, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Voronezh
23. **Чекмарев П.А.**, акад. 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
24. **Цыпкин Ю.А.**, д-р экон. наук, проф., зав. кафедрой ФГБОУ ВО «ГУЗ». Россия, Москва.
Tsyppin Yuri, Dr. Econ. Sciences, Professor, Head of the department of State university of land use planning, Russia, Moscow
25. **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
26. **Гусаков В.Г.**, вице-президент БАН, акад. БАН, д-р экон. наук, проф. Белоруссия, Минск.
Gusakov Vladimir, Vice-President of the BAN, Acad. The BAN, Dr. Ekon. Sciences, Professor. Belarus, Minsk
27. **Пармакли Д.М.**, проф., д-р экон. наук. Республика Молдова, Кишинев.
Permal Dmitry, Dr. Ekon. Sciences. The Republic Of Moldova, Chisinau
28. **Ревшвили Т.О.**, акад. 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
29. **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
30. **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
31. **Серге Андреа**, декан, проф. кафедры международной и сравнительной аграрной политики на факультете сельского хозяйства в университете. Италия, Болонья.
Serge Andrea, Dean, Professor of the chair of international and comparative agricultural policy at the faculty of agriculture at the University. Italy, Bologna
32. **Чабо Чак**, 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
33. **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

Писецкая О.Н., Куцаева О.А., Папаскири Т.В. О повышении эффективности использования земельно-ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций в Республике Беларусь
Pisetskaya O.N., Kutsayeva O.A., Papaskiri T.V. On improving the efficiency of using the land resource potential of agricultural organizations in the Republic of Belarus 503

Липина Л.Н., Жукова Н.В., Легенькова А.В. Образование земельного участка путем выдела в счет земельной доли или земельных долей из земель сельскохозяйственного назначения
Lipina L.N., Zhukova N.V., Legenkova A.V. Formation of a land by allocating a land share or land share from agricultural land 508

Антропов Д.В., Рассказова А.А., Чибиркина Е.А. Определение основных направлений развития системы прогнозирования и планирования землепользования на основе экспертного метода
Antropov D.V., Rasskazova A.A., Chibirkina E.A. Defining the main directions of development forecasting and planning systems land use based on the expert method 511



АГРАРНАЯ РЕФОРМА И ФОРМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ AGRARIAN REFORM AND FORMS OF MANAGING

Литвин В.В., Дмитриченко Л.И. Монетарное стимулирование развития сельскохозяйственной отрасли российской экономики в условиях санкционных ограничений
Litvin V.V., Dmitrichenko L.I. Monetary stimulation of the development of the agricultural sector of the Russian economy in the conditions of sanctions restrictions 517

Дерунова Е.А., Васильченко М.Я., Воронов А.С., Шокурова А.Ю. Исследование факторов, влияющих на спрос на отечественные инновационные продукты и технологии в АПК
Derunova E.A., Vasilchenko M.Ya., Voronov A.S., Shokurova A.Yu. Study of factors influencing demand for domestic innovative products and technologies in the agro-industrial complex 523

Рыкова И.Н., Юрьева А.А., Мамонтов В.И. Особенности формирования единой производственно-сбытовой цепочки создания добавленной стоимости отрасли хмелеводства в России
Rykova I.N., Yurueva A.A., Mamontov V.I. Features of forming a unified value chain for creation of added value in the hops industry in Russia 528

Богданова О.В. Формирование подхода к оценке инвестиционных проектов, реализуемых на особо охраняемых природных территориях
Bogdanova O.V. Formation of an approach to the assessment of investment projects, implemented in specially protected natural areas 533



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

Акопджанян Э.Т., Титова В.И. Влияние условий хранения семенного картофеля на лежкость и развитие сухой гнили клубней
Akobjanyan E.T., Titova V.I. Impact of storage conditions for seed potatoes on keeping quality and development of dry tuber rot 537

Каверин А.В., Мунгин В.В., Массеров Д.А., Авдюшкина Ю.Н., Манаков Р.Р., Храмова А.А. Эффективность использования травяных угодий в интенсивно-пастбищном мясном скотоводстве (на примере Республики Мордовия)
Kaverin A.V., Mungin V.V., Masserov D.A., Avdyushkina Yu.N., Manakov R.R., Khramova A.A. Efficiency of grassland use in intensive pasture-based beef cattle breeding (using the Republic of Mordovia as an example) 541

Герасимова А.С., Дмитриева В.И., Прищеп Е.А., Сысоинкова Д.В. Фенотипические дистанции продуктивности коров сычевской породы
Gerasimova A.S., Dmitrieva V.I., Prishchep E.A., Sysoinkova D.V. Phenotypic distances of productivity of cows of the sychevka breed 546

Крючков С.Н., Солонкин А.В., Соломенцева А.С., Егоров С.А. Эффективные приемы выращивания сеянцев деревьев и кустарников в засушливых условиях
Kryuchkov S.N., Solonkin A.V., Solomentseva A.S., Egorov S.A. Effective methods of growing seedlings of trees and shrubs in arid conditions 549

Муралев С.Г., Володина Е.Н., Белкин Я.Г. Влияние жидких комплексных минеральных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы, на структуру урожая и урожайность зернобобовых культур
Muralev S.G., Volodina E.N., Belkin Ya.G. Influence of liquid complex mineral fertilizers containing macro- and microelements, on crop structure and yield leguminous crops 553

Степанова Д.И., Григорьев М.Ф., Григорьева А.И., Дмитриева Т.Г. Влияние вермикомпоста на площадь листа и урожайность огурца в условиях Западной Якутии
Stepanova D.I., Grigorev M.F., Grigoreva A.I., Dmitrieva T.G. The influence of vericompost on leaf area and cucumber yield in Western Yakutia 557

Альтудов Ю.К., Борукаева И.Х., Занилов А.Х., Конов М.А. Влияние аминокислотного состава плодов яблок и зерна озимой пшеницы, сформированного под влиянием приема биологической активации почвы, на показатели крови крыс в биологическом эксперименте
Altudov Yu.K., Borukaeva I.Kh., Zanilov A.Kh., Konov M.A. The effect of the amino acid composition of apple fruits and winter wheat grains formed under the influence of soil biological activation agents on rat blood parameters in a biological experiment 561

Быковская И.А., Осипова Л.В., Матевосян К.Р., Хачатрян Д.С. Влияние модификаций синтетического элиситора на рост и устойчивость яровой пшеницы при различных способах применения
Bykovskaya I.A., Osipova L.V., Matevosyan K.R., Khachatryan D.S. The effect of synthetic elicitor modifications on the growth and stability of spring wheat in various applications 565

Кузина Е.В. Эффективность систем обработки почвы на различных фонах минеральных удобрений при возделывании горчицы
Kuzina E.V. Efficiency of soil tillage systems at different background of mineral fertilizers in the cultivation of mustard 570

Холодов Д.В., Смирнова Л.Г. Оценка пространственного распределения содержания гумуса в почвах эрозионных агроландшафтов с применением ГИС-технологий
Kholodov D.V., Smirnova L.G. Assessment of the spatial distribution of humus content in the soils of erosion agricultural landscapes using GIS-technologies 574

Морозов А.Н., Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Шумаков А.В. Влагодобеспеченность и засоренность посевов гороха в зависимости от технологии возделывания
Morozov A.N., Dubovik D.V., Dubovik E.V., Shumakov A.V. Moisture availability and contamination of pea crops depending on the cultivation technology 579

Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Вытовтов В.А., Рубаник Ю.О., Титов А.Г. Оценка долгосрочного влияния эрозии на впитывающую способность почвы
Sukhanovskii Yu.P., Prushchik A.V., Vyotovtov V.A., Rubanik Yu.O., Titov A.G. Assessment of the long-term impact of erosion on soil absorption capacity 584

Рубец В.С., Ворончихина И.Н., Ворончихин В.В., Конорев П.М., Маренкова А.Г., Пыльнев В.В. Влияние дозы и формы ранневесенних азотных подкормок на формирование урожайности и ее структурных элементов нового сорта озимой тритикале Академическая
Rubets V.S., Voronchikhina I.N., Voronchikhin V.V., Konorev P.M., Marenkova A.G., Pylnev V.V. Influence of the dose and form of early spring nitrogen feeding on the formation of productivity and its structural elements of the new winter triticale variety Akademicheskaya 588

Папаскири Т.В., Саранчин В.К., Климов А.П., Суслов С.В., Кривошея Б.С. Математическая модель процесса гранулирования минеральных удобрений
Papaskiri T.V., Saranchin V.K., Klimov A.P., Suslov S.V., Krivosheya B.S. Mathematical model of the process of granulation of mineral fertilizers 594



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

Зюкин Д.А., Сергеева Н.М., Беляев С.А., Яковлев Н.А. Состояние демографии как показатель экономического развития регионов
Zyukin D.A., Sergeeva N.M., Belyaev S.A., Yakovlev N.A. Demographic condition as an indicator of economic development of regions 599

Ларин Д.В., Голубев В.В. Аспекты внедрения современной технологии No-till (на примере Пензенской области)
Larin D.V., Golubev V.V. Aspects of implementation of modern No-till technology (on the example of Penza region) 604

Кривошеев С.И., Шумаков В.А. Технология возделывания целым колосом в первичном семеноводстве озимой пшеницы в условиях Курской области
Krivosheev S.I., Shumakov V.A. The technology of cultivating a whole ear in the primary seed production of winter wheat in the conditions of Kursk areas 608

Приходько И.А., Бандурин М.А., Молчанова Г.А. Совершенствование природоподобных технологий для возделывания риса в условиях климатических аномалий на Юге России
Prikhodko I.A., Bandurin M.A., Molchanova G.A. Improving nature-like technologies for rice cultivation under climate anomalies in the Southern of Russia 613

Рашкович В.Н., Борщев Д.Г., Рухович Д.И., Шаповалов Д.А. Применение мультитемпоральных спектральных характеристик открытой поверхности почв для определения неоднородности почвенного покрова пахотных угодий Северного Казахстана
Rashkovich V.N., Borschev D.G., Rukhovich D.I., Shapovalov D.A. Application of multitemporal spectral characteristics of the open soil surface to determine the soil cover heterogeneity of arable lands in Northern Kazakhstan 619



ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ENVIRONMENTAL AND FOOD SECURITY

Адаев Н.Л., Оказова З.П., Амаева А.Г. Пути экологизации технологии возделывания картофеля
Adaev N.L., Okazova Z.P., Amaeva A.G. Ways to green potato cultivation technology 624



Научная статья

УДК 631.95:528.88:332.334

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_503

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

О.Н. Писецкая¹, О.А. Куцаева¹, Т.В. Папаскири²

¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки,
Республика Беларусь

²Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена тенденция изменения площадей находящихся в пользовании сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. Проанализирована динамика увеличения площадей сельскохозяйственных земель в пользовании крестьянских (фермерских) хозяйств. Представлена информация по современному состоянию цифрового картографического материала и доступность для сельскохозяйственных предприятий. Рассмотрены возможности использования Геопортала земельно-информационной системы Республики Беларусь, как источника геопроостранственных данных, для создания цифровой картографической основы в масштабе 1:10000. При этом рассмотрена возможность изготовления крупномасштабной планово-картографической основы и базы геоданных сельскохозяйственной организации в Республике Беларусь, что позволит осуществить цифровизацию процесса внутрихозяйственного землеустройства и переход к внедрению элементов системы точного земледелия в аграрное производство. Применение в комплексе элементов точного земледелия на территории сельскохозяйственной организации приведет к сокращению общих затрат на расходные материалы и позволит увеличить эффективность работы сельскохозяйственной организации.

Ключевые слова: землеустройство, цифровизация, геопортал, крупномасштабная планово-картографическая основа, база геоданных, земельно-информационная система

Original article

ON IMPROVING THE EFFICIENCY OF USING THE LAND RESOURCE POTENTIAL OF AGRICULTURAL ORGANIZATIONS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

O.N. Pisetskaya¹, A.A. Kutsayeva¹, T.V. Papaskiri²

¹Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus

²State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

Abstract. The article considers the trend of changing the area of agricultural organizations and peasant (farmer) farms in use. The dynamics of the increase in the area of agricultural land in the use of peasant (farm) farms is analyzed. Information on the current state of digital cartographic material and availability for agricultural enterprises is presented. The possibilities of using the Geoportal of the Land Information System of the Republic of Belarus, as a source of geospatial data to create a cartographic basis at a scale of 1:10000 are considered. At the same time, the possibility of producing a large-scale planning and cartographic basis and a geodatabase of an agricultural organization in the Republic of Belarus was considered, which will allow for the digitalization of the on-farm land management process and the transition to the introduction of elements of the precision farming system in agricultural production. The use of elements of precision farming in the complex on the territory of an agricultural organization will lead to a reduction in the total cost of consumables and will increase the efficiency of the agricultural organization.

Keywords: land management, digitalization, geoportal, large-scale planning and cartographic basis, geodatabase, land information system

Устойчивость развития землеустройства основана на устойчивом использовании земельных ресурсов, среди которых следует отметить мероприятия, указанные в Государственных программах, а именно: модернизация и развитие земельно-информационной системы на основе диверсификации решаемых задач, использования современных технологий сбора, обработки, агрегирования и генерирования, хранения и предоставления данных, в т.ч. больших данных; развитие единой системы социально-экономического и территориального планирования в рамках административно-территориальных и территориальных единиц различного уровня [1].

В соответствии с госпрограммой «Аграрный бизнес» на 2021 — 2025 годы Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь ставит задачи по проведению информатизации сельского хозяйства.

Процесс землеустройства включает в себя ряд мероприятий, среди которых особо значимыми для эффективного управления земельными ресурсами страны следует выделить разработку проектов внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственных организаций, в том числе крестьянских (фермерских) хозяйств.

В стране выстроена четкая система в области земельных отношений, в частности на высоком законодательном и методологическом уровне

определено решение вопросов по регулированию вопросов по изъятию и предоставлению земельных участков, разработке проектов землеустройства с использованием геоинформационных ресурсов.

В настоящее время в связи с возрастающей ролью цифровизации всех отраслей народного хозяйства Республики Беларусь, а также решению вопросов продовольственной безопасности страны, актуальными являются исследования в области эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения с применением геоинформационных технологий для целей внедрения элементов системы точного земледелия [12].

В соответствии со ст. 14, 15 Кодекса Республики Беларусь о земле, собственность на землю, земельные участки, может быть государственной и частной. Земли сельскохозяйственного назначения находятся в государственной собственности [2].

В стране по состоянию на 01.01.2024 г. общая площадь земель, находящаяся в пользовании сельскохозяйственных организаций, составляет 8701,1 тыс. га, в том числе земель сельскохозяйственного назначения — 7212,8 тыс. га (82,9%). Из них пахотных земель — 5000,3 тыс. га (69,3%), луговых земель — 2184,8 тыс. га (30,3%), под постоянными культурами — 27,7 тыс. га (0,4%).

За последние 10 лет прослеживается устойчивая тенденция сокращения площадей сельскохозяйственных организаций и увеличение площадей, находящихся в пользовании крестьянских (фермерских) хозяйствах (рис. 1).

Динамика изменения площадей четко прослеживается за последние 10 лет по крестьянским (фермерским) хозяйствам: общая площадь земель составляет 366,5 тыс. га, из них под землями сельскохозяйственного назначения — 320,9 тыс. га (87,6%). В том числе пахотных земель — 221,9 тыс. га (69,1%), под постоянными культурами — 7,8 тыс. га (2,43%), под луговыми землями — 91,2 тыс. га (28,4%). Следует отметить, что 83,1% сельскохозяйственных земель Республики Беларусь сосредоточено именно у этих двух категорий землепользователей, в том числе пахотных земель — 69,3%, что свидетельствует о необходимости эффективного использования пахотных земель с учетом сохранения плодородия почв.

В целом, в стране 38,7% — сельскохозяйственные земли, которые требуют достоверности при их учете, на постоянной основе проведения мероприятий по их рациональному использованию, систематическому мониторингу, проведению мероприятий по охране земель.

В настоящее время достоверность и оперативность получения и отслеживания указанной информации с целью выполнения вышеперечисленных мероприятий невозможно без использования геоинформационных систем (ГИС).

В Республике Беларусь отсутствует единый подход к обеспечению цифровым крупномасштабным планово-картографическим

материалом сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств.

Планово-картографические материалы в аналоговом формате практически потеряли свою актуальность, а существующие в сельскохозяйственных организациях планово-картографические материалы в значительной степени устарели и не отвечают современным требованиям, предъявляемым ресурсосберегающими и адаптированными агротехнологиями. Отсутствие достоверной информации не позволяет принимать оперативные и целесообразные решения при управлении земельными ресурсами [3].

Наличие актуального цифрового крупномасштабного материала позволит сформировать базу геоданных, что как следствие приведет к более точному учету и рациональному использованию земельных ресурсов сельскохозяйственных организаций, систематизации данных по полям севооборота, с возможностью правильного их расположения с учетом рельефа местности и др., что соответствует задачам государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021 — 2025 годы.

Цифровизация процесса внутрихозяйственного землеустройства с изготовлением крупномасштабной планово-картографической основы и базы геоданных сельскохозяйственной организации в Республике Беларусь, позволит осуществить переход к внедрению элементов системы точного земледелия.

Следует отметить, что точное земледелие необходимо рассматривать как не элемент технологии, и даже не совокупность нескольких элементов, а как современную доктрину управления сельским хозяйством, на основе применения цифровых методов учета динамики и совершенствования процессов сельскохозяйственного производства.

Система точного земледелия затрагивает все аспекты сельскохозяйственного производства, предусматривает как применение ресурсов с учетом динамики разнообразных показателей в пределах не только поля, но и любого земельного участка, так и позволяет повысить рентабельность производства при одновременном снижении негативного воздействия на окружающую среду. Главным аспектом применения системы точного земледелия

в агропромышленном комплексе является использование информационных и коммуникационных технологий.

Применение в комплексе элементов точного земледелия на территории сельскохозяйственной организации приведет к сокращению общих затрат на расходные материалы и позволит увеличить эффективность работы сельскохозяйственной организации.

В соответствии с [4], точное земледелие — управление продуктивностью посевов с учетом внутривидовой вариативности среды обитания растений, которое включает 3 этапа:

- сбор информации о хозяйстве, поле, культуре, регионе;
- анализ информации и принятие решений;
- выполнение решений.

До настоящего времени, одним из самых распространенных и изученных этапов является первый этап.

Выполнение второго этапа — анализ информации и принятие решений, невозможно выполнить без наличия крупномасштабного планово-картографического материала на территорию сельскохозяйственной организации и сведений по внутрихозяйственной организации территории.

Наличие и использование планово-картографических материалов в цифровом виде позволит реализовать управленческие решения в области управления земельными ресурсами сельскохозяйственной организации.

Актуальные цифровые крупномасштабные планово-картографические материалы позволяют получить детальную информацию о каждом земельном участке.

Рассчитать точную площадь посевов сельскохозяйственных культур в пределах одного поля невозможно без крупномасштабных планово-картографических материалов. Такие объекты как технологические пруды, линии электропередач (столбы, опоры) и ряд других, которые не отображаются на мелкомасштабных планово-картографических материалах, не позволяют вычислить точное значение площадей земельных участков, разработать траектории движения сельскохозяйственной техники, оснащенной системами точного геоопозиционирования.

Для создания цифровых карт и планов на различные территории, баз геопространственных данных о качественных и количественных характеристиках земель, а также контролем за их использованием широко применяются геоинформационные системы (ГИС). Благодаря их использованию, можно обеспечить: автоматизацию процесса получения данных об объектах; точность получения геопространственной информации; возможность корректировки и обновления содержания имеющихся данных; возможность использования данных через Internet; осуществление многофункционального анализа данных; наглядность при визуализации объектов; создание картограмм; оперативность поиска объектов [5, 6].

Значение ГИС в современном мире невозможно недооценивать. Она играет важную роль в планировании и управлении ресурсами, предоставляя точные и актуальные данные для принятия оптимальных обоснованных решений: ведение информационной базы, учет и мониторинг сельскохозяйственных земель, организация рационального использования земель,

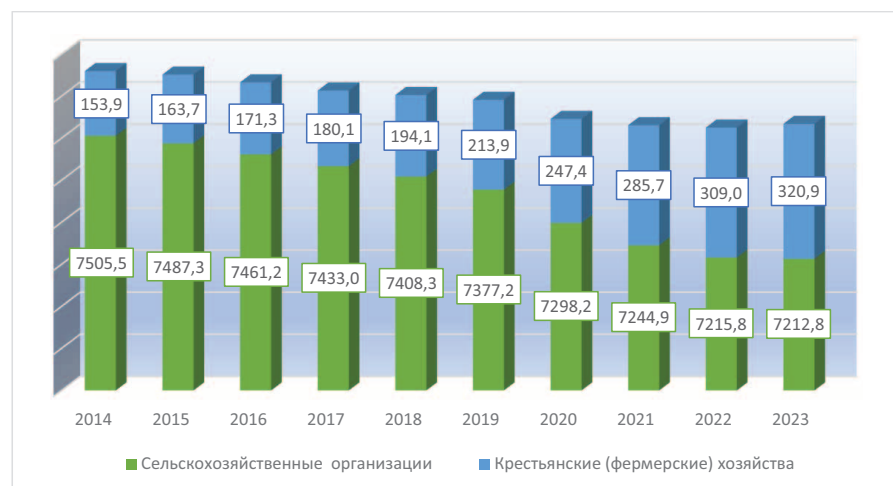


Рисунок 1. Распределение сельскохозяйственных земель по категориям землепользователей, тыс. га
Figure 1. Distribution of agricultural land by categories of land users, thousand hectares



планирование и учет операций, обмен информацией с внешними системами.

В агропромышленном комплексе ГИС также играют важную роль, и кроме того, выполняют широкий спектр функций [13]:

- внедрение системы сберегающего и точного земледелия;
- создание автоматизированных рабочих мест для специалистов сельскохозяйственных организаций;
- поддержка оперативного принятия управленческих решений за счет мобильности применения и актуальности предоставляемой информации;
- формирование и расширение информационной базы данных сельскохозяйственных организаций по назначению и содержанию, привязка информации к конкретным земельным участкам, полям, объектам недвижимости и отдельным территориям, наложение ее информацией о наличии и распределении хозяйственных построек, направлений животноводства, материально-технической обеспеченности, средств механизации, удобрений и химических средств защиты;
- обеспечение хранения и поддержки в актуальном состоянии информационных баз данных;
- предоставление необходимой информации специалистам смежных отраслей (почвоведов, агрохимиков, зоотехников и другим);
- работа с информацией посредством персональных компьютеров, ноутбуков, навигаторов, мобильных телефонов и т.
- использование интернет-технологии (WEB-портал, геоportal, геосервер) для обмена, передачи и контроля данных.

Приоритетным направлением инновационного технологического развития в области управления земельными ресурсами на

ближайшую перспективу является использование геоинформационных систем и технологий, совершенствование Геопортала земельно-информационной системы Республики Беларусь и развитие цифрового внутрихозяйственного землеустройства как информационной базы для сельскохозяйственного производства.

Наиболее быстрым и менее затратным можно обозначить способ получения цифрового планово-картографического материала на основе данных земельно-информационной основы Республики Беларусь.

Земельно-информационная система Республики Беларусь (ЗИС) — Государственная географическая информационная система, представленная комплексом программно-технических средств, баз пространственно-атрибутивных данных, каналов информационного обмена и других ресурсов и обеспечивающая автоматизацию накопления, обработки, хранения и предоставления сведений о состоянии, распределении и использовании земельных ресурсов в электронном виде, в том числе с использованием средств геоинформационных технологий [7].

Информационное содержание ЗИС представлено данными о границах административно-территориальных и территориальных единиц; о земельных участках, их границах и административно-территориальной принадлежности; о распределении земель по категориям и видам (подвидам, разновидностям), их мелиоративном состоянии; об ограничениях (обременениях) прав на земельные участки; текущих изменениях в составе и распределении земель и др. (рис. 2).

ЗИС Республики Беларусь приобретает широкое распространение в различных отраслях страны, но основным назначением ее остается обеспечение земельно-кадастровой отрасли страны, в основном для решения задач по

информационному обеспечению и автоматизации землеустройства, при переводе земель из одних категорий и видов в другие и отнесения земель к определенным видам, при установлении (изменения) нефиксированных границ административно-территориальных и территориальных единиц, границ земельных участков и др.

Базы данных ЗИС создаются (обновляются) с геометрической точностью, обеспечиваемой точностью ортофотопланов, на основании которых оцифрованы объекты ЗИС. При этом, базы данных ЗИС районов создаются (обновляются) по ортофотопланам масштаба 1:10 000 [8].

Планово-картографические материалы в аналоговом формате практически потеряли свою актуальность, поскольку ЗИС более мобильна и может обновляться даже в онлайн режиме, что для системы землеустройства весьма актуально при онлайн технологиях. Геоportal земельно-информационной системы Республики Беларусь на современном этапе своего развития не в полном объеме отвечает всем требованиям, для осуществления проекта внутрихозяйственного землеустройства в цифровом виде с последующим его использованием для внедрения элементов точного земледелия.

При этом цифровизация отраслей народного хозяйства предполагает повышение требований к полноте, точности, детальности используемого планово-картографического материала, экономии трудовых и временных ресурсов, эффективности использования сельскохозяйственных земель. Таким образом, главными и наиболее востребованными элементами цифровизации сельского хозяйства на современном этапе его развития являются цифровое картографирование (создание электронной карты полей) [9, 10].

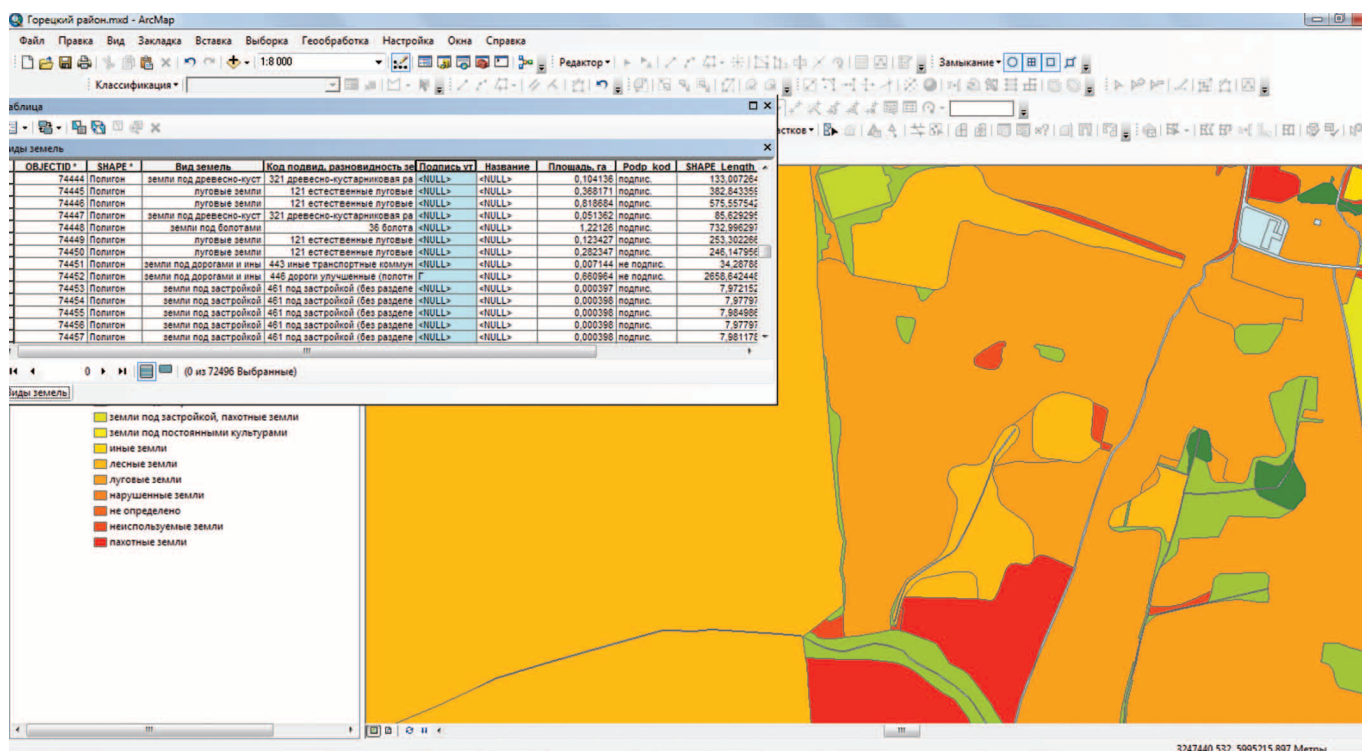


Рисунок 2. Фрагмент земельно-информационной системы Гореческого района
Figure 2. A fragment of the Goretzky district land information system



Одним из этапов проведения землеустройства в Республике Беларусь является разработка проектов внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственных организаций, включая крестьянские (фермерские) хозяйства, в том числе переход к цифровому внутрихозяйственному землеустройству с целью использования элементов системы точного земледелия. Использование элементов системы точного земледелия невозможно без разработки цифровых проектов внутрихозяйственного землеустройства, которые будут представлены также, как и традиционные проекты внутрихозяйственного землеустройства в формате текстовой и графической документации, но в цифровом виде, что позволит с большей эффективностью определить и экономически обосновать организацию и устройство территории сельскохозяйственных земель организации на ближайшую перспективу с учетом специализации сельскохозяйственной организации, природно-экономических условий, улучшения использования земельных, трудовых и иных ресурсов организации.

Основными задачами при разработке проекта внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственной организации являются повышение эффективности (экономической, экологической и социальной) использования и охраны сельскохозяйственных земель путем разработки, обоснования и осуществления комплекса мероприятий, обеспечивающих наиболее оптимальное использование каждого земельного участка с учетом его индивидуальных характеристик (плодородия, технологических

свойств, местоположения, природно-исторических, экологических и других особенностей), повышение рентабельности производства сельскохозяйственной продукции.

При этом, объектом проектирования являются все сельскохозяйственные земли (предоставленные в пользование и аренду юридическим лицам для ведения сельского хозяйства), и несельскохозяйственные земли в границах их землепользований, которые могут быть вовлечены в сельскохозяйственный оборот или использованы для создания или совершенствования инфраструктуры сельскохозяйственного производства.

Заказчиками на разработку проектов внутрихозяйственного землеустройства могут выступать сельскохозяйственные организации, местные исполнительные и распорядительные органы, Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь.

На территории страны, разработкой проектов внутрихозяйственного землеустройства занимаются предприятия, подведомственные Государственному комитету по имуществу Республики Беларусь — РУП «Проектный институт Белгипрозем» и его дочерние предприятия.

По желанию заказчика, одновременно с проектом может изготавливаться Книга ведения севооборотов сельскохозяйственной организации, содержание которой отражает информацию по каждому рабочему участку: форму и местоположение, площадь, балл плодородия, технологические характеристики, агрохимические показатели и др. [11]. В цифровом виде она представляет собой базу данных с динамичным

наполнением, которая позволит как землеустроителям, так и агрономам отслеживать выполнение проектных решений на ближайшую перспективу. При необходимости информационная база может быть расширена и дополнена необходимым количеством показателей (состояние внесения органических и минеральных удобрений на каждом участке, вид обработки почвенного покрова, выращиваемая сельскохозяйственная культура, предшественники и т.д.), которые можно обновлять в онлайн либо офлайн режимах.

Следует отметить, что проекты внутрихозяйственного землеустройства разрабатываются на основе земельно-информационной системы Республики Беларусь, а следовательно, в масштабе 1:10 000, что в связи с цифровизацией отраслей агропромышленного комплекса и внедрением элементов системы точного земледелия требует изготовления крупномасштабной цифровой планово-картографической основы.

В настоящее время, одним из самых эффективных и доступных методов получения пространственных данных для целей крупномасштабного картографирования с разрешением до 1 см, является аэрофотосъемка с использованием беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

При использовании БЛА возможно получение таких выходных продуктов, как: ортофотоплан, облако точек, цифровые модели местности и рельефа и др.

Следует отметить, что получение материалов аэрофотосъемки с использованием БЛА, позволяет снизить стоимость и трудовые затраты на проведение топографических работ для изготовления цифровой крупномасштабной картографической основы.

При необходимости, планово-картографические материалы в цифровом виде, полученные по результатам аэрофотосъемки, при необходимости повышения их детальности и полноты, возможно дополнить наземными методами съемки. Планово-картографические материалы, которые получают в результате оцифровки данных БЛА являются наиболее актуальным, оперативным и достоверным материалом.

В Республике Беларусь выполнением аэрофотосъемочных работ с использованием БЛА для целей землеустройства, комплексных кадастровых работ, цифрового картографирования и др. занимается Республиканское дочернее аэрофотогеодезическое предприятие «БелПСАГИ».

По результатам создания крупномасштабной цифровой планово-картографической основы сельскохозяйственной организации, есть необходимость в формировании базы геоданных, которая будет содержать информацию о площадях контуров земель, сведения о вкрапленных контурах, их местоположении с точностью созданной планово-картографической основы, сведения о рельефе местности, информацию о наличии и содержании агрохимических показателей почвы, ее кислотности и др.

Указанная информация дает возможность в полном объеме оценить рациональное использование земельных массивов, рассчитать затраты на обработку конкретного массива, а также вычислить достоверно урожайность сельскохозяйственных культур. Крупномасштабная цифровая планово-картографическая основа, созданная на земли сельскохозяйственной организации с базой геоданных позволит наиболее оперативно внедрить элементы



Рисунок 3. Фрагмент ортофотоплана, полученного по данным съемки с беспилотного летательного аппарата Phantom 4 Pro
Figure 3. A fragment of an orthophotoplane obtained from the shooting data from the Phantom 4 Pro unmanned aerial vehicle



системы точного земледелия и подготовить пространственную основу для заинтересованных сторон.

Следовательно, для повышения эффективности использования земельно-ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций необходима оперативная и актуальная планово-картографическая информация. Основным источником для агропромышленного комплекса может стать земельно-информационная система Республики Беларусь, в частности Геопортал ЗИС Республики Беларусь. Однако точность создания ЗИС не в полной мере обеспечивают возможности внедрения инновационных технологий в аграрное производство. Вопрос создания и внедрения баз геопространственных данных остается открытым и основным источником является данные, получаемые при съемке территории с БЛА в комплексном применении с геоинформационными технологиями. В связи с этим требуется разработка методики создания (обновления) геопространственных баз данных в контексте цифровизации процесса внутрихозяйственного землеустройства с изготовлением крупномасштабной планово-картографической основы и базы геоданных на земли сельскохозяйственных организаций в Республике Беларусь, что позволит осуществить переход к внедрению элементов системы точного земледелия и повышения эффективности использования земельных ресурсов.

Таким образом, внедрение цифровых технологий, в агропромышленный комплекс страны, в частности создание крупномасштабных цифровых планово-картографических материалов на территорию сельскохозяйственной организации с базой геоданных, позволит оценить зрелость сельскохозяйственной организации и способность адаптироваться к интегрированию новых технологий в свои операционные процессы.

Список источников

1. Государственная программа «Земельно-имущественные отношения, геодезическая и картографическая деятельность» на 2021–2025 годы // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. Режим доступа : <http://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100055>.
2. Кодекс Республики Беларусь о земле от 23 июля 2008 г. № 425-З. Информационно-поисковая система Эталон-онлайн. Режим доступа: http://etalonline.by/document/?regnum=hk0800425&q_id=10574517.

3. Измайлов А.Ю., Личман Г.И., Марченко Н.М. Точное земледелие: проблемы и пути решения // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 5. С. 9–14.

4. Бикбулатова Г.Г. Технологии точного земледелия // Омский научный вестник. 2008. № 2 (71). С. 45–49.

5. Науменко Н.О. Использование ГИС-систем в мониторинге земель сельскохозяйственного назначения. Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых КубГАУ. 2017. С. 740–741.

6. Васьула А.В. и др. Опыт использования технологий точного земледелия в Республике Беларусь // Наука и техника. 2018. № 6. С. 269–274.

7. О геодезической и картографической деятельности: Закон Республики Беларусь от 14 июля 2008 г. № 396-З. Информационно-поисковая система Эталон-онлайн. Режим доступа: http://etalonline.by/document/?regnum=hk0800425&q_id=10574517.

8. Андреев К.П. и др. Внедрение системы точного земледелия // Вестник РГАТУ. 2019. № 2 (42). С. 74–80.

9. Галеев Э.И., Ишбулатов М.Г. Роль картографии для точного земледелия // Вестник БГАУ. 2019. № 2. С. 21–25.

10. Земельно-информационная система Республики Беларусь. Порядок создания, ведения (эксплуатации и обновления): ТКП 610-2023 (33520). Введен 19.10.2023. Минск: Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь, 2024. 113 с.

11. Разработка проекта внутрихозяйственного землеустройства. Режим доступа: http://www.belgiprozem.by/vidy_deyatelnosti/razrabotka-proektov-vnutrikhoyzaystvennogo-zemleustrojstva

12. Аграрное образование и наука для агропромышленного комплекса: материалы республиканской научно-практической конференции Белорусская агропромышленная неделя БЕЛАГРО-2023. Режим доступа: <http://baa.by/upload/science/conferencii/belagro-2023.pdf>

13. ГИС технологии в агропромышленном комплексе. Режим доступа: <http://arcreview.esri-cis.ru/2013/05/13/gis-technologies-in-belarus/>

References

1. State program «Land and property relations, geodetic and cartographic activities» for 2021–2025. National legal Internet portal of the Republic of Belarus. Access mode: <http://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100055>.

2. Code of the Republic of Belarus on Land dated July 23, 2008 No. 425-Z. Information retrieval system Etalon-online. Access mode: http://etalonline.by/document/?regnum=hk0800425&q_id=10574517.

3. Izmailov A.Yu., Lichman G.I., N. M. (2010). *Tochnoe zemledelie: problemy i puti resheniya* [Precision agriculture: problems and solutions]. *Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii* [Maszyny i technologie rolnicze, no. 5, pp. 9–14].

4. Bikbulatova G.G. (2008). *Tekhnologii tochnogo zemledeliya* [Precision farming technologies]. *Omskii nauchnyi vestnik* [Omsk Scientific Bulletin], no. 2 (71), pp. 45–49.

5. Naumenko N.O. (2017). *Ispol'zovanie GIS-sistem v monitoringe zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya* [The use of GIS systems in monitoring agricultural lands]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sbornik statei po materialam IX Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh KuBGau* [Scientific support of the agro-industrial complex: a collection of articles based on the materials of the IX All-Russian conference of young scientists of KubGAU], pp. 740–741.

6. Vashchula A.V. (2018). *Opyt ispol'zovaniya tekhnologii tochnogo zemledeliya v Respublike Belarus'* [Experience in using precision farming technologies in the Republic of Belarus]. *Nauka i tekhnika* [Science and technology], no. 6, pp. 269–274.

7. On geodetic and cartographic activities: Law of the Republic. Belarus dated July 14, 2008 No. 396-Z. Information retrieval system Etalon-online. Access mode: http://etalonline.by/document/?regnum=hk0800425&q_id=10574517.

8. Andreev K.P. (2019). *Vnedrenie sistemy tochnogo zemledeliya* [Introduction of a precision farming system]. *Vestnik RGAU* [Bulletin of the BGATU], no. 2 (42), pp. 74–80.

9. Galeev E.H. I. (2019). *Rol' kartografii dlya tochnogo zemledeliya* [The role of cartography for precision agriculture]. *Vestnik BGAU* [Bulletin of the BGAU], no. 2, pp. 21–25.

10. *Zemel'no-informatsionnaya sistema Respubliki Belarus' Poryadok sozdaniya, vedeniya (ekspluatatsii i obnoveniya)* [Land information system of the Republic of Belarus. Procedure for creation, maintenance (operation and updating)], ТКП 610-2023 (33520), enter 19.10.2023, State Property Committee of the Republic Belarus, Minsk, 113 p.

11. Development of an on-farm land management project. Access mode: http://www.belgiprozem.by/vidy_deyatelnosti/razrabotka-proektov-vnutrikhoyzaystvennogo-zemleustrojstva/.

12. Agricultural education and science for the agro-industrial complex: materials of the republican scientific and practical conference Belarusian Agro-Industrial Week BELAGRO-2023. Access mode: <http://baa.by/upload/science/conferencii/belagro-2023.pdf>.

13. GIS technologies in the agro-industrial complex. Access mode: <http://arcreview.esri-cis.ru/2013/05/13/gis-technologies-in-belarus/>.

Информация об авторах:

Писецкая Ольга Николаевна, кандидат технических наук, доцент, декан землеустроительного факультета, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9226-8220>, piseckaja@tut.by
Куцаева Олеся Алексеевна, старший преподаватель кафедры геодезии и фотограмметрии землеустроительного факультета, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4948-6262>, alexa-1982@bk.ru
Папаскири Тимур Валикович, кандидат сельскохозяйственных наук, доктор экономических наук, профессор, врио ректора, заведующий кафедрой цифрового земледелия и ландшафтной архитектуры, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3780-9060>, t_papaskiri@mail.ru

Information about the authors:

Olga N. Piseckaya, candidate of technical sciences, associate professor, Dean of the Faculty of land use planning, Belarusian State Agricultural Academy, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9226-8220>, piseckaja@tut.by
Alesia A. Kutsayeva, senior lecturer at the department of geodesy and photogrammetry, the Faculty of land use planning, Belarusian State Agricultural Academy, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4948-6262>, alexa-1982@bk.ru
Timur V. Papaskiri, candidate of agricultural sciences, doctor of economic sciences, professor, acting rector, head of the department of digital agriculture and landscape architecture, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3780-9060>, t_papaskiri@mail.ru





ОБРАЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА ПУТЁМ ВЫДЕЛА В СЧЁТ ЗЕМЕЛЬНОЙ ДОЛИ ИЛИ ЗЕМЕЛЬНЫХ ДОЛЕЙ ИЗ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Л.Н. Липина, Н.В. Жукова, А.В. Легенькова

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по образованию земельного участка путём выдела в счёт долей из земель сельскохозяйственного назначения. В настоящее время законодательство все еще нуждается в совершенствовании, унификации, гармонизации и устранении коллизионных норм. Значительная преграда для оборота земель сельскохозяйственного назначения представляет собой институт долей, введенный в России ходе земельной реформы, осуществленная в 90 годы XX столетия. Цель исследования — управление землями в счёт долей из земель сельскохозяйственного назначения расположенными на территориях муниципальных образований. Предмет исследования — образование нового земельного участка путём выдела в счёт долей из земель сельскохозяйственного назначения для постановки на государственный кадастровый учет с одновременной регистрацией права. Объект исследования расположен в Елизовском районе Камчатского края, который представляет собой единое землепользование с кадастровым номером 41:05:0000000:8, общей площадью 5,2 га, в состав которого входят две земельные доли. Рассмотренный порядок производства работ ориентирован только на формирование новой земельной собственности, но не связывается с последующей организацией рационального использования и охраной этих земельных участков, что чрезвычайно важно для земель сельхозназначения. Решения этих проблем, для эффективного управления землями в счёт долей из земель сельскохозяйственного назначения расположенными на территориях муниципальных образований это выполнение комплексных кадастровых работ, а по их завершению осуществление комплексного землеустройства территории.

Ключевые слова: землепользование, земельная доля, долевая собственность, выдел, проект межевания, межевой план, кадастровый учет, регистрация прав

Original article

FORMATION OF A LAND BY ALLOCATING A LAND SHARE OR LAND SHARE FROM AGRICULTURAL LAND

L.N. Lipina, N.V. Zhukova, A.V. Legenkova

Pacific National University, Khabarovsk, Russia

Abstract. The article presents the results of research on the formation of a land plot by allocating shares from agricultural land. Currently, legislation still needs to be improved, unified, harmonized and eliminated conflict of laws rules. A significant obstacle to the turnover of agricultural land is the institution of shares, introduced in Russia during the land reform carried out in the 90s of the twentieth century. The purpose of the study is to manage land at the expense of shares of agricultural land located in the territories of municipalities. The subject of the study is the formation of a new land plot by allocating shares from agricultural lands for registration with the state cadastral register with simultaneous registration of rights. The research object is located in the Elizovsky district of the Kamchatka Territory, which is a single land use with cadastral number 41:05:0000000:8, with a total area of 5.2 hectares, which includes two land shares. The considered procedure for carrying out work is focused only on the formation of new land ownership, but is not associated with the subsequent organization of rational use and protection of these land plots, which is extremely important for agricultural land. The solution to these problems, for the effective management of lands at the expense of shares of agricultural lands located in the territories of municipalities, is the implementation of complex cadastral works, and upon their completion, the implementation of comprehensive land management of the territory.

Keywords: land use, land share, shared ownership, allotment, land surveying project, land survey plan, cadastral registration, registration of rights

Введение. Земли сельскохозяйственного назначения, являясь особым объектом природного мира выступают в качестве одного из наиболее сложных объектов управления в силу того, что они не являются продуктом человеческого труда, не способны воспроизводиться искусственно, всегда физически ограничены, характеризуются абсолютным уровнем не мобильности, качественной неоднородностью, а в процессе производственной деятельности хозяйствующих субъектов аграрной сферы выступает не только в качестве предмета, но и орудия труда. Земли данной категории имеют особый правовой режим и направленную на сохранение их площади, предотвращение развития негативных процессов и повышение плодородия почв.

Под термином «плодородие почвы» следует понимать способность почвы удовлетворять потребность растений для нормальной их жизнедеятельности (питательных веществ в подвижной форме, возможность трансформации их в почвенный запас и обратно, водный, воздушный и тепловой режимы) [1,2]. На 1 января 2023 года площадь земель сельскохозяйствен-

ного назначения в РФ составляет 379 134,7 тыс. га, что на 543,7 тыс. га уменьшилась по сравнению с предыдущим годом. Площадь сельскохозяйственных угодий в составе категории земель сельскохозяйственного назначения составляет 197 668,8 тыс. га., из них на пашни приходится 116 190 тыс. га или 30,6% от всей категории земель в процентах [3]. В земельном праве принципы (межотраслевые и отраслевые) закреплены в Земельном кодексе РФ 25.10.2001 № 136-ФЗ, а институциональные в специальных федеральных законах, так, в Федеральном законе от 24.07.2002 года № 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» определены основные принципы оборота земель сельскохозяйственного назначения [4].

В настоящее время законодательство все еще нуждается в совершенствовании, унификации, гармонизации и устранении коллизионных норм. Значительная преграда для оборота земель сельскохозяйственного назначения представляет собой институт долей, введенный в России ходе земельной реформы и осуществленная в 90 годы XX столетия [5]. Массовая

приватизация земель сельскохозяйственного назначения привела к тому, что часть собственников земель утратила реальную связь с землей и незаинтересованно в ее эффективном использовании. Земельная доля выступает в роли земельного участка, которая предоставляется физическому или юридическому лицу в праве общей собственности на земельные участки и рассчитывается в гектарах или баллогектарах [6]. Собственникам земельных долей были выданы свидетельства о праве собственности на землю без определения на местности местоположения и границ земельных участков, выделяемых в счет земельных долей. Тем не менее возникают ситуации, требующие выделения земельной доли в натуре для образования самостоятельного земельного участка, либо возникает необходимость исключить возможность влияния на его судьбу третьих лиц и иметь возможность независимо им распоряжаться, что является актуальным вопросом в настоящее время. При этом необходимо сохранить основной принцип оборота земель сельскохозяйственного назначения — сохранение их целевого использования.



Цель исследования — управление землями в счёт долей из земель сельскохозяйственного назначения расположенными на территориях муниципальных образований для эффективного их использования.

Предмет исследования — образование нового земельного участка путём выдела в счёт долей из земель сельскохозяйственного назначения для постановки на государственный кадастровый учёт с одновременной регистрацией права.

Объект и методы исследований. Объект исследования расположен в Камчатской крае, это бывший совхоз «Камчатский» и представляет собой единое землепользование с кадастровым номером 41:05:0000000:8, общей площадью 5,2 га, в состав которого входят две земельные доли.

Выдел в счёт доли на праве общей собственности из земельного участка сельскохозяйственного назначения осуществляется на основании ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» (в ред. от 29.12.2022 № 639-ФЗ). В следствие действующего законодательства, во всех случаях, необходимыми условиями для вовлечения земельных участков, выделяемых в счёт земельных долей, в сельскохозяйственный оборот являются землеустроительные и кадастровые работы. Важно отметить основные этапы оформления земельных участков путём выдела в счёт доли (долей) из земель сельскохозяйственного назначения:

- подготовительные работы: получение и анализ сведений единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) в отношении земельного участка, из которого планируется провести выдел, анализ исходной документации;
- подготовка проекта межевания земельных участков (ПМЗУ);
- публикация извещения о проведении общего собрания в средствах массовой информации (СМИ);
- проведение общего собрания об утверждении проекта межевания;
- утверждение проекта межевания;
- кадастровые работы и подготовка межевого плана;
- государственный кадастровый учёт и регистрация прав.

Площадь образуемого земельного участка определяется на основании правоудостоверяющих документов, которые подтверждают право собственности на земельную долю. При этом площадь выделяемой земельной доли в натуре может отличаться от установленной площади, если ее изменение осуществляется с учетом состояния и свойств почвы [7].

Проект межевания земельных участков (ПМЗУ) — это основной документ в процедуре выдела земельной доли в натуре, который предназначен для определения площади и местоположения границ образуемого участка. ПМЗУ подготавливается кадастровым инженером в соответствии с требованиями Закона № 101-ФЗ и Приказа Министерства экономического развития РФ от 03.08.2011 № 388 «Об утверждении требований к проекту межевания земельных участков» [8].

Утверждается ПМЗУ решением общего собрания участников долевой собственности на земельный участок (земельные участки) из земель сельскохозяйственного назначения или решением собственника земельной доли или земельных долей [9]. Во втором случае кадастровый инженер обеспечивает возможность

ознакомиться с проектом межевания до его утверждения, при поступлении возражений относительно размера и местоположения границ выделяемого земельного участка. Споры о местоположении границ выделяемого в счёт земельной доли или земельных долей земельного участка рассматриваются в судебном порядке.

Для выдела доли в натуре из земельного участка категории земель населенных пунктов применяется п. 5 ст. 11.2 ЗК РФ, а действие Закона № 101-ФЗ не распространяется [10], поэтому подготовка ПМЗУ не требуется. В Гражданском кодексе РФ (п. 1 ст. 246) определено, что распоряжение имуществом, находящимся в долевой собственности, осуществляется по соглашению всех ее участников и участник долевой собственности вправе требовать выдела своей доли из общего имущества [11]. При не достижении 100% согласия от всех собственников долей образование такого участка возможно решить только в судебном порядке.

После процедуры согласования и утверждения проекта межевания, осуществляется подготовка межевого плана для постановки на государственный кадастровый учёт и государственную регистрацию прав. Вследствие невозможности установления на местности границ образуемого земельного участка в точности с утвержденным ПМЗУ, определяемая площадь в результате кадастровых работ может отличаться от площади, указанной в правоудостоверяющих документах, но не более чем на 10%.

Основные результаты. Согласно выписки из ЕГРН на земельный участок с кадастровым номером 41:05:0000000:8, доля предоставлена площадью 2,6 га с оценкой 130 баллогектаров. Также на данную территорию имеется план инвентаризации сельскохозяйственных угодий совхоза «Камчатский». Выдел долей в натуре осуществляется из единого землепользования 41:05:0000000:8, а именно из обособленного участка с кадастровым номером 41:05:0101018:29 (поле № 56).

Проект межевания земельных участков выполнен для образования земельного участка в счёт двух земельных долей единого землепользования с кадастровым номером 41:05:0000000:8. Данный проект состоит из текстовой и графической частей, в составе которой прилагается проектный план (рис 1).

Для согласования ПМЗУ администрацией Новолесновского сельского поселения было подготовлено извещение о проведении общего собрания участников долевой собственности на земельный участок с кадастровым номером 41:05:0000000:8, которое было опубликовано в информационном бюллетене «Елизовский Вестник» выпуска № 31 (637) от 10.08.2023г.

В связи с тем, что по истечению 30 дней со дня выхода объявления в СМИ, возражений относительно размера и местоположения границ выделяемого земельного участка из долевой собственности не поступило, проект межевания земельных участков был утвержден решением собственника земельной доли, а также согласован с иными участниками долевой собственности.

Следующим этапом был подготовлен кадастровым инженером межевой план в связи с образованием земельного участка путём выдела в счёт доли (долей) в праве общей собственности на земельный участок с кадастровым номером 41:05:0000000:8 (единое землепользование, общей площадью 975,5 га), расположенный по адресу: Камчатский край, р-н. Елизовский. По результатам кадастровых работ площадь образуемого земельного участка составила 52593 кв.м.

При этом размер долей правообладателя в земельном участке с кадастровым номером 41:05:0000000:8 согласно правоустанавливающему документу выражен в виде значения площади и составляет 5,2 га, разница площади с выпиской из ЕГРН об основных характеристиках и зарегистрированных правах на объект недвижимости равна 593 кв.м., что является допустимым и не превышает 10%.

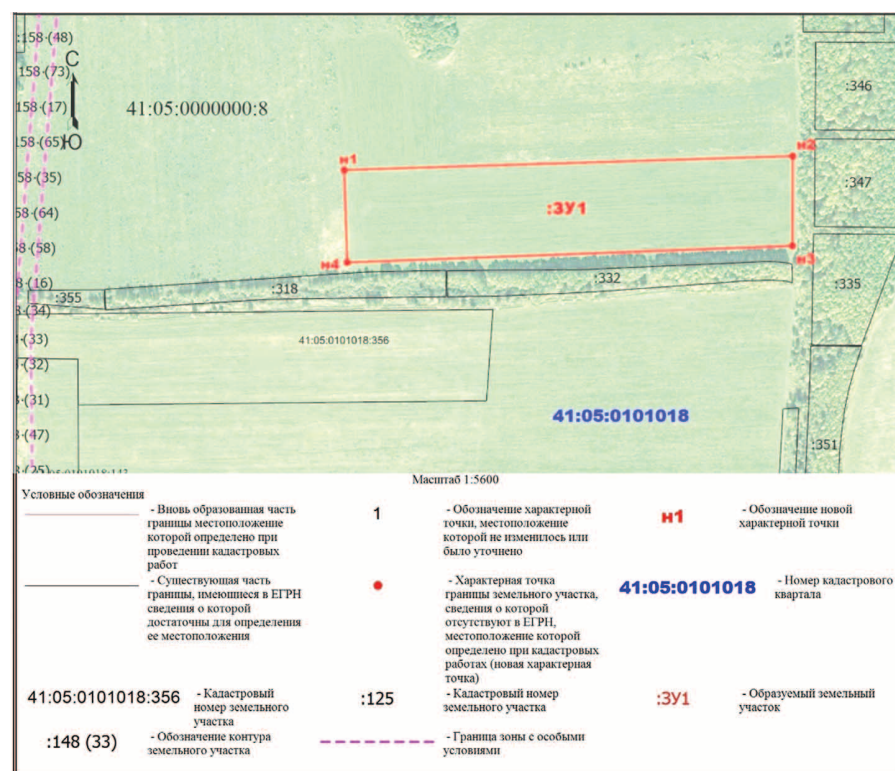


Рисунок 1. Проектный план
Figure 1. Project plan



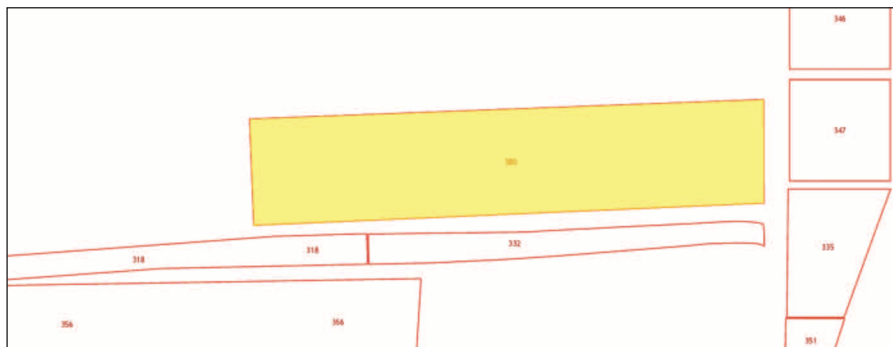


Рисунок 2. Фрагмент Публичной кадастровой карты [12]
Figure 2. Fragment of the Public Cadastral Map

Межевой план подготавливается в форме электронного документа, заверенного усиленной квалифицированной электронной подписью кадастрового инженера, и подается в Росреестр вместе с заявлением о государственном кадастровом учете недвижимого имущества с одновременной государственной регистрацией прав. В результате собственник получил выписку из ЕГРН об основных характеристиках и зарегистрированных правах на образованный земельный участок, которому был присвоен кадастровый номер 41:05:0101018:380.

Образованный земельный участок 41:05:0101018:380 и соседние с ним земельные участки (41:05:0101018:332, 41:05:0101018:318, 41:05:0101018:356, 41:05:0101018:347, 41:05:0101018:335) расположенные не оптимально (рис.2), так как между ними отсутствуют пространства, не достаточные по своим размерам для самостоятельного хозяйственного использования, которые приводят к потере потенциально качественных земель и ведут к невозможности использования их по назначению.

Администрация Новолесновского сельского поселения согласовывая ПМЗУ для образования земельных участков в счёт земельных долей по каждому (отдельному) заявлению, а не разрабатывая единый ПМЗУ на территорию всего единого землепользования, тем самым приводит к потере потенциально качественных земель, появлению чересполосицы. Для решения этой проблемы предлагается проводить комплексное землеустройство территории.

Закключение. В целях восстановления функции земли как имущества, приведен алгоритм выдела долей в натуре из единого землепользования 41:05:0000000:8, на примере обособленного участка с кадастровым номером 41:05:0101018:29, путем образования нового земельного участка 41:05:0101018:380 путём выдела в счёт долей из земель сельскохозяйственного назначения для постановки на государственный кадастровый учет с одновременной регистрацией права.

Однако действующий порядок производства работ ориентирован только на формирование

новой земельной собственности, но не связывается с последующей организацией рационального использования и охраной этих земельных участков, что чрезвычайно важно для земель сельскохозяйственного назначения. Именно поэтому в системе землепользований сельскохозяйственных организаций и граждан, занимающихся сельскохозяйственным производством, появляются такие явления как чересполосица, мозаичность расположения земельных участков, что наносит значительный вред экономике хозяйств. Решением этих проблем, для эффективного управления землями в счёт долей из земель сельскохозяйственного назначения расположенными на территориях муниципальных образований это выполнение комплексных кадастровых работ, а по их завершению осуществление комплексного землеустройства территории.

Список источников

1. Асеева Т.А. и др.. Сельское хозяйство Дальнего Востока: условия, проблемы и потенциал развития. Хабаровск: Институт экономических исследований Дальневосточного отделения РАН, 2020. 162 с.
2. Cheng, S. Uncertainties of Soil Moisture in Historical Simulations and Future Projections / S. Cheng, J. Huang, F. Ji [et al.] // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2017. № 122(4). P. 2239-2253.
3. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в РФ в 2022 году. Москва. 2023.
4. Земельный кодекс Российской Федерации от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ (ред. от 04.08.2023 г.) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2023) [Электронный ресурс]: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (дата обращения 10.02.2024).
5. Косинский В.В. и др.. Мониторинг и рациональное использование пахотных земель Ставропольского края // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2017. № 9(152). С. 47-55.
6. Ковязин В.Ф. Проблемы регулирования оборота земельных долей и пути их решения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2023. № 8. С. 466-472.
7. Волков С.Н. Совершенствование землеустройства при образовании земельных участков, выделяемых в счёт земельных долей // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 3(393). С. 208-211.
8. Липина Л.Н., Совершенствование управления землями Свободненского района Амурской области. Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 6-1 (120). С. 152-157.

9. Приказ Минэкономразвития России от 03.08.2011 № 388 (ред. от 11.02.2014) «Об утверждении требований к проекту межевания земельных участков» [Электронный ресурс]: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_119534/ (дата обращения 10.02.2024).

10. Федеральный закон от 24.07.2002 № 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» (последняя редакция) [Электронный ресурс]: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37816/ (дата обращения 10.02.2024).

11. Фролов Н.М. «Управление и распоряжение землями сельскохозяйственного назначения», Ассоциация «Совет муниципальных образований Хабаровского края». Хабаровск, 2020.

12. Публичная кадастровая карта URL: <http://pkk.rosreestr.ru/> (дата обращения: 10.02.2024).

References

1. Aseeva T., Kiselev E., Sukhomirov G. (2020). *Sel'skoe khozyaistvo Dal'nego Vostoka: usloviya, problemy i potentsial razvitiya*. [Agriculture of the Far East: conditions, problems and development potential], Khabarovsk: Institut ekonomicheskikh issledovaniy Dal'nevostochnogo otdeleniya RAN, 162 p.
2. Cheng S., Cheng J., Huang J., Ji F. (2017). *Uncertainties of Soil Moisture in Historical Simulations and Future Projections* [Uncertainties of Soil Moisture in Historical Simulations and Future Projections]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, no. 122(4), pp. 2239-2253.
3. HSE (2023) *Gosudarstvennyi (natsionalnyi) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel'*; 2022. [State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2022]. Moscow: HSE.
4. *Zemel'nyi kodeks Rossiiskoi Federatsii* ot 25.10.2001. N 136-FZ (red. ot 04.08.2023) (with change and additional, intro. in force from 01.10.2023). (electronic). Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (accessed obrashcheniya 10.02.2024).
5. Kosinskii V., Klyushin P., Savinova S. & Loshakov A. (2017). *Monitoring i ratsional'noe ispol'zovanie pakhotnykh zemel' Stavropol'skogo kraia* [Monitoring and rational use of arable land in the Stavropol Territory]. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'*, no. 9, pp. 47-55.
6. Kovязин В.Ф., Pas'ko O. & Shebarshova YU. (2023). *Problemy regulirovaniya oborota zemel'nykh dolei i puti ikh resheniya*. [Problems of regulating the turnover of land shares and ways to solve them]. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'*, no. 8, pp. 466-472.
7. Volkov S. (2023). *Sovershenstvovanie zemleustroistva pri obrazovanii zemel'nykh uchastkov, vydelyaemykh v schet zemel'nykh dolei* [Improving land management during the formation of land plots allocated on account of land shares]. *International Agricultural Journal*, no. 3 (393), pp. 208-211.
8. Lipina L. (2022). *Sovershenstvovanie upravleniya zemlyami Svobodnenskogo raiona Amurskoi oblasti* [Improving land management in the Svobodnensky district of the Amur region]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, no. 6-1 (120), pp. 152-157. DOI: <http://doi.org/10.23670/IRJ.2023.136.19>
9. *Prikaz Minekonomrazvitiya Rossii* ot 03.08.2011 N 388 (red. ot 11.02.2014) «Ob utverzhdenii trebovaniy k projektu mezhevaniya zemel'nykh uchastkov», http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (accessed obrashcheniya 10.02.2024).
10. *Federal'nyi zakon* ot 24.07.2002 N 101-FZ «Ob oborote zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya» (poslednyaya redaktsiya) (electronic). http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37816/.
11. Frolov N. (2020). *Upravlenie i rasporyazhenie zemlyami sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya*, Assotsiatsiya Sovet munitsipal'nykh obrazovaniy Khabarovskogo kraia [Management and disposal of agricultural lands, Association Council of Municipal Formations of the Khabarovsk Territory], Khabarovsk. 2020.
12. *Publichnaya kadastravaya karta* (electronic), <http://pkk.rosreestr.ru>.

Информация об авторах:

Липина Любовь Николаевна, кандидат технических наук, доцент, ORCID: 0000-0003-0725-5017, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0725-5017>, geo-lipina@rambler.ru
Жукова Наталья Владимировна, старший преподаватель, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5692-3806>, 010889@pnu.edu.ru
Легенькова Анастасия Владимировна, магистрант, ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-3330-6152>, 2018104243@pnu.edu.ru

Information about the authors:

Lyubov N. Lipina, candidate of technical sciences, associate professor, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0725-5017>, geo-lipina@rambler.ru
Natalia V. Zhukova, senior teacher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5692-3806>, 010889@pnu.edu.ru
Anastasia V. Legenkova, master's student, ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-3330-6152>, 2018104243@pnu.edu.ru



Научная статья
УДК 332.33
doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_511

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНОГО МЕТОДА

Д.В. Антропов, А.А. Рассказова, Е.А. Чибиркина

Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

Аннотация. Исследование направлено на установление состояния проблемы формирования системы прогнозирования и планирования землепользования, в том числе как института управления земельными ресурсами в целом, формирования основы для осуществления последующих исследований в рассматриваемой области регионального землепользования, выявления основных трендов и взглядов. Сформирована база из почти двух сотен экспертов-профессионалов в области управления земельными ресурсами, землепользования, планирования и прогнозирования землепользования, работающих в системе высшего образования, научных организациях, предприятиях и учреждениях в том числе, имеющих научные публикации по тематике исследования за последние 5 лет. По результатам обработки анкет сформировано единое экспертное мнение, что отсутствие прогнозирования и планирования землепользования в России может привести к негативным последствиям при управлении земельными ресурсами на региональном и федеральном уровнях, а также нерациональному использованию и деградации земель. Подавляющая часть экспертов считает, что системы прогнозирования и планирования землепользования на федеральном и региональном уровнях не существует, либо она находится в стадии построения. Главным в отраслевых прогнозах эксперты считают научно обоснованную оценку народнохозяйственной потребности в продукции отрасли и определить наиболее эффективные пути ее достижения. Вопрос, что должно являться основными источниками информации для функционирования современной системы прогнозирования и планирования землепользования, не нашел тождественного мнения в кругу экспертов и требует более детальной оценки. Эксперты сходятся во мнении о необходимости воссоздания единого органа в системе управления земельными ресурсами. Полученные результаты говорят о том, что крайне необходимо создание комплексной системы агрегирования информации, в основе которой будут находиться данные единого государственного реестра земель и данные территориального планирования.

Ключевые слова: землепользование, планирование, планирование землепользования, прогнозирование землепользования, экспертный опрос, анкетирование, управление земельными ресурсами, тенденции землепользования

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

Original article

DEFINING THE MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT FORECASTING AND PLANNING SYSTEMS LAND USE BASED ON THE EXPERT METHOD

D.V. Antropov, A.A. Rasskazova, E.A. Chibirкина

State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

Abstract. The research is aimed at establishing the state of the problem of forming a system of forecasting and land use planning, including as an institution of land management in general, forming the basis for further research in the field of regional land use, identifying the main trends and views. Methodology and methods: an expert Internet survey was conducted. Results and scope of application: A database of almost two hundred professional experts in the field of land management, land use, planning and forecasting of land use, working in the higher education system, scientific organizations, enterprises and institutions, including those with scientific publications on the subject of research over the past 5 years, has been formed. Based on the results of processing the questionnaires, a unified expert opinion was formed that the lack of forecasting and planning of land use in Russia can lead to negative consequences in the management of land resources at the regional and federal levels, as well as irrational use and land degradation. The overwhelming majority of experts believe that there is no system for forecasting and planning land use at the federal and regional levels, or it is under construction. Experts consider the main thing in industry forecasts to be a scientifically based assessment of the national economic demand for industry products and to determine the most effective ways to achieve it. The question of what should be the main sources of information for the functioning of a modern system of forecasting and land use planning has not found an identical opinion among experts and requires a more detailed assessment. Experts agree on the need to recreate a single body in the land management system. The results obtained indicate that it is extremely necessary to create an integrated information aggregation system based on data from the unified state register of lands and territorial planning data.

Keywords: land use, planning, land use planning, land use forecasting, expert survey, questionnaire, land management, land use trends

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

Введение. Обосновывая актуальность проводимого за счет гранта РНФ № 23-28-01413 исследования, авторы отмечают, что «несмотря на имеющиеся работы по исследуемой тематике, ни одна из них, во-первых, не концентрируется на землепользовании и его устойчивости, во-вторых, часто система земельных отношений или земельные ресурсы рассматриваются как некая замкнутая система, минимально взаимодействующая с внешним миром, в-третьих, не рассматривает организационный механизм формирования системы прогнозирования землепользования на региональном уровне» [15, с. 1]. С.Н. Бородин отмечает, что «в условиях посто-

янно меняющихся макроэкономических условий развития особую актуальность приобретают исследования в области оценки перспектив развития социально-экономических систем» [4, с. 45]. А.А. Варламов выделяет планирование и прогнозирование в качестве важнейшей функции управления земельными ресурсами на всех административных уровнях, отмечая, что «функция планирования является начальной в системе в управления и играет ведущую роль» [5, с. 68], выделяя в ней, как в функции в обобщенном виде, следующие этапы (рис. 1).

В.Н. Хлыстун считает, что «весьма негативно сказывается на состоянии земель аморфность

системы управления земельными ресурсами, разрушение (слабость) ряда институтов организации рационального землепользования, таких как прогнозирование и планирование использования и охраны земель, землеустройства, мониторинга земель и др.» [14, с. 210]. Как отмечают Е.Ю. Батунова, М.С. Гунько, А.А. Медведев, «планирование на всех уровнях власти сегодня представлено двумя типами: стратегическим (социально-экономическим) — в соответствии с требованиями Федерального закона о стратегическом планировании), и территориальным — в соответствии с требованиями Градостроительного кодекса РФ» [3, с. 450].

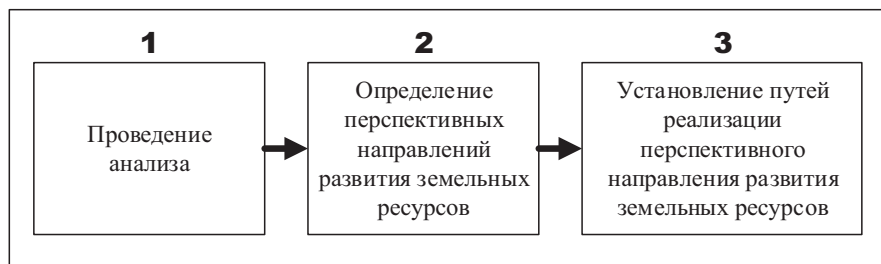


Рисунок 1. Этапы планирования как функции управления земельными ресурсами
Figure 1. Stages of planning as a function of land management

Тем не менее авторы согласны с мнением А.А. Дубовицкого и Э.А. Климентова, что «несмотря на принятие целого ряда программных документов в сфере устойчивого развития и рационального природопользования, поставленные задачи практического воплощения в сфере землепользования все еще не получили» [9, с. 70]. А.С. Новоселов и А.В. Фалеев считают, что в настоящее время «в России достаточно сильны процессы пространственной дифференциации, а управляющим органам при разработке стратегий и программ социально-экономического развития территорий необходимо адаптировать национальные приоритеты с учетом особенностей развития различных типов регионов, крупных городов и городских агломераций» [13, с. 1830]. А.М. А. Абуали и М.Я. М. Хьяя отмечают, что «динамика землепользования по своей природе сложна и представляет собой множество взаимозависимых и взаимосвязанных факторов и движущих сил; причинно-следственные связи действуют в различных пространственных и временных масштабах нелинейно и трудно предсказуемо. Все эти проблемы являются проблемами для лиц, принимающих решения, и планировщиков пространства» [1, с. 26].

Таким образом, для эффективного и гармоничного развития регионов нашей страны в целом и их земельно-имущественных комплексов в частности необходимо не просто выделение и осмысление существующих трендов в сфере землепользования и имущественных отношений, необходимо понимание действий, которые будут способствовать формированию желаемого будущего. Составление перечня требуемых действий возможно лишь после того, как образ будущего будет сформирован, а для достижения этой цели необходима качественная прогнозная информация [11, с. 226].

Исходя из довольно большого количества имеющихся мнений, на первоначальном этапе исследования было решено выявить точки зрения и тенденции, определить и учесть состояние проблемы формирования региональной системы прогнозирования и планирования землепользования, а также заложить базу для осуществления последующих исследований, уточнить место системы прогнозирования и планирования землепользования в системе регионального управления земельными ресурсами и землепользованием, опираясь на материалы **экспертного опроса**. Очевидно, что состояние системы прогнозирования и планирования землепользования в том числе в контексте функции (института, инструмента) управления земельными ресурсами кризисное. По мнению Г. Веласко, Р. Попера, Й. Майлса, «в рассмотрении вариантов будущего ERA (европейское исследовательское пространство) во времена кризиса у руля встают эксперты,

а экономические цели (обеспечение занятости и производительности) смещаются в сторону устойчивого развития» [6, с. 30], что также подтверждает выбранный способ исследования как основу для проведения дальнейших изысканий и определения роли и места рассматриваемой системы. Все это будет способствовать решению поставленных задач по обоснованию необходимости системы прогнозирования землепользования на региональном уровне, определения роли и значения места системы прогнозирования и планирования землепользования в системе регионального управления земельными ресурсами и землепользованием.

Методология проведения исследования. Для решения поставленной цели и задач было решено обратиться к методу анкетирования, как способу получения необходимой информации с помощью системы вопросов, каждый из которых логически связан с целью исследования. Действительно, в научно-исследовательской работе одним из самых распространенных методов исследования является анкетирование — метод эмпирического исследования, основанный на опросе значительного числа респондентов с помощью анкет [10, с. 425]. К основным причинам, определившим выбор анкетирования именно в нашем исследовании, мы бы отнесли, прежде всего, высокую оперативность получения информации; возможность организации массовых обследований; отсутствие влияния личности и поведения опрашиваемого на работу экспертов.

Проанализировав ряд подходов и способов осуществления подобных опросов, авторами был выбран индивидуальный, заочный тип анкетирования (дистанционный формат, интернет-опрос) на основе смешанной формы анкеты (где совмещается открытое и закрытое анкетирование). Так, анализируя плюсы и минусы проведения интернет-опроса авторы согласны с мнением Н.С. Бабица и И.В. Батыкова, что «минусы интернет-опросов являются либо уже неактуальными, либо иллюзорными ... интернет-опросы обладают большим количеством плюсов, повышающих их привлекательность как с точки зрения стоимости и простоты организации исследований, так и с точки зрения качества данных» [2, с. 31].

Разработанная авторами анкета включает в себя ряд вопросов, посвященных теме развития системы прогнозирования и планирования землепользования в России. Акцент сделан на уточнение роли и значения прогнозирования и планирования использования земельных ресурсов в России в современных реалиях. Вопросы включают и теоретические аспекты, такие как определение, задачи, цели прогнозирования и планирования землепользования. Также уделено внимание построению системы

прогнозирования и планирования землепользования в России на федеральном и региональном уровнях. Отдельно вопросы анкеты затрагивают проблемы нормативного и информационного обеспечения прогнозирования и планирования землепользования и возможность применения зарубежного опыта в нашей стране в современных условиях.

Для удобства обработки и предоставления информации анкета была подготовлена в электронной форме с помощью инструмента Yandex (<https://forms.yandex.ru/u/6463773f84227c0109116d6a/>).

В дальнейшем перед коллективом авторов стояла задача не только подготовки анкеты, но и формирования базы данных респондентов-профессионалов, отвечающих ряду специфических требований экспертного опроса: учет компетенций эксперта, их качественных характеристик, глубокой специальной подготовкой в рассматриваемой области, уникальностью знаний. При этом, как отмечает С.Б. Долженко, «сегодня возрастает роль профессиональных сообществ в формировании системы квалификации и распространения интеллектуальных продуктов, производимых структурами национальной системы квалификации, среди учебных заведений и отраслевых участников» [8, с. 347]. Так, с учетом положений, выдвинутых Е.Р. Метелевой, критерии отбора экспертов можно представить двумя группами: «традиционные критерии: образование (степень, звание), стаж, должность и место работы, наличие опыта и дополнительные критерии: наличие научных работ (публикаций), участие в НИРах, грантах и т.п.» [12, с. 293]. Также для этой задачи первоначально авторы опирались на соответствующие классификаторы отраслей знаний, ГРНТИ, ключевые слова, профили elibrary (РИНЦ) в соответствии с заявкой. Далее было выявлено, что часть экспертов в рассматриваемой области входят в состав учебно-методического совета по образованию в области землеустройства и кадастров, вследствие чего было решено членов данного совета выделить в отдельную группу и расширить ее.

Таким образом, при подготовке к анкетированию авторами была проведена работа по отбору экспертов (формирования базы данных экспертов).

В базу экспертов вошли академики и члены-корреспонденты РАН, сотрудники организаций высшего образования, признанные ученые и специалисты в исследуемой области, в том числе зарубежные (Белоруссия, Казахстан и др.). Как говорилось выше, формируемую базу данных экспертов было решено разделить на несколько составляющих:

- члены учебно-методического совета по образованию в области землеустройства и кадастров. В состав данной группы (на дату формирования базы) вошли представители более 100 ВУЗов, входящих в состав УМС по образованию в области Землеустройства и кадастров, в том числе представители (члены УМС) 40 ВУЗов Минсельхоза России и 67 ВУЗов Минобрнауки России;
- специалисты, имеющие публикации в области планирования и прогнозирования за последние 5 лет и не входящие в вышеуказанную группу (89 человек). Для данных целей был проведен поиск и анализ научных публикаций, проиндексированных в Российском индексе научного цитирования на электронной платформе elibrary.ru.



При этом данный банк экспертов может быть полезен не только в решении поставленной авторами цели, но и в дальнейшем при проведении аналогичных исследований, при формировании ряда профессиональных сообществ (в том числе экспертных) в сфере земельно-имущественных отношений, поскольку, по нашему мнению, обладает рядом признаков, отмеченных Р.А. Долженко и С.Б. Долженко, а именно «1) наличие экспертности субъектов, входящих в сообщество; 2) их объединение по профессиональному признаку» [7, с. 7].

Следует отметить, что мнение одного эксперта может быть верным, даже если отличается от мнения других специалистов. Поэтому выполненная нами обработка результатов анкетирования далее основывалась не на усреднении, а на учете и выявлении мнения каждого эксперта.

Результаты исследования. Таким образом, в результате было получено 52 ответа, что составляет чуть более 27,5% от всей базы экспертов. Рассматривая опрошенных респондентов, можно отметить, что наибольший удельный вес у специалистов в возрасте 41-50 лет — 35%, далее следуют 27% экспертов в возрасте 31-40 лет и 19% — эксперты в возрасте 51-60 лет (рис. 2).

98% экспертов имеют высшее образование и 2% неоконченное высшее. Из них ученую степень кандидата наук имеют 72%, доктора наук — 18%, а 10% опрошенных не имеют ученой степени (рис. 3). Кроме того, 56% имеют ученое звание доцента, 11% — профессора и 33% не имеют ученого звания (рис. 4).

Переходя к анализу ответов рассмотренных выше респондентов, приведем количественную оценку их ответов.

Все специалисты отметили, что существует принципиальная разница между понятиями прогноз и план. По мнению 94% экспертов, роль прогнозирования и планирования землепользования в России возрастает в условиях угрозы национальной безопасности и современных вызовов.

Интересны результаты мнения экспертов относительно того, какое отношение прогнозирование и планирование землепользования имеет к управлению земельными ресурсами (рис. 5).

Далее эксперты отвечали на вопросы о целях и задачах, стоящих перед прогнозированием и планированием землепользования на современном этапе. Так, 12% экспертов назвали основной целью рациональное использование земельных ресурсов, 23% — оценку ресурсов и определение организационно-экономических, социальных и экологических мероприятий, необходимых для реализации того или иного варианта землепользования, 14% — комплексное решение проблем организации использования, повышения уровня почвенного плодородия и охраны земельных ресурсов. 58% респондентов считают, что «основной задачей прогнозирования и планирования землепользования должно стать выявление перспектив ближайшего и наиболее отдаленного будущего в рациональном использовании земель и выработке оптимальных и перспективных планов, опираясь на составленный прогноз».

Большее число экспертов ответило положительно на вопрос о необходимости выделения этапа прогнозирования и планирования при управлении земельными ресурсами (рис. 6).

Эксперты высказали свое мнение при ответе на вопрос: «К чему может привести отсутствие

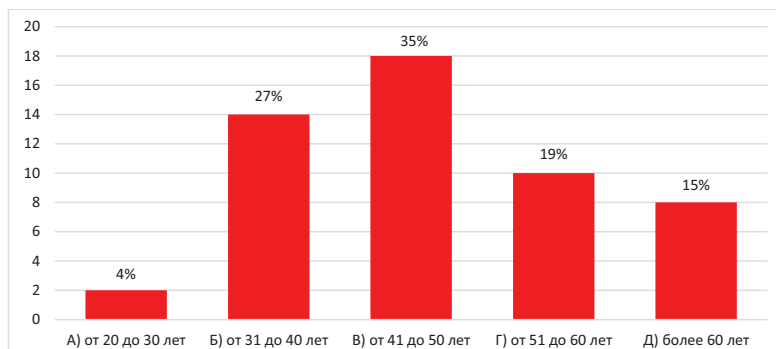


Рисунок 2. Возрастной состав экспертов
Figure 2. Age composition of experts

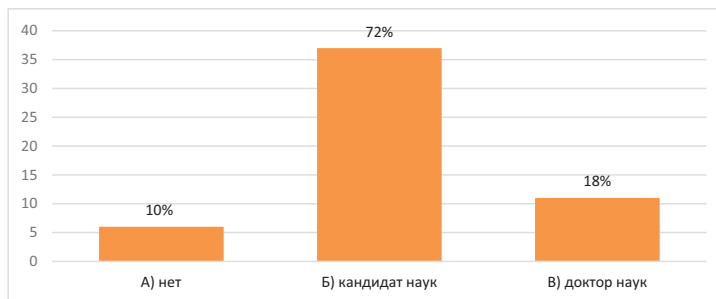


Рисунок 3. Наличие ученой степени у респондентов анкеты
Figure 3. The presence of an academic degree in the respondents of the questionnaire

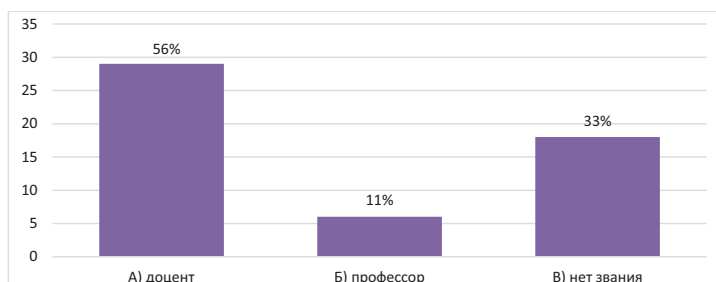


Рисунок 4. Наличие ученого звания у респондентов анкеты
Figure 4. The presence of an academic title among the respondents of the questionnaire



Рисунок 5. Результат анкетирования
Figure 5. The result of the survey

этапа прогнозирования и планирования использования при управлении земельными ресурсами»:

- к анархии;
- к несоответствию целей развития государства (национальных целей) и развитию землепользования;
- к отсутствию обоснованности управленческих решений;
- к отсутствию системности в процессе управления земельными ресурсами;

- к отсутствию эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану земель;
- к неадекватности управленческих решений в сфере организации использования и охраны земель с весьма негативными последствиями для социально-экономического развития страны;
- к нерациональному использованию земельных ресурсов, в том числе деградации и потере плодородия;

- к недостаточной обоснованности составляемых планов;
- к нечеткому определению перспектив развития;
- к негативным вариантам развития землепользования.

Мнения экспертов по вопросу, существует ли в настоящее время система прогнозирования и планирования землепользования в России на различных административно-территориальных уровнях, разделились. Так, считают, что на федеральном уровне создана система прогнозирования и планирования всего 4%, 52% считают, что такой системы нет и 42% — что она находится в стадии построения (рис. 7).

Мнения экспертов относительно существования такой системы, но на региональном уровне, представлены на рисунке 8.

Кроме того, 96% экспертов посчитали необходимостью построение системы прогнози-

рования и планирования землепользования в России на региональном уровне.

Результаты ответа на вопрос с несколькими вариантами: «что должно являться основными источниками информации для функционирования современной системы прогнозирования и планирования землепользования?» представлены на рисунке 9.

Почти 70% экспертов считают, что Единый государственный реестр недвижимости относится к важнейшим источникам информации для функционирования современной системы прогнозирования и планирования землепользования, 60% считают также относительно единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения, а 54% опрошенных экспертов отметили также важность данных Федеральной государственной информационной системы территориального планирования. Важным источником

информации эксперты считают и государственный фонд данных землеустройства — 46%. По 35% набрали сведения из недавно созданного государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения и данные дистанционного зондирования. Все это подтверждается и находится в рамках проводимой государственной политики по созданию национальной системы пространственных данных, которая фактически и включает в себя все перечисленные источники и таким образом будет способствовать развитию системы планирования и прогнозирования землепользования. Также надо отметить, что 94% опрошенных считают, что одной из основных информационных основ системы прогнозирования и планирования использования земель является государственный мониторинг земель.

Одно из самых неоднозначных мнений было сформировано в отношении следующего вопроса: «Какое ведомство должно заниматься вопросами прогнозирования и планирования землепользования в России?». Результаты представлены на рисунке 10.

Анализируя ответы, отмечаем, что большинство экспертов (более 40%) склоняются к созданию специализированного органа власти, имея лишь разночтения в его уровне и форме организации (за бюджетное учреждение выступает 20%), в том числе в рамках формирования единой земельной политики государства. При этом просматривается и ведомственная соподчиненность Министерству экономического развития. Правда, присутствуют и особые мнения о том, что «вся полнота прав и ответственности за состояние и организацию использования земельного потенциала страны, сосредоточенных в едином органе управления земельными ресурсами в целом».

По мнению большинства экспертов, процесс прогнозирования и планирования полномочия должен регулироваться специальным Федеральным законом РФ (более 60%). Внимания заслуживает и особое мнение о формировании отдельной доктрины, на основании которой будут внесены и соответствующие изменения в земельный кодекс страны, и приняты соответствующие нормативные акты Правительства и Президента.

Говоря об использовании передового зарубежного опыта, эксперты также не пришли к однозначному выводу. По мнению экспертов, опыт Китая следует изучать более внимательно и предпочесть при применении возможному опыту иных государств (54%). При этом имеются справедливые мнения об использовании опыта, но с учетом российских региональных особенностей.

Также группа вопросов касалась полномочий органов власти различных уровней в исследуемой сфере. Приоритет отдается направлениям формирования законодательных инициатив и разработки нормативно-правовой документации, выработке целей, принципов планирования и прогнозирования землепользования, координации деятельности, программ социально-экономического развития, а также учету, оценке, анализу, мониторингу и контролю за выполнением данных функций. Что касается полномочий органов власти субъектов Федерации в сфере стратегического планирования землепользования, то фактически отмечаются все те же задачи плюс стратегическое планирование на уровне региона. На муниципальном уровне

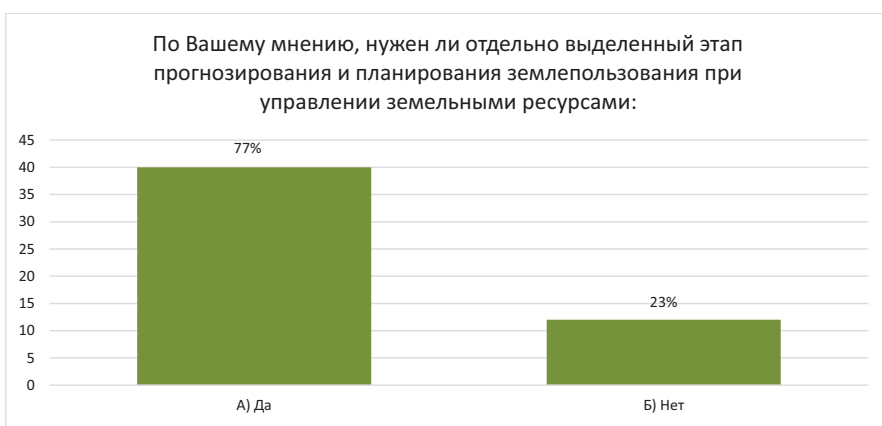


Рисунок 6. Результат анкетирования
Figure 6. The result of the survey



Рисунок 7. Результат анкетирования
Figure 7. The result of the survey



Рисунок 8. Результат анкетирования
Figure 8. The result of the survey

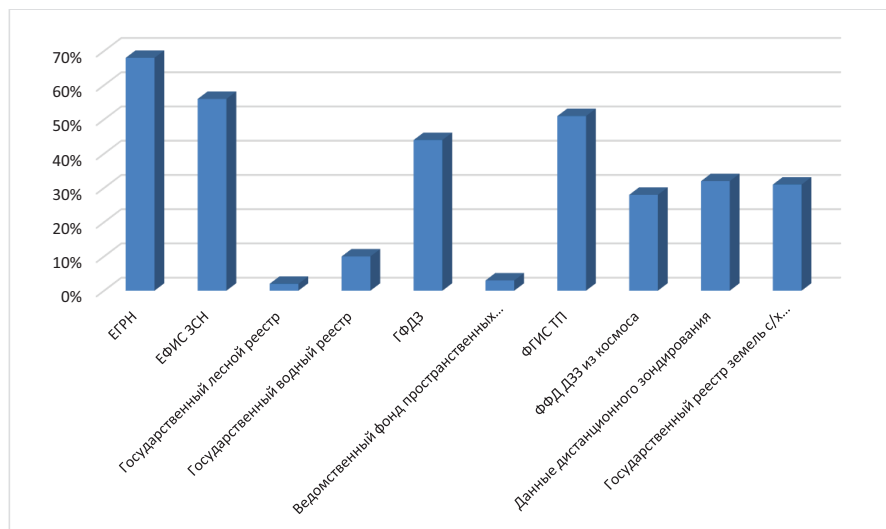


Рисунок 9. Результат анкетирования
Figure 9. The result of the survey

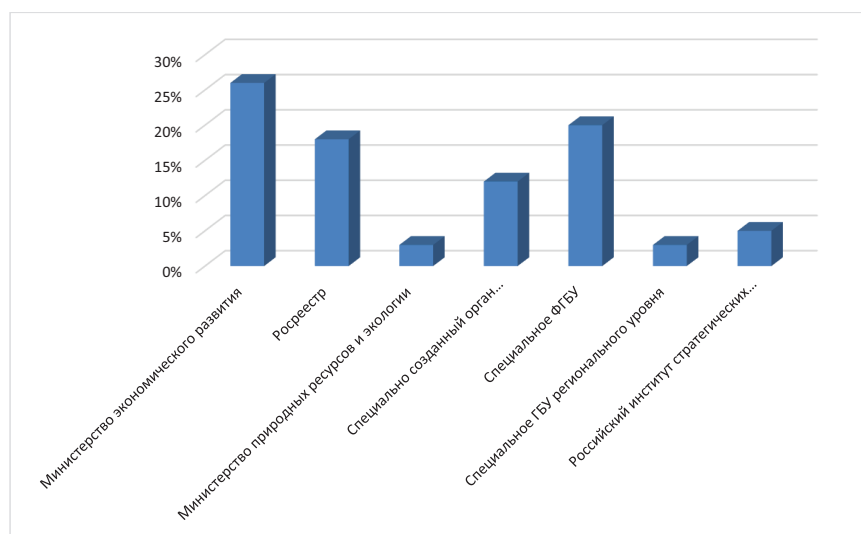


Рисунок 10. Результат анкетирования
Figure 10. The result of the survey

отмечаются те же задачи, только с учетом специфики муниципальных образований, а также акцент сделан на рациональное использование земель и оценку эффективности.

Один из вопросов, который был задан без вариантов, в целях создания свободной дискуссии звучит так: «Каковы основные направления использования результатов прогнозирования и планирования землепользования в системе управления земельными ресурсами?». К сожалению, как отмечает один из экспертов, «в условиях действующего 78-ФЗ «О землеустройстве» (при отсутствии политической воли для принятия обновленного закона) — это подготовка землеустроительной документации, не более того (но и не менее)».

Коллектив также полностью разделяет обобщенное мнение ряда экспертов, что «по сути прогнозирование и планирование землепользования составляют базовую основу для принятия всех управленческих решений по предоставлению, перераспределению и организации использования земель», являясь важнейшим институтом системы управления земельными ресурсами, определяющими перспективы рационального землепользования, позволяющими осуществлять эффективную земельную

политику и развивать устойчивое землепользование в стране.

Обсуждение и выводы. Более детально анализируя результаты проведенного опроса о роли прогнозирования и планирования землепользования на современном этапе, мнения экспертов можно разделить на несколько групп:

1. Обобщенные мнения (направления), касающиеся системы землепользования в целом (инструментарий), где система выступает в качестве самостоятельного «института», такие как:
 - выполнение программных составляющих при принятии управленческих решений;
 - разработка организационно-территориальных мероприятий по рациональному использованию земель различного целевого назначения и повышение эффективности их использования;
 - выявление неиспользуемых сельскохозяйственных земель и вовлечение их в сельскохозяйственный оборот;

- при формировании контрольных показателей развития земельных отношений на соответствующем уровне;
- экономическая безопасность и планирование бюджета.

2. Решение конкретных задач и направлений, где система скорее является «инструментом»:

- распределение земельного фонда по категориям и видам использования, предоставление земельных участков и т.п.;
- землеустройство, учет, мониторинг земель, экономическая оценка, разработка программ развития;
- корректировка существующих систем землепользования с учетом научно обоснованных прогнозов и планов для достижения максимальной эффективности природопользования, охраны и оптимизации природно-ресурсного потенциала регионов;
- разработка мероприятий по почвенному, геоботаническому и т.п. обследованию земель и др.;
- разработка схем землеустройства;
- разработка предпроектных и прогнозных материалов по использованию и охране земельных ресурсов.

В целом же эксперты склоняются к следующим направлениям:

- 1) определение возможных состояний землепользования в регионе в будущем;
- 2) определение вариативных путей развития землепользования;
- 3) корректировка плановых показателей;
- 4) прогнозная оценка ожидаемых результатов.

Подводя итог анкетированию, на основе опроса нами выделены основные постулаты:

- роль прогнозирования и планирования землепользования возрастает в России в условиях угрозы национальной безопасности и современных вызовов;
- уточнено и сформулировано понятие прогнозирования землепользования — научно-обоснованное, вероятностное суждение о возможном использовании земельных ресурсов в будущем, а также о путях и сроках достижения определенных целей и результатов;
- предложено понятие планирование землепользования — это создание (формирование) четкой последовательности действия, ведущих к достижению поставленной цели при управлении земельными ресурсами и процесс разработки возможных, в том числе альтернативных, вариантов, сценариев, направлений развития землепользования;
- отсутствие прогнозирования и планирования землепользования в России может привести к негативным последствиям при управлении земельными ресурсами на региональном и федеральном уровнях, а также нерациональному использованию и деградации земель;
- по мнению экспертов, системы прогнозирования и планирования землепользования на федеральном и региональном уровнях не существует, либо она находится в стадии построения;
- потребность в построении системы прогнозирования и планирования землепользования в России на региональном уровне существует;
- одной из основных информационных основ системы прогнозирования и планирования использования земель является государственный мониторинг земель;





- необходимо выделять в системе прогнозирования и планирования землепользования отраслевые прогнозы;
- при осуществлении процессов планирования и прогнозирования необходимо опираться на данные ЕГРН и системы территориального планирования, а также иные источники информации;
- необходимо сформировать отдельное ведомство (возможно в составе единого органа управления земельными ресурсами) и принять ряд нормативно-правовых документов;
- работа по формулированию полномочий на различных административно-территориальных единицах требует дополнительного исследования;
- планирование и прогнозирование являются базовой основой для принятия всех управленческих решений по предоставлению, перераспределению и организации использования земель.

Список источников

1. Абуали А.М.А., Яхья М.Я.М. Становление экологического подхода в пространственном планировании // Организатор производств. 2022. Т. 30. № 1. С. 24-35.
2. Бабич Н.С., Батыков И.В. Интернет-опросы общественного мнения как инструмент сбора данных для принятия правовых решений // Социология и право. 2020. № 3 (49). С. 25-33.
3. Батунова Е.Ю., Гунько М.С., Медведев А.А. Неуправляемое пространство: планирование и политика в условиях депопуляции в Ивановской области // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2021. Т. 66. № 3. С. 440-459.
4. Бородин С.Н. Модель оценки устойчивого развития региона на основе индексного метода // Экономика региона. 2023. Т. 19. № 1. С. 45-59.
5. Варламов А.А. Региональные системы землепользования в Российской Федерации // Землеустроительное образование и наука: из XVIII в XXI век: материалы Международного научно-практического форума, посвященного 240-летию со дня основания Государственного университета по землеустройству, Москва, 27 мая 2019 г. Т. 1. М.: Государственный университет по землеустройству, 2019. С. 65-73.
6. Веласко Г., Поппер Р., Майлс Й. Погружение в креативное будущее как основа для разработки рекомендаций в рамках поисковых сценариев // Форсайт. 2021. Т. 15. № 2. С. 25-38.
7. Долженко Р.А., Долженко С.Б. Некоторые концептуальные основы использования профессиональных экспертных сообществ // Вопросы управления. 2020. № 2 (63). С. 6-12.
8. Долженко С.Б., Долженко Р.А., Харченко В.С., Назаров А.В. Деятельность профессиональных экспертных сообществ: особенности мотивации участников и оценка их вовлеченности // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2021. № 5 (165). С. 345-373.

9. Дубовицкий А.А., Климентова Э.А. Готовность к биологизации как субъективный фактор формирования устойчивых систем землепользования // Аграрный вестник Урала. 2022. № 6 (221). С. 68-77.
10. Ивченкова М.С. Специфика, роль и методологические проблемы экспертного знания в социологическом исследовании // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Социология. Политология. 2022. Т. 22. № 4. С. 424-429.
11. Комаров С.И., Рассказова А.А. Прогнозирование и планирование использования земельных ресурсов и объектов недвижимости: учебник. 1-е изд. М.: Юрайт, 2020. 298 с.
12. Метелева Е.Р. Совершенствование деятельности по стратегическому социально-экономическому развитию в регионе посредством укрепления взаимосвязи прогнозирования и стратегического планирования // Известия Байкальского государственного университета. 2021. Т. 31. № 3. С. 285-295.
13. Новоселов А.С., Фалеев А.В. Сравнительный анализ социально-экономического развития городов-миллионников // Журнал Сибирского федерального университета. Гуманитарные науки. 2021. Т. 14. № 12. С. 1829-1839.
14. Хлыстун В.Н. Земельная политика в контексте устойчивого развития // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16. № 4 (61). С. 208-215.
15. Российский Научный Фонд (РНФ): официальный сайт. Москва, 2024. URL: <https://rscf.ru/project/23-28-01413/> (дата обращения: 01.02.2024).

References

1. Abuali, A.M.A., Yakh'y, M.Ya.M. (2022). Stanovlenie ehkologicheskogo podkhoda v prostanstvennom planirovani [The formation of an ecological approach in spatial planning]. *Organizator proizvodstva* [Organizer of production], vol. 30, no. 1, pp. 24-35.
2. Babich, N.S., Batykov, I.V. (2020). Internet-oprosy obshchestvennogo mneniya kak instrument sbora dannykh dlya prinyatiya pravovykh reshenii [Internet public opinion surveys as a data collecting tool for making legal decisions]. *Sotsiologiya i pravo* [Sociology and law], no. 3 (49), pp. 25-33.
3. Batunova, E.Yu., Gun'ko, M.S., Medvedev, A.A. (2021). Neupravlyаемое prostanstvo: planirovaniye i politika v usloviyakh depopulyatsii v Ivanovskoi oblasti [Mismanaged space: planning and policymaking in the context of depopulation in Ivanovskaya oblast]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle* [Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth sciences], vol. 66, no. 3, pp. 440-459.
4. Borodin, S.N. (2023). Model' otsenki ustoychivogo razvitiya regiona na osnove indeksnogo metoda [A Model for assessing regional sustainable development based on the index method]. *Ehkonomika regiona* [Economy of regions], vol. 19, no. 1, pp. 45-59.
5. Varlamov, A.A. (2019). Regional'nye sistemy zemlepol'zovaniya v Rossiiskoi Federatsii [Regional land use systems in the Russian Federation]. *Zemleustroitel'noe obrazovanie i nauka: iz XVIII v XXI vek: materialy Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma, posvyashchennogo 240-letiyu so dnya osnovaniya Gosudarstvennogo universiteta po zemleustroystvu*, Moscow, 27 maya 2019 g. T. 1 [Land management education and science: from the XVIII to the XXI century: materials of the International scientific and practical forum dedicated to the 240th anniversary of the founding of the State University of Land Use Planning, Moscow, May 27,

2019. Vol. 1]. Moscow, State University of Land Use Planning, pp. 65-73.
6. Velasko, G., Popper, R., Mails, I. (2021). Pogruzhenie v kreativnoye budushchee kak osnova dlya razrabotki rekomendatsii v ramkakh poiskovykh stsenaiev [Repositioning people in creative futures: a method to create sound advice with exploratory scenarios]. *Forsait* [Foresight], vol. 15, no. 2, pp. 25-38.
7. Dolzhenko, R.A., Dolzhenko, S.B. (2020). Nekotorye kontseptual'nye osnovy ispol'zovaniya professional'nykh ehkspertnykh soobshchestv [Some conceptual bases of using the professional expert communities]. *Voprosy upravleniya* [Management issues], no. 2 (63), pp. 6-12.
8. Dolzhenko, S.B., Dolzhenko, R.A., Kharchenko, V.S., Nazarov, A.V. (2021). Deyatel'nost' professional'nykh ehkspertnykh soobshchestv: osobennosti motivatsii uchastnikov i otsenka ikh vovlechenosti [Activities of professional expert communities: features of participant's motivation and assessment of their engagement]. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ehkonomicheskie i sotsial'nye peremeny* [Monitoring of public opinion: economic and social changes], no. 5 (165), pp. 345-373.
9. Dubovitskii, A.A., Klimentova, E.A. (2022). Gotovnost' k biologizatsii kak sub'ektivnyi faktor formirovaniya ustoychivyykh sistem zemlepol'zovaniya [Readiness for biologization as a subjective factor of formation of sustainable land-utilization systems in agriculture]. *Agrarnyi vestnik Urala* [Agrarian bulletin of the Urals], no. 6 (221), pp. 68-77.
10. Ivchenkova, M.S. (2022). Spetsifika, rol' i metodologicheskie problemy ehkspertnogo znaniya v sotsiologicheskoy issledovani [The specifics, role and methodological problems of expert knowledge in sociological research]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Sotsiologiya. Politologiya* [Izvestiya of Saratov University. Sociology. Politology], vol. 22, no. 4, pp. 424-429.
11. Komarov, S.I., Rasskazova, A.A. (2020). Prognozirovaniye i planirovaniye ispol'zovaniya zemel'nykh resursov i ob'ektov nedvizhnosti: uchebnik [Forecasting and planning of the use of land resources and real estate objects: textbook]. Moscow, Yurait Publ., 298 p.
12. Meteleva, E.R. (2021). Sovershenstvovanie deyatel'nosti po strategirovaniyu sotsial'no-ehkonomicheskogo razvitiya v regione posredstvom ukrepleniya vzaimosvyazi prognozirovaniya i strategicheskogo planirovaniya [Improvement of activities of strategizing of social and economic development in a region by means of strengthening the interconnection between forecasting and strategic planning]. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Baikal State University], vol. 31, no. 3, pp. 285-295.
13. Novoselov, A.S., Faleev, A.V. (2021). Sravnitel'nyi analiz sotsial'no-ehkonomicheskogo razvitiya gorodov-milionnikov [A comparative analysis of socio-economic development of cities with a population over a million people]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Gumanitarnye nauki* [Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences], vol. 14, no. 12, pp. 1829-1839.
14. Khlystun, V.N. (2021). Zemel'naya politika v kontekste ustoychivogo razvitiya [Land policy in the context of sustainable development]. *Yug Rossii: ehkologiya, razvitiye* [South of Russia: ecology, development], vol. 16, no. 4 (61), pp. 208-215.
15. Rossiiskii Nauchnyi Fond (RNF): ofitsial'nyi sait [Russian Science Foundation (RSF): official website]. Moscow, 2024. Available at: <https://rscf.ru/project/23-28-01413/> (accessed: 01.02.2024).

Информация об авторах:

- Антропов Дмитрий Владимирович**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры кадастра недвижимости и землепользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8834-7767>, Scopus ID: 57209268399, SPIN-код: 4998-0298, antropovzem@gmail.com
- Рассказова Анна Александровна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры кадастра недвижимости и землепользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5127-0946>, Scopus ID: 57212413704, annar78@mail.ru
- Чибиркина Евгения Александровна**, оператор лаборатории научных и методических проблем кадастров кафедры кадастра недвижимости и землепользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0047-3046>, SPIN-код: 2519-3054, evgeniya.18.06@mail.ru

Information about the authors:

- Dmitriy V. Antropov**, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of real estate cadastre and land use, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8834-7767>, Scopus ID: 57209268399, SPIN-code: 4998-0298, antropovzem@gmail.com
- Anna A. Rasskazova**, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of real estate cadastre and land use, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5127-0946>, Scopus ID: 57212413704, annar78@mail.ru
- Evgeniya A. Chibirkina**, 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>, SPIN-code: 2519-3054, evgeniya.18.06@mail.ru



Научная статья

УДК 631.1+35.078.5

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_517

МОНЕТАРНОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИОННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

В.В. Литвин¹, Л.И. Дмитриченко²

¹Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

²Донецкий государственный университет, Донецк, Россия

Аннотация. В последние годы сельскохозяйственная отрасль экономики России находится под влиянием беспрецедентных антироссийских санкций. В таких условиях требуется мощная государственная поддержка, в том числе, посредством монетарного инструментария. В статье исследован механизм монетарного стимулирования сельскохозяйственной отрасли российской экономики в условиях усиления санкций со стороны недружественных государств. Выделены главные стратегические ориентиры государства в области развития сельского хозяйства в России. Проанализирован механизм льготного кредитования сельхозпроизводителей как важнейшего инструмента монетарного стимулирования развития их деятельности. Особое внимание уделено специфике кредитования субъектов малого предпринимательства (СМП) в сельском хозяйстве. Исследовано влияние динамики средневзвешенной ставки кредитования предприятий аграрного сектора на объемы производства сельскохозяйственной продукции. Показана роль АО «Россельхозбанк» в механизме монетарного стимулирования развития сельскохозяйственной отрасли в России в условиях санкций. Проанализированы схемы финансирования СМП в АПК и сельскохозяйственных потребительских кооперативов в рамках программы льготного кредитования и грантов, определены ее первые результаты. Определены направления совершенствования механизма монетарного стимулирования развития сельскохозяйственной отрасли в России, в частности, предложены: для предприятий, реализующих инвестиционные проекты по производству деталей и комплектующих для импортной сельхозтехники, и селекционных предприятий — введение индивидуальных условий по льготному инвестиционному кредитованию, а также меры по предоставлению грантов или субсидий на компенсацию расходов на первые инвестиции, льготы на аренду производственных помещений, механизм адресной компенсации затрат на внедрение искусственного интеллекта на сельхозпредприятиях или соответствующих субсидий.

Ключевые слова: сельское хозяйство, аграрный сектор, сельхозпроизводители, монетарное стимулирование, санкции, льготное кредитование сельхозпредприятий, экономический рост

Original article

MONETARY STIMULATION OF THE DEVELOPMENT OF THE AGRICULTURAL SECTOR OF THE RUSSIAN ECONOMY IN THE CONDITIONS OF SANCTIONS RESTRICTIONS

V.V. Litvin¹, L.I. Dmitrichenko²

¹Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

²Donetsk State University, Donetsk, Russia

Abstract. In recent years, the agricultural sector of the Russian economy has been under the influence of unprecedented anti-Russian sanctions. In such conditions, powerful government support is required, including through monetary instruments. The article examines the mechanism of monetary stimulation of the agricultural sector of the Russian economy in the context of increasing sanctions from unfriendly states. The main strategic guidelines of the state in the field of agricultural development in Russia are highlighted. The mechanism of preferential lending to agricultural producers as the most important tool for monetary stimulation of the development of their activities is analyzed. Particular attention is paid to the specifics of lending to small businesses (SMB) in agriculture. The influence of the dynamics of the weighted average lending rate for enterprises in the agricultural sector on the volume of agricultural production has been studied. The role of Rosselkhozbank JSC in the mechanism of monetary stimulation of the development of the agricultural industry in Russia under the conditions of sanctions is shown. The schemes for financing small enterprises in the agro-industrial complex and agricultural consumer cooperatives within the framework of the program of preferential lending and grants are analyzed, and its first results are determined. The directions for improving the mechanism of monetary stimulation for the development of the agricultural industry in Russia have been determined, in particular, the following have been proposed: for enterprises implementing investment projects for the production of parts and components for imported agricultural machinery, and breeding enterprises — the introduction of individual conditions for preferential investment lending, as well as measures for the provision of grants or subsidies to compensate for the costs of first investments, benefits for renting production premises, a mechanism for targeted compensation of costs for the introduction of artificial intelligence at agricultural enterprises, or corresponding subsidies.

Keywords: agriculture, agricultural sector, agricultural producers, monetary incentives, sanctions, preferential lending to agricultural enterprises, economic growth

Введение. Сложное экономическое положение России в условиях санкционных ограничений обусловило необходимость усиления государственного вмешательства в экономику и ее приоритетные отрасли с целью стимулирования их развития. В сложившейся ситуации, наряду с отраслями оборонного комплекса, важно

поддерживать устойчивое функционирование аграрного сектора отечественной экономики, обеспечивающего продовольственную безопасность в кратко- и долгосрочной перспективе. В системе государственного регулирования развития сельскохозяйственной отрасли особую роль играет монетарный инструментарий.

Однако представляется, что, несмотря на его мощный стимулирующий потенциал, в нынешний момент он используется недостаточно. Актуальность темы исследования обусловлена также тем, что эффективность государственного регулирования деятельности сельхозпроизводителей вообще и его монетарного стимулирования,



в частности, влияет на конкурентоспособность отечественного аграрного сектора на международном рынке, его экспортный потенциал, а также на качество обеспечения продовольственной безопасности России. Все это приобретает особую актуальность в условиях санкций и политики импортозамещения.

Цель и объект исследования. Целью статьи является исследование механизма монетарного стимулирования развития сельскохозяйственной отрасли в России и разработка рекомендаций по его совершенствованию. В этой связи объектом исследования выступает непосредственно механизм монетарного стимулирования развития сельскохозяйственной отрасли России в условиях санкционных ограничений.

Методы исследования. Методологической базой исследования выступили общенаучные методы познания, такие как анализ и синтез, описание и сопоставление, наблюдение, классификация, систематизация, статистический и нормативно-правовой методы, системный и процессный подходы.

Экспериментальная база. Проведенное исследование базируется на нормативно-правовых актах, в том числе на государственных программах развития сельского хозяйства России, статистических данных Министерства сельского

хозяйства РФ и Центрального Банка РФ, теоретических и аналитических исследованиях в области оценки эффективности монетарного стимулирования развития сельскохозяйственной отрасли России.

Ход исследования. Межотраслевой характер сельскохозяйственного производства предопределяет разностороннее влияние аграрного сектора на развитие экономики страны, поэтому ему уделяется особое внимание в условиях антироссийских санкций и реализации политики импортозамещения. За последние 5 лет на уровне нормативно-правовой базы было разработано и внедрено несколько инструментов в области стимулирования экономической активности и развития предприятий сельскохозяйственной отрасли. Произошел значительный прорыв в области строительства аграрных предприятий и внедрения современных технологий и оборудования. Примечательно, что по состоянию на конец 2022 г. Россия входила в десятку стран мира по показателю объема добавленной стоимости, созданной в сельском хозяйстве [2]. Главные стратегические ориентиры государства в области развития сельского хозяйства в России представлены на рисунке 1.

В 2023 г. объем расходов на решение проблем в области импортозамещения и развития

сельских территорий был увеличен на 14-50%. Из них около половины средств предназначено для стимулирования инвестиций сельскохозяйственных предприятий и около четверти — для модернизации оборудования [15]. На 2023-2025 гг. было предусмотрено дополнительное стимулирование развития сельскохозяйственной отрасли в объеме более 11 млрд руб. [8].

В целом за последние 10 лет наблюдается отрицательная динамика показателя объема средств господдержки в рамках программ и мероприятий по развитию сельского хозяйства в России: снижение с 185178 млн руб. в 2013 г. до 167816 млн руб. в 2022 г. (рис. 2).

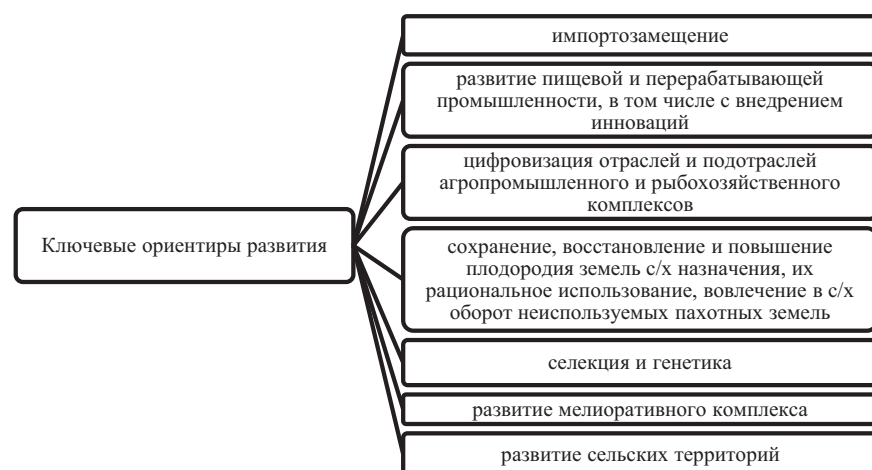
Наименьший объем средств господдержки был выделен в 2020 г., когда его величина составила 150 млрд руб., что было обусловлено, прежде всего, приостановкой действия государственных программ в условиях пандемии коронавируса, а также изменением порядка расчета данного показателя (без учета муниципального бюджета). Далее наблюдается формирование тенденции роста объема господдержки сельского хозяйства: увеличение на 5,8% в 2021 г. к уровню 2020 г. и на 5,6% в 2022 г. к уровню 2021 г.

Монетарные меры государственного стимулирования сельхозпроизводителей оказывают положительное влияние на реализацию инвестиционных проектов и их окупаемость, оказывают стимулирующее воздействие на экспорт российской сельхозпродукции, способствуют росту конкурентоспособности российской сельскохозяйственной отрасли на мировом рынке [5, с. 36].

Одним из наиболее эффективных и востребованных инструментов монетарного стимулирования развития аграрного сектора экономики России является льготное кредитование [8]. Согласно Постановлению Правительства РФ № 1528, с 2017 г. сельхозпроизводители имеют право на краткосрочный (1 год) или инвестиционный (2-15 лет) кредит, процентная ставка по которому не должна превышать 5% (ранее — 10 и 6,5% для субъектов малого предпринимательства (СМП)). Максимальная сумма кредита дифференцирована в зависимости от подотрасли сельского хозяйства и региона страны. Целями такого кредита могут быть: развитие деятельности в растениеводстве и животноводстве, строительство или реконструкция предприятия, осуществляющего деятельность в сфере переработки сельскохозяйственного сырья, покупка техники и оборудования [3].

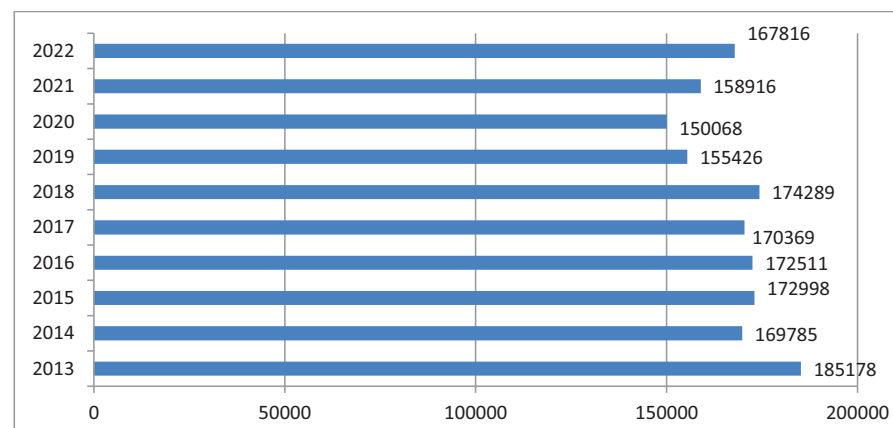
Процентная ставка является достаточно низкой, если оценить ее в сравнении с общей средневзвешенной ставкой по кредитованию юридических лиц (табл. 1).

Представленная динамика средневзвешенной процентной ставки свидетельствует о том, что для сельскохозяйственных предприятий ее уровень находится в среднем на 2-3 п.п. ниже, чем в целом для предприятий всех других отраслей. То же самое можно сказать и о ставке для СМП сельхозотрасли, которая в среднем на 4-5 п.п. ниже, чем для СМП всех отраслей, а также на 1-3 п.п. ниже ставок для сельхозпредприятий, не относящихся к СМП. В динамике происходит стабильное снижение средневзвешенной ставки по краткосрочным кредитам сельхозпредприятиям: падение с 7,57% в 2018 г. до 5,68% в 2022 г. По долгосрочному кредитованию наблюдалось колебание ставки: снижение с 9,25% в 2018 г. до 5,61% в 2021 г. и рост к 2022 г. до 8,93%.



Источник: составлено авторами по данным [1, 2]

Рисунок 1. Главные стратегические ориентиры государства в области развития сельского хозяйства в России
Figure 1. The main strategic guidelines of the state in the field of agricultural development in Russia



Источник: составлено авторами по данным [9]

Рисунок 2. Объем средств государственной поддержки в рамках программ и мероприятий по развитию сельского хозяйства России в 2013-2022 гг., млн руб.
Figure 2. The amount of state support funds within the framework of programs and measures for the development of agriculture in Russia in 2013-2022, million rubles



Что касается малого бизнеса в АПК, то его краткосрочное кредитование осуществлялось в среднем по ставке 7,59% в 2018 г., а в 2022 г. произошло снижение ее уровня до 4,61%. Средневзвешенная ставка по долгосрочному кредитованию на протяжении исследуемого периода колебалась в диапазоне 4-6% и составила 5,72% в 2022 г., обеспечив объем льготного кредитования в размере 179,4 млрд руб. Согласно Плану льготного кредитования сельхозпредприятий на 2023 год, за счет средств бюджета им были выделены субсидии на краткосрочные кредиты на сумму 45832 млн руб. (из них 5976 млн руб. — для СМП) и на инвестиционные кредиты — 112 088 млн руб. (из них — 7868 млн руб. для СМП) [12].

Эффективность реализуемых монетарных мер можно оценить посредством анализа динамики темпов роста производства сельскохозяйственной продукции (рис. 3).

Диаграмма свидетельствует об улучшении ситуации в 2022 г., когда объем производства продукции сельского хозяйства увеличился на 11,3% по сравнению с 2021 г., составив максимальный прирост за последние 10 лет с момента введения санкций. К примеру, в 2018 и в 2021 гг. указанный индекс находился на уровне, ниже 100%, то есть наблюдалась отрицательная динамика. Сравнение темпов роста объемов производства продукции сельского хозяйства со средневзвешенной ставкой по кредитованию сельхозпредприятий показывает, что снижение ставки по краткосрочным кредитам с 7,59% в 2018 г. до 4,61% в 2022 г. оказало положительное влияние на темпы роста объемов производства. Бесспорно, этому способствовало и увеличение объемов господдержки, в том числе по льготному кредитованию.

Среди российских кредитных организаций, предоставляющих льготные кредиты сельхозпредприятиям, лидирует АО «Россельхозбанк», который выдал около трети таких кредитов в 2022 г. Условия предоставления банком льготных кредитов предприятиям АПК представлены в таблице 2.

Ежегодно увеличивается объем ссудной задолженности юридических лиц банку. Так, по сравнению с 2018 г., ее величина выросла в 1,5 раза — с 1823 млн руб. до 2804 млн руб. (рис. 4). Та же динамика наблюдается в отношении ссудной задолженности сельхозпредприятий: увеличение с 660 млн руб. в 2018 г. до 1782 млн руб. в 2022 г. При этом снижение средневзвешенной процентной ставки по краткосрочным кредитам сельхозпредприятиям оказывает положительное влияние на стабильный рост кредитного портфеля банка.

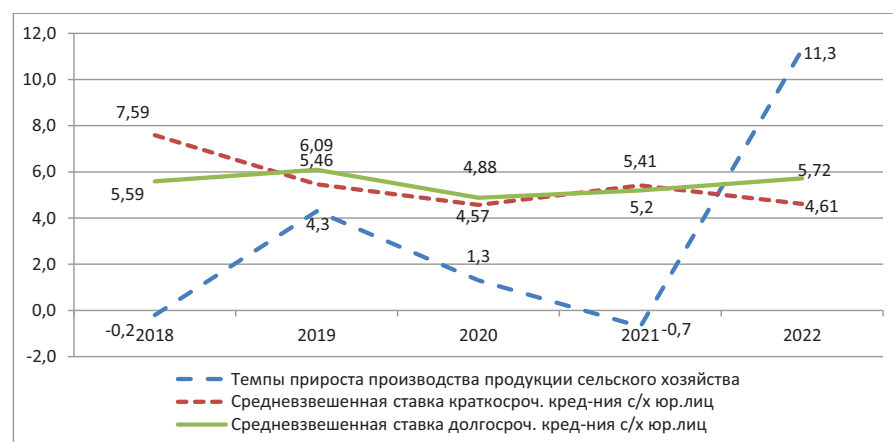
В 2022 г. банк выдал рекордную сумму на поддержку сельского хозяйства — более 1,7 трлн руб. При этом финансирование в рамках льготных программ кредитования выросло на 22%, в том числе объем выданных кредитов на финансирование сезонных работ увеличился на 25% — до 762 млрд руб., а объем инвестиционных кредитов достиг 183 млрд руб. [10].

В поддержке малого сельскохозяйственного бизнеса АО «Россельхозбанк» также является лидером. По итогам 2022 г., его доля в кредитовании субъектов малых форм хозяйствования составила 64%, а объем льготного кредитования таких субъектов увеличился на 25%. Можно отметить существенный вклад банка в развитие фермерских хозяйств и деятельности индивидуальных предпринимателей в аграрном секторе, объем производства которых увеличился

Таблица 1. Динамика средневзвешенных процентных ставок по кредитованию организаций, в том числе СМП, в России в 2018-2022 гг., %
Table 1. Dynamics of weighted average interest rates on lending to organizations, including SMEs, in Russia in 2018-2022, %

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
По организациям всех отраслей, в среднем					
Краткосрочное кредитование	9,25	7,83	6,25	9,01	8,93
Долгосрочное кредитование	9,56	8,26	6,77	8,85	8,56
По СМП всех отраслей					
Краткосрочное кредитование	11,04	10,21	8,12	9,66	9,91
Долгосрочное кредитование	10,5	9,51	7,57	9,67	9,89
По организациям сельскохозяйственной отрасли, в среднем					
Краткосрочное кредитование	7,57	5,94	4,27	5,65	5,68
Долгосрочное кредитование	9,25	7,83	6,25	5,61	8,93
По СМП сельскохозяйственной отрасли					
Краткосрочное кредитование	7,59	5,46	4,57	5,41	4,61
Долгосрочное кредитование	5,59	6,09	4,88	5,2	5,72

Источник: составлено авторами по данным [13]



Источник: составлено авторами по данным [13, 14]

Рисунок 3. Динамика темпов роста производства продукции сельского хозяйства и средневзвешенной ставки кредитования сельхозпредприятий в России в 2018-2022 гг., %
Figure 3. Dynamics of the growth rates of agricultural production and the weighted average lending rate of agricultural enterprises in Russia in 2018-2022, %

Таблица 2. Условия предоставления льготных кредитов АО «Россельхозбанк» на конец 2023 г.
Table 2. Conditions for granting preferential loans to JSC "Rosselkhozbank" at the end of 2023

Условия кредитования	По краткосрочным кредитам	По инвестиционным кредитам
Процентная ставка	1-5%	1-5%
Срок кредитования	До 1 года	От 2 лет до 15 лет
Максимальная сумма кредита	До 15 млн. руб.	До 30 млн руб.
Цели кредитования	На пополнение оборотных средств, на текущие цели	На инвестиционные цели: строительство, модернизация и реконструкция объектов, приобретение оборудования, техники, сельскохозяйственных животных
Направления деятельности кредитруемых предприятий	Растениеводство, животноводство, мясное скотоводство, молочное скотоводство, переработка продукции растениеводства и животноводства	

Источник: составлено авторами по данным [10]

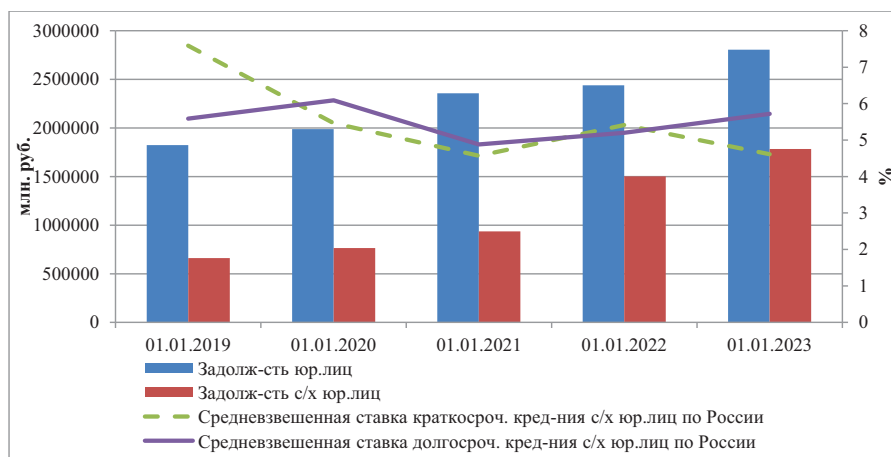
в 2022 г. на 20,1% по сравнению с 2021 г. (в предыдущем периоде — всего на 1,7%), в частности, в растениеводстве рост составил 23,9% [11, 14]. При этом в целом по отрасли показатель увеличился только 11,3%.

Отдельно следует рассмотреть монетарные инструменты стимулирования развития СМП в аграрном секторе. Как было показано выше (табл. 1), средневзвешенная ставка по кредитованию СМП на 1-3 п.п. ниже ставки для других субъектов сельхозпроизводства. То есть АО «Россельхозбанк» и другие уполномоченные

кредитные организации предлагают малому бизнесу более выгодные условия.

Также для СМП в сельском хозяйстве предусмотрен механизм получения грантов, наряду с льготным кредитованием. При этом в отдельную группу субъектов следует выделить сельскохозяйственные потребительские кооперативы, которые имеют особые условия получения льготных кредитов и грантов. В таблице 3 представлены варианты схем финансирования СМП в АПК и сельскохозяйственных потребительских кооперативов.





Источник: составлено авторами по данным [10]

Рисунок 4. Динамика кредитного портфеля АО «Россельхозбанк» и средневзвешенной ставки по кредитованию сельхозпредприятий в России в 2018-2022 гг.
Figure 4. Dynamics of the loan portfolio of JSC "Rosselkhozbank" and the weighted average rate on lending to agricultural enterprises in Russia in 2018-2022

Таблица 3. Варианты схем финансирования СМП в АПК и сельскохозяйственных потребительских кооперативов в рамках программы льготного кредитования и грантов
Table 3. Variants of financing schemes for SMEs in the agro-industrial complex and agricultural consumer cooperatives under the program of preferential loans and grants

Наименование программы	Схема финансирования				
	Классическая схема финансирования		С участием льготного инвестиционного кредита		
	собствен-ные сред-ства, %	грант, %	собствен-ные сред-ства, %	грант, %	кредит, %
Реализация проектов «Агростартап»	10	90	-	-	-
Реализация проектов развития семейных ферм	40	60	5	20	75
Реализация проектов «Агропрогресс»	-	-	5	25	70
Реализация проектов развития материально-технической базы СПОК	40	60	5	20	75

Источник: составлено авторами по данным [11]

Для начинающих предприятий (агростартапов) предлагаются наиболее выгодные условия, включающие получение грантов до 5 млн руб., финансирующих до 90% необходимой суммы. Также необходимо отметить достаточно выгодные условия для развития семейных форм хозяйствования, а также сельскохозяйственных потребительских кооперативов, включающие получение гранта в размере до 60% требуемой суммы, но не более 30 млн руб. для первой категории субъектов и не более 70 млн руб. — для второй.

Для сельскохозяйственных потребительских кооперативов (СПОК) действуют и другие формы государственной поддержки за счет субсидий на формирование системы поддержки фермеров и развитие сельской кооперации. К примеру, это — возмещение 50% расходов на покупку техники и оборудования с целью переработки продукции для внесения в неделимый фонд СПОК, а также на приобретение имущества с целью передачи в собственность членов СПОК; возмещение до 15% расходов на продажу сельхозпродукции, полученной от членов кооператива и переработанной кооперативом [11].

Важно также рассмотреть такой инструмент монетарного стимулирования развития сельского хозяйства, как льготный лизинг для сельхозпредприятий. Согласно Постановлению Правительства РФ от 31 августа 2019 г. № 1135 [4], компании АО «Росагролизинг» возмещаются из

бюджета недополученные доходы в результате предоставления услуг финансовой аренды (услуг лизинга) для сельхозпредприятий на льготных условиях. Компания АО «Росагролизинг» предлагает к услугам лизинга 22 тыс. наименований различной сельхозтехники и специализированного оборудования для сельхозработ от различных поставщиков. Условия льготного лизинга предусматривают авансовый платеж от 0%, удорожание от 3%, срок лизинга — до 8 лет, отсутствие требований к гарантийному обеспечению, а также корпоративные скидки на технику и специальные акции от поставщиков. Подобные условия финансирования не имеют на рынке аналогов, учитывая, что льготный лизинг можно совмещать с другими мерами поддержки. В августе 2023 г. программа льготного лизинга была усовершенствована (расширение перечня техники, распространение льгот на перерабатывающие предприятия), скорректированы правила предоставления финансирования (в том числе введена возможность реструктуризации имеющейся задолженности). По состоянию на конец ноября 2023 г., число лизингополучателей по программам льготного лизинга составило 5600 субъектов, преобладающее большинство из них имело по несколько единиц техники в лизинге. При этом количество субъектов, воспользовавшихся данным инструментом стимулирования, превысило 15 тыс. [11], что говорит о его востребованности.

Результаты и обсуждение. Проведенный анализ основных тенденций развития сельскохозяйственной отрасли экономики России показал, что, несмотря на санкции, объемы производства сельскохозяйственной продукции к 2022 г. увеличились. Это свидетельствует о положительной динамике в отрасли, что во многом было обеспечено стимулированием со стороны государства, объем финансовой поддержки которого существенно вырос за период 2020-2022 гг.

Как показала практика, некоторые инструменты монетарного стимулирования развития сельского хозяйства в России требуют совершенствования. Кроме того, недостатки присущи и самому механизму монетарного стимулирования, они обусловлены наличием ряда проблем в деятельности сельхозпроизводителей в современных условиях. Так, для стимулирования развития отечественной селекции и импортозамещения были изменены правила предоставления соответствующих субсидий, (например, в растениеводстве поддерживается закупка только отечественных семян и саженцев). С одной стороны, это даст положительный эффект с точки зрения развития селекционной работы. Однако сроки введения и действие таких мер вызывают сомнения, так как российская селекционная деятельность характеризуется использованием старых методов, предполагающих длительный период (до 15 лет) воспроизводства новых сортов сельхозкультур [6, с. 65].

Все это позволяет сделать вывод, что введение субсидий, как мер по стимулированию использования отечественных семян, не может быть реализовано в полной мере всеми желающими субъектами в силу нехватки сырья. В данном случае считаем более целесообразным введение мер, которые будут способствовать стимулированию создания и развития частных селекционных предприятий, для открытия которых предлагается выделять гранты или субсидии на компенсацию до 80% расходов на первые инвестиции. Также для таких предприятий можно предложить льготные кредиты на особых условиях (с процентной ставкой не более 2% годовых), льготы на аренду производственных помещений, а также налоговые льготы специфического характера. Это будет способствовать стимулированию развития селекционно-селекционных предприятий.

В условиях санкций также возникли проблемы обеспечения производственной базы сельскохозяйственных предприятий необходимыми комплектующими и запчастями. С целью реализации политики импортозамещения и развития предприятий аграрного сектора, считаем целесообразным ввести временные меры по стимулированию развития инвестиционных проектов, направленных на производство российских деталей и комплектующих для импортной сельхозтехники. В данном случае речь идет о расширении льгот по инвестиционному кредитованию, а именно: снижении ставки кредитования до 1% годовых с последующей компенсацией недополученных доходов кредитной организации из бюджета.

Данные меры должны быть временными (1-2 года), решение об их продлении может быть принято на основании полученных за этот период результатов. Представляется целесообразным в данном случае на реализацию этих мер уполномочить только одну кредитную организацию — АО «Россельхозбанк».



Кроме того, необходимо стимулирование развития российских сельскохозяйственных предприятий на основе внедрения искусственного интеллекта. Посредством последнего можно создавать системы, способные выполнять задачи, требующие человеческих интеллектуальных навыков, таких как распознавание речи, обучение, планирование, принятие решений и т.д. [7, 18].

Опыт внедрения искусственного интеллекта показывает значительные результаты с точки зрения повышения эффективности деятельности сельскохозяйственных предприятий. К примеру, внедрение системы автономного управления сельхозтехникой на основе искусственного интеллекта в компании ООО «Агрофирма «Победа» привело к уменьшению прямых потерь урожая на 8-13%, сокращению сроков уборочных работ на 25%, снижению расходов на топливо во время уборочных работ на 5% [16, 17].

В то же время высокая стоимость оборудования и, соответственно, довольно большие дополнительные издержки препятствуют активному внедрению подобных технологий в процесс сельхозпроизводства. Следовательно, в данном направлении необходимы более активные меры государственного стимулирования в виде адресной компенсации затрат на внедрение искусственного интеллекта на сельхозпредприятиях или субсидий на эти цели. Для государства эффективность мер по стимулированию развития искусственного интеллекта в аграрном секторе будет выражаться в обеспечении стабильного экономического роста, повышении производительности труда в сельском хозяйстве, а также в укреплении продовольственной безопасности страны.

Область применения результатов. Предложенные рекомендации по совершенствованию мер монетарного стимулирования развития сельского хозяйства будут способствовать ускорению процессов импортозамещения, повышению эффективности деятельности сельскохозяйственных предприятий, росту производительности труда в отрасли, улучшению качества жизни населения.

Выводы. В России применяются различные методы монетарного стимулирования развития сельского хозяйства в России. Одним из наиболее эффективных и востребованных инструментов монетарного стимулирования является льготное кредитование по заниженной ставке — не более 5%. Сравнение темпов роста объемов производства продукции сельского хозяйства со средневзвешенной ставкой по кредитованию сельхозпредприятий показывает, что снижение ставки по краткосрочным кредитам в 2022 г. оказало положительное влияние на темпы роста объемов производства.

Увеличение темпов роста объемов производства сельскохозяйственной продукции было обусловлено также расширением господдержки, в том числе по льготному кредитованию. Для СМП в сельском хозяйстве предусмотрен механизм получения грантов наряду с льготным кредитованием. При этом особую группу субъектов составляют сельскохозяйственные потребительские кооперативы, для которых созданы специальные условия получения льготных кредитов и грантов. Исследование показало, что некоторые инструменты монетарного стимулирования развития сельского хозяйства в России имеют недостатки и требуют совершенствования. Кроме того, существуют некоторые

пробелы в механизме монетарного стимулирования, которые обусловлены наличием проблем в деятельности сельхозпроизводителей в современных условиях. По результатам анализа были предложены меры по совершенствованию инструментария монетарного стимулирования развития сельского хозяйства.

Список источников

1. О развитии сельского хозяйства: Федеральный закон от 29 декабря 2006 г. № 264-ФЗ (в ред. от 4 августа 2023 г.).
2. Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.: Распоряжение Правительства РФ от 8 сентября 2022 г. № 2567-р.
3. Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским кредитным организациям, международным финансовым организациям и государственной корпорации развития «ВЭБ.РФ» на возмещение недополученных ими доходов по кредитам, выданным сельскохозяйственным товаропроизводителям по льготной ставке: Постановление Правительства РФ от 29 декабря 2016 г. № 1528 (в ред. от 6 мая 2023 г.).
4. Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета акционерному обществу «Росагролизинг», г. Москва, на возмещение недополученных доходов при уплате лизингополучателем лизинговых платежей по договорам финансовой аренды (лизинга), заключенным на льготных (специальных) условиях: Постановление Правительства РФ от 31 августа 2019 г. № 1135 (в ред. от 10 августа 2023 г.).
5. Брик А.Д., Плохотникова Г.В. Организационно-экономические и административно-правовые механизмы стимулирования развития агропромышленного комплекса на макро- и мезо-экономическом уровнях // Региональные проблемы преобразования экономики. 2019. № 8. С. 34-40.
6. Горшкова Н.В., Шкарупа Е.А., Елтонцев А.В. Импортозамещение в АПК: механизм реализации и перспективы развития // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. 2021. Т. 23. № 3. С. 63-73.
7. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве России // Минцифры России. URL: https://files.data-economy.ru/Docs/Infografika_AI_s_h_Russia.pdf (дата обращения: 25.11.2023).
8. Льготы для сектора АПК: результаты рынка в 2022 году, господдержка отрасли, инвестирование, планы развития // Деловой профиль. URL: https://delprof.ru/upload/iblock/a90/Analitika_DELOVOY-PROFIL_Lgoty-dlya-sektora-APK.pdf (дата обращения: 25.11.2023).
9. Объем средств государственной поддержки в рамках программ и мероприятий по развитию сельского хозяйства // Статистическая система ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/42373> (дата обращения: 25.11.2023).
10. Официальный сайт АО «Россельхозбанк». URL: <https://www.rshb.ru> (дата обращения: 25.11.2023).
11. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. URL: <https://mcx.gov.ru> (дата обращения: 25.11.2023).
12. План льготного кредитования заемщиков на 2023 год // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/976/tg06p6hxfviyabizjq0leu1kjjl7sf.pdf?ysclid=lp9hxpjv8h112498019> (дата обращения: 25.11.2023).
13. Процентные ставки по кредитам и депозитам и структура кредитов и депозитов по срочности // Центральный банк РФ. URL: https://cbr.ru/statistics/bank_sector/int_rat/ (дата обращения: 25.11.2023).
14. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство // Федеральная служба государственной статистики. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 25.11.2023).
15. Узбекова А.А. Господдержка АПК в 2023 году будет расширена // Российская газета. URL: <https://rg.ru/2022/12/30/gospodderzhka-apk-v-2023-godu-budet-rasshirena.html?ysclid=lmymqftfw5845163677> (дата обращения: 25.11.2023).

16. Эффективные отечественные практики на базе технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // Минцифры. URL: <https://old.data-economy.ru/tpost/h8xt57x1h1-effektivnie-otechestvennie-praktiki-na-b> (дата обращения: 25.11.2023).

17. Alreshidi, E. (2019). Smart Sustainable Agriculture (SSA) Solution Underpinned by Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI). *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 10, no. 5, pp. 93-102.

18. Mijwil, M.M., Abttn, R. (2021). Artificial Intelligence: A Survey on Evolution and Future Trends. *Asian Journal of Applied Sciences*, no. 9 (2), pp. 87-93. doi: 10.24203/ajas.v9i2.6589 (accessed: 05.11.2023).

References

1. The federal law of the Russian Federation of December 29, 2006 No. 264-FZ «On the Development of Agriculture». *Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii* [Collection of legislation of the Russian Federation], 2007, 1 January, no 1.
2. Decree of the Government of the Russian Federation dated September 8, 2022 No. 2567-R «On approval of the Strategy for the development of agro-industrial and fisheries complexes of the Russian Federation for the period up to 2030». *Dostup iz SPS Konsultant plyus* [Access from SPS Consultant Plus]. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_426435/f62ee45faef8d2a11d6d88941ac66824f848bc2/?ysclid=luksqrnvq879010836 (accessed: 05.11.2023).
3. Resolution of the Government of the Russian Federation of December 29, 2016 No. 1528 «On Approval of the Rules for Granting Subsidies from the Federal Budget to Russian Credit Organizations, International Financial Organizations and the State Development Corporation «VEB. RF» to reimburse their lost income on loans issued to agricultural producers at a discounted rate». *Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii* [Collection of legislation of the Russian Federation], 2017, 9 January, no 2 (part I).
4. Resolution of the Government of the Russian Federation dated August 31, 2019 No. 1135 «On Approval of the Rules for Granting Subsidies from the Federal Budget to Rosagroleasing Joint Stock Company, Moscow, for Reimbursement of Lost Income when the Lessee Pays Lease Payments under Financial Lease Agreements concluded on Preferential (special) Terms». *Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii* [Collection of legislation of the Russian Federation], 2019, 9 September, no 36.
5. Brik, A.D., Plokhonikova, G.V. (2019). Organizatsionno-ekonomicheskie i administrativno-pravovye mekhanizmy stimulirovaniya razvitiya agropromyshlennogo kompleksa na makro- i mezo-ehkonomicheskom urovnyakh [Organizational-economic and administrative-legal mechanisms for stimulating the development of the agro-industrial complex at macro- and meso-economic levels]. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ehkonomiki* [Regional problems of transforming the economy], no 8, pp. 34-40.
6. Gorshkova, N.V., Shkarupa, E.A., Eltonsev, A.V. (2021). Importozameshchenie v APK: mekhanizm realizatsii i perspektivy razvitiya [Import substitution in agriculture: implementation mechanism and development prospects]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ehkonomika* [Journal of Volgograd State University. Economics], vol. 23, no. 3, pp. 63-73.
7. Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications of the RF (2023). *Iskusstvennyy intellekt v sel'skom khozyaistve Rossii* [Artificial intelligence in agriculture of Russia]. Available at: https://files.data-economy.ru/Docs/Infografika_AI_s_h_Russia.pdf (accessed: 25.11.2023).
8. Delovoi profil' (2023). Lgoty dlya sektora APK: rezul'taty rynka v 2022 godu, gospodderzhka otrasli, investirovanie, plany razvitiya [Benefits for the agricultural sector: market results in 2022, state support for the industry, investment, development plans]. Available at: https://delprof.ru/upload/iblock/a90/Analitika_DELOVOY-PROFIL_Lgoty-dlya-sektora-APK.pdf (accessed: 25.11.2023).
9. Statisticheskaya sistema EMISS (2023). *Ob'em sredstv gosudarstvennoi podderzhki v ramkakh programm i meropriyatii po razvitiyu sel'skogo khozyaistva* [The amount of state support funds within the framework of programs and activities for the development of agriculture]. Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/42373> (accessed: 25.11.2023).





10. AO «Rossel'khozbank» (2023). *Ofitsial'nyi sait* [Official website]. Available at: <https://www.rshb.ru> (accessed: 25.11.2023).

11. Ministerstvo sel'skogo khozayaistva Rossiiskoi Federatsii (2023). *Ofitsial'nyi sait* [Official website]. Available at: <https://mcx.gov.ru> (accessed: 25.11.2023).

12. Ministerstvo sel'skogo khozayaistva Rossiiskoi Federatsii (2023). *Plan l'gotnogo kreditovaniya zaemshchikov na 2023 god* [The plan of preferential lending to borrowers for 2023]. Available at: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/976/tg06p6hxfviyabizjq0oleu1kjgj7sf.pdf?ysclid=lp9hxjpv8h112498019> (accessed: 25.11.2023).

13. Tsentral'nyi bank RF (2023). *Protsentnye stavki po kreditam i depozitam i struktura kreditov i depozitov po srochnosti* [Interest rates on loans and deposits and the structure

of loans and deposits by maturity]. Available at: https://cbr.ru/statistics/bank_sector/int_rat/ (accessed: 25.11.2023).

14. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki (2023). *Sel'skoe khozayaistvo, okhota i lesnoe khozayaistvo* [Agriculture, hunting and forestry]. Available at: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (accessed: 25.11.2023).

15. Uzbekova, A.A. (2023). *Gospodderzhka APK v 2023 godu budet rasshirena* [State support of the agro-industrial complex will be expanded in 2023]. *Rossiiskaya gazeta*. Available at: <https://rg.ru/2022/12/30/gospodderzhka-apk-v-2023-godu-budet-rasshirena.html?ysclid=lmymqtflw5845163677> (accessed: 25.11.2023).

16. Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications of the Russian Federation (2023). *Ehffektivnye otechestvennye praktiki na baze tekhnologii*

[Effective domestic practices based on artificial intelligence technologies in agriculture]. Available at: <https://old.data-economy.ru/tpost/h8xt57x1h1-efektivnie-otechestvennie-praktiki-na-b> (accessed: 25.11.2023).

17. Alreshidi, E. (2019). Smart Sustainable Agriculture (SSA) Solution Underpinned by Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI). *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 10, no. 5, pp. 93-102.

18. Mijwil, M.M., Abttan, R. (2021). Artificial Intelligence: A Survey on Evolution and Future Trends. *Asian Journal of Applied Sciences*, no. 9 (2), pp. 87-93. doi: 10.24203/ajas.v9i2.6589 (accessed: 05.11.2023).

Информация об авторах:

Литвин Валерия Викторовна, доктор экономических наук, доцент, директор института финансовых исследований финансового факультета, доцент кафедры банковского дела и монетарного регулирования, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1677-8138>, Scopus ID: 42961855900, vlitvin@fa.ru

Дмитриченко Лилия Ивановна, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой экономической теории, Донецкий государственный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6956-8524>, Researcher ID: S-4326-2016, SPIN-код: 7733-3168, liliyadm1948@mail.ru

Information about the authors:

Valeria V. Litvin, doctor of economic sciences, associate professor, director of the institute of financial research of the faculty of finance, associate professor of the department of banking and monetary regulation, Financial University under the Government of the Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1677-8138>, Scopus ID: 42961855900, vlitvin@fa.ru

Liliya I. Dmitrichenko, doctor of economic sciences, professor, head of the department of economic theory, Donetsk State University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6956-8524>, Researcher ID: S-4326-2016, SPIN- code: 7733-3168, liliyadm1948@mail.ru

✉ vallitwin2015@yandex.ru

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭЛЕКТРОННАЯ НАУКА»



Международный журнал прикладных наук и технологий «INTEGRAL»

при поддержке Фонда национальной премии имени П. А. Столыпина проводит международный конкурс научных статей «Человек. Земля. Экология» по следующим отраслям науки: Биологические, Химические, Технические, Ветеринарные, Сельскохозяйственные, Географические, Экономические.



- Основные темы научных исследования: Науки о Земле и окружающей среде, Биотехнология, Биохимия, Генетика, Пищевые системы, Агрохимия, Почвоведение, Агрономия, Экология.
- Все статьи, прошедшие рецензирование и проверку на оригинальность, будут опубликованы в сборнике и размещены в РИНЦ, статьям присвоены DOI.
- По итогам конкурса победители получают гранты на публикацию в 2025 году своих исследований в научных журналах входящих в базу данных RSCI и в Перечень ВАК.

Присылайте Ваши научные статьи на почту e-integral@ya.ru



Научная статья
УДК 631.1; 338.43; 001.38
doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_523

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СПРОС НА ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОДУКТЫ И ТЕХНОЛОГИИ В АПК

Е.А. Дерунова, М.Я. Васильченко, А.С. Воронов, А.Ю. Шокурова

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

Аннотация. Повышение эффективности производства сельскохозяйственной продукции в современных условиях является драйвером обеспечения продовольственной безопасности и независимости страны. Поддержка и стимулирование спроса на отечественные инновационные продукты и технологии является основополагающим в решении данной проблемы. Целью статьи является исследование факторов, влияющих на спрос на отечественные инновационные продукты и технологии в АПК, и разработка механизмов его стимулирования. В работе развиты теоретико-методические аспекты институционального взаимодействия государства, науки и агробизнеса в процессе стимулирования спроса на базе совместного создания ценности. Проведен анализ патентной активности как косвенного отражения спроса на инновации в аграрном секторе экономики. Обоснованы факторы, сдерживающие и ускоряющие спрос на инновационные продукты в аграрном секторе. Построена модель маркетингового обеспечения, отражающая влияние результативности научных исследований и разработок на формирование инновационного сегмента аграрного сектора. Выявлено положительное влияние выданных патентов и коэффициентов самообеспеченности патентами на рост объемов инновационной продукции: увеличение числа выданных патентов на 1% приводит к росту объемов отгруженной инновационной продукции на 1,97 млрд руб.; повышение коэффициента самообеспеченности на 1% сопровождается увеличением объемов инновационной продукции 81,5 млрд руб. Практическая значимость результатов исследования заключается в возможности их использования при разработке механизмов государственной поддержки спроса на инновации и цифровые технологии в агропромышленном комплексе.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, государственная поддержка, инновационное развитие, маркетинговое обеспечение, патентная активность, передовые производственные технологии, факторы спроса на инновационные продукты

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01784 «Механизм поддержки и стимулирования спроса при внедрении отечественных инновационных продуктов и технологии в аграрный сектор экономики».

Original article

STUDY OF FACTORS INFLUENCING DEMAND FOR DOMESTIC INNOVATIVE PRODUCTS AND TECHNOLOGIES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

E.A. Derunova, M.Ya. Vasilchenko, A.S. Voronov, A.Yu. Shokurova

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

Abstract. Increasing the efficiency of agricultural production in modern conditions is a driver of ensuring food security and independence of the country. Supporting and stimulating demand for domestic innovative products and technologies is fundamental in solving this problem. The purpose of the article is to study the factors influencing the demand for domestic innovative products and technologies in the agro-industrial complex and to develop mechanisms to stimulate it. The paper develops theoretical and methodological aspects of institutional interaction between the state, science and agribusiness in the process of stimulating demand on the basis of joint value creation. The analysis of patent activity as an indirect reflection of the demand for innovations in the agricultural sector of the economy is carried out. The factors constraining and accelerating the demand for innovative products in the agricultural sector are substantiated. A marketing support model has been built reflecting the impact of the effectiveness of scientific research and development on the formation of an innovative segment of the agricultural sector. The positive effect of granted patents and coefficients of self-sufficiency with patents on the growth of innovative products was revealed: an increase in the number of granted patents by 1% leads to an increase in the volume of shipped innovative products by 1.97 billion rubles; an increase in the coefficient of self-sufficiency by 1% is accompanied by an increase in the volume of innovative products 81.5 billion rubles. The practical significance of the research results lies in the possibility of their use in the development of mechanisms for state support of demand for innovations and digital technologies in the agro-industrial complex.

Keywords: agro-industrial complex, government support, innovative development, marketing support, patent activity, advanced production technologies, demand factors for innovative products

Acknowledgments: the reported study was funded by the Russian Science Foundation, project № 23-28-01784 “A mechanism for supporting and stimulating demand in the implementation of domestic innovative products and technologies in the agricultural sector of the economy”.

Введение. Повышение эффективности производства сельскохозяйственной продукции в современных условиях является драйвером обеспечения продовольственной безопасности и независимости страны. Поддержка и стимулирование спроса на отечественные инновационные продукты и технологии, а также анализ факторов инновационной активности являются основополагающими в решении данной проблемы.

В трудах отечественных и зарубежных ученых уделяется достаточное внимание исследованию факторов инновационной активности в сельском хозяйстве. Так, А.В. Голубев выделяет рестриктивные (ограничивающие) и экспансионистские (стимулирующие) факторы инновационной деятельности. Важную роль в стимулировании инновационного развития играют природно-ресурсный потенциал, научно-образовательный потенциал и внутренний

продовольственный рынок, определяющий инновационную активность предприятий аграрного сектора [1].

В.Ш. Расумов выделяет в качестве ограничительных факторов для осуществления инновационной деятельности финансово-экономические, научно-технические, кадровые и психологические. Недостаток финансовых средств, низкий уровень рентабельности сельскохозяйственных предприятий ограничивают



возможности инвестиционного развития и реализации инновационных проектов. Низкий научно-технический потенциал значительной части организаций, наряду с отсутствием соответствующих компетенций работников, не позволяют использовать передовые технологии. Немаловажное значение в снижении инновационной активности имеет также использование инерционных моделей управления инновационными процессами [2]; отсутствие инновационного менталитета в сельскохозяйственных организациях, отсутствие эффективной государственной инновационной политики; ограничения доступа к новым технологиям [3].

Увеличение спроса на инновационную продукцию выступает одним из главных условий повышения инновационной активности. По данным экспертных опросов, около 60% специалистов сельского хозяйства оценили его значимость для инновационного развития [4]. В качестве приоритетных направлений инвестирования в инновации 82% экспертов указали на необходимость совершенствования производственных технологий; 73% отметили приоритет информационных технологий; 36% экспертов подчеркнули важность инвестирования технологий производства новых и улучшенных продуктов; а 27% считают необходимым разработку новых маркетинговых стратегий [5].

В современных условиях формирования неиндустриальных трендов сельского хозяйства настоятельно необходимо освоение цифровых технологий в процессах производства и управления [6]. Важность такого фактора, как распространение или переток знаний, отмечают А.М. Носонов и С.В. Пашков [7]. Переток знаний предполагает их передачу от фирмы-разработчика фирмам-пользователям на безвозмездной основе или за более низкую цену по сравнению со стоимостью разработки [8-9]. Развивая тематику распространения знаний, Nonaka I., Takeuchi H. подчеркивали важную роль передачи неформализованных знаний (например, профессиональных) в осуществлении инновационной деятельности [10]. Для анализа и оценки перетоков знания отдельные ученые предлагают использовать инструментарий модифицированной производственной функции знания, включающей затраты фирм и вузов на проведение НИОКР [11].

Передача знаний в форме открытий и изобретений осуществляется посредством продажи патентов. Показатель патентной активности является важным индикатором инновационного профиля отраслей и территорий. Зарубежные ученые разработали методические подходы к анализу патентов на основе патентного цитирования, что позволяет исследовать процессы перетоков знания в пространственно-временном измерении [12]. Исследование мировых научно-исследовательских трендов по зарубежным и российским базам научного цитирования позволило выявить закономерности и окна возможностей научно-технологического развития аграрного сектора [13].

Отдельные исследователи указывают на необходимость более широкого использования ГИС-технологий при оценке территориального распределения патентных цитирований, что возможно с применением как локальных ГИС-пакетов, так и интегрирования ГИС-технологий с профильными процессами [14].

Целью статьи является исследование факторов, влияющих на спрос на отечественные

инновационные продукты и технологии в АПК, и разработка механизмов его стимулирования.

Материалы и методы исследования. Методологической основой исследования явились нормативно-правовые документы, государственные 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 были использованы информация из статистических сборников, а также материалы НИУ ВШЭ.

Ход исследования. Организации аграрного сектора России отличаются более низким уровнем инновационности. Несмотря на то, что инновационная активность сельскохозяйственных организаций возросла с 4,6% в 2017 г. до 8,1% в 2021 г., это значительно ниже, чем в промышленном производстве (17,4%) и в обрабатывающих производствах (23,1%). Интенсивность затрат на инновационную деятельность в сельском хозяйстве составляла лишь 1,1%; объем инновационных товаров, работ и услуг в процентах от общего объема отгруженных товаров, выполненных работ, услуг в 2021 г. был равен 2,3% (в высокотехнологичных отраслях — 18,4%). Экспорт инновационных сельскохозяйственных товаров составил лишь немногим более 2% от общего объема произведенных инновационных товаров (в целом по экономике — 16,5%, а в высокотехнологичных отраслях — 21,3%). Сохраняется достаточно высокая доля импорта наукоемкой промежуточной продукции для животноводческого сектора. Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, был равен 9,5% (в целом по экономике — 23%) [15].

Согласно исследованиям НИУ ВШЭ, показатель удельного веса затрат на инновационную деятельность России имеет значение 2%. В свою очередь, несмотря на рост затрат, уровень инновационной активности составляет всего 11,9%, а удельный вес отгруженной инновационной продукции — 5%. Подобное обстоятельство можно объяснить необходимостью решения задач по цифровой трансформации российской

экономики, требующей дополнительных инвестиций в разработку, производство и реализацию инновационной продукции, а также совершенствование механизмов стимулирования инновационной активности.

Исследования российских ученых установили, что примерно 10% хозяйств используют современные технологии, тогда как в передовых европейских странах этот показатель составляет от 60 до 80%. По уровню затрат на инновационные разработки Россия отстает от Нидерландов примерно в 50 раз, а от Польши — в 10 раз [16].

Недостаточная финансовая поддержка государства значительно ограничивает возможности активизации инновационных процессов, особенно в сельском хозяйстве. Социологические исследования процесса инновационной деятельности организаций АПК Уральского федерального округа подтвердили несомненную важность фактора поддержки, отнесенного респондентами к наиболее значимым, наряду с факторами недостатка финансовых средств и высокой стоимости инноваций [17].

Существуют различные формы поддержки инновационной деятельности как на федеральном, так и региональном уровне. К ним относятся налоговые льготы, субсидии, льготное кредитование, государственные гарантии, стимулирование использования инновационных ресурсов и цифровых технологий.

Возможности для инновационного развития АПК связаны с развитием научного и кадрового потенциала; освоением работниками новых компетенций в соответствии с вызовами цифровизации агропромышленного комплекса; предоставлением преференций коммерческим организациям, финансирующим научные исследования собственными средствами.

Экспертная оценка значимости факторов, препятствующих инновационному развитию, проводилась учеными НИУ ВШЭ на основе социологического опроса представителей ряда российских организаций (рис.).

Были выделены две группы общеэкономических и внутренних факторов. Среди общеэкономических факторов свыше 9% организаций выделили недостаток собственных денежных средств в качестве основного фактора и 17% организаций — в качестве значительного.



Составлено по данным НИУ ВШЭ [18]

Рисунок. Основные факторы, препятствующие инновационной деятельности (2020-2022 гг.), % от общего числа организаций

Figure. The main factors hindering innovation (2020-2022), % of the total number of organizations



Высокую стоимость нововведений отметили в качестве основного фактора 7,8% организаций и значительного — 19%. Высокие экономические риски как основной фактор для инновационной деятельности указали 6% организаций, а 17,2% организаций определили этот фактор как значительный. Недостаток государственной финансовой поддержки 5,5% организаций оценили как основной, а 13,1% — как значительный фактор. Недостаток финансовых ресурсов в форме кредитов или прямых инвестиций считают основным фактором 3,4% организаций, а значительным — 10,3%. Во многом препятствует инновационному развитию и такой фактор, как неопределенный рыночный спрос. Свыше 4% организаций характеризуют его как основной фактор и 10,8% — как значительный.

Среди внутренних факторов наиболее существенным является низкий инновационный потенциал. Около 5% организаций выделили его как основной фактор и 10,3% — как значительный. Недостаток квалифицированного персонала также препятствует инновационной деятельности. Около 4% организаций признали этот фактор в качестве основного, а 11,3% — в качестве значительного. Недостаток информации о новых технологиях и о рынках сбыта отметили основными факторами свыше 2% организаций и значительными — от 6 до 7%.

Результаты и обсуждение. Одним из условий достижения технологического суверенитета России выступает повышение патентной активности, которая является косвенным показателем спроса на инновации. Динамика показателя технологической самообеспеченности страны, рассчитываемого как соотношение количества

поданных отечественных патентных заявок на изобретения и общего их количества, отражает положительные тренды: за 2015–2022 гг. показатель увеличился с 0,64 до 0,7 [19]. Необходимо отметить положительные тенденции, связанные с разработкой передовых производственных технологий (табл. 1).

Так, в 2022 г. в России было разработано 2621 передовых производственных технологий, то есть почти в 2 раза больше, чем в 2017 г. Положительная динамика сопровождается практически неизменной интенсивностью деятельности организаций, разрабатывающих новые технологии. Следовательно, на одну организацию приходится примерно три новых технологии в год. Наибольшую активность проявляют организации научно-исследовательского сектора.

Передовые производственные технологии разрабатываются по следующим направлениям: автоматизированное производство, транспортировка и сборка; проектирование и инжиниринг; связь, управление и геоматика. На протяжении рассматриваемого периода из общего числа разработанных производственных технологий от 10 до 13,5% приходилось на принципиально новые, не имеющих мировых аналогов. Вместе с тем в производстве пищевых продуктов принципиально новые технологии разрабатывались только в 2021–2022 гг., что свидетельствует о неравномерном характере неоиנדустриальной трансформации. Согласно данным исследований российских ученых, уникальные передовые технологии создаются в сфере исследований и разработок, а в обрабатывающей промышленности генерируются технологии, новые только для России. Необходи-

димо также отметить сохраняющийся разрыв между наличием передовых технологий и их использованием. Нередки случаи, когда произведенный на основе передовых технологий инновационный продукт не востребован рынком, что связано с недостаточным стимулированием спроса [20].

В таблице 2 представлены показатели оценки изобретательской активности, число разработанных и используемых передовых производственных технологий как в целом по экономике, так и в сельском хозяйстве.

Результаты анализа показывают, что увеличение количества затрат на маркетинговые инновации не обеспечивает стимулирование спроса на инновации, рост маркетинговой активности и пропорциональный рост числа патентов и разработанных передовых производственных технологий. Низкая маркетинговая активность сельскохозяйственных предприятий ограничивает рост патентных заявок на изобретения, что подтверждает коэффициент изобретательской активности (число отечественных патентных заявок на изобретения, поданных в России, в расчете на 10 тыс. человек населения). Данный коэффициент имеет значение 0,48% в 2022 г., увеличившись на 0,08% по сравнению с 2017 г. Сохраняется низкая доля сельскохозяйственных организаций, занимающихся маркетингом и брендингом. В 2022 г. этот показатель в сельском хозяйстве составил 1,1%, а по экономике в целом — 5,5%; в обрабатывающих производствах — 9,1%. Согласно авторской оценке, на сельское хозяйство приходится от 5 до 6% всех разработанных передовых технологий в экономике.

В исследовании построена модель маркетингового обеспечения, отражающая влияние результативности научных исследований и разработок на формирование инновационного сегмента аграрного сектора:

$$Y = -224,6 + 1,97 X_1 - 202,91 X_2 + 815,4 X_3 \quad (1) \\ R^2 = 0,96,$$

где Y — отгружено инновационных товаров, выполненных работ и услуг собственными силами по виду деятельности: «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», млрд руб.; X_1 — выдано патентов Российской Федерации, тыс. шт.; X_2 — коэффициент изобретательской активности (число отечественных патентных заявок на изобретения, поданных в России на 10 тыс. человек населения); X_3 — коэффициент самообеспеченности (соотношение числа отечественных и всех поданных в России патентных заявок на изобретения), ‰ (промилле).

Коэффициент детерминации R^2 показывает, что расчетные параметры модели объясняют зависимость изменения изучаемого параметра Y от исследуемых факторов на 96%, что подтверждает значимость разработанной модели.

Приведенные расчеты подтвердили положительное влияние выданных патентов и коэффициентов самообеспеченности на рост объемов инновационной продукции. Так, увеличение числа выданных патентов на 1% приводит к росту объемов отгруженной инновационной продукции на 1,97 млрд руб. Повышение коэффициента самообеспеченности на 1% сопровождается увеличением объемов инновационной продукции 81,5 млрд руб.

Напротив, коэффициент изобретательской активности пока не оказывает существенного влияния на расширение объемов инновацион-

Таблица 1. Число разработанных передовых производственных технологий в России, ед.
Table 1. The number of advanced manufacturing technologies developed in Russia, units

Виды экономической деятельности	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Разработанные передовые производственные технологии						
Экономика в целом	1402	1565	1620	1989	2186	2621
Обрабатывающие производства	442	502	532	666	737	823
В том числе производство пищевых продуктов	16	24	25	52	65	65
В том числе принципиально новые передовые производственные технологии						
Экономика в целом	190	180	217	201	260	307
Обрабатывающие производства	33	34	35	39	76	93
В том числе производство пищевых продуктов	0	0	0	0	10	7

Источник: данные Росстата

Таблица 2. Оценка изобретательской активности и коммерциализации результатов исследований
Table 2. Evaluation of inventive activity and commercialization of research results

	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
1. Коэффициент изобретательской активности (число патентных заявок на 10 тыс. человек населения)	1,55	1,7	1,59	1,64	1,84	1,9	
1. Коэффициент изобретательской активности (число патентных заявок на 10 тыс. человек населения) (сельское хозяйство)	0,4	0,43	0,4	0,41	0,47	0,48	
2. Число разработанных передовых производственных технологий в целом по экономике, ед.	1402	1565	1620	1989	2186	2621	2743
2. Число разработанных передовых производственных технологий в сельском хозяйстве ед.*	85	98	100	121	125	147	156
3. Число используемых производственных технологий, ед. (в целом по экономике)	240054	254927	262645	242931	256582	269541	278632
3. Число используемых производственных технологий в сельском хозяйстве, ед.*	14643	16060	16284	14819	14625	15094	15604

Источник: данные Росстата; * авторская оценка





ной продукции: при увеличении на 1% объемов инвестиций и государственной поддержки происходит сокращение величины валовой добавленной стоимости на 202,9 млрд руб. Подобный результат объясняется крайне низким уровнем изобретательской активности по сравнению с развитыми странами (особенно в сельском хозяйстве), что предопределяет необходимость разработки мер по усилению маркетингового потенциала российской экономики.

Повышение спроса на инновации во многом определяется степенью взаимодействия акторов цепочек добавленной стоимости. В долгосрочном прогнозе научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года одним из вариантов предлагается создание компаний, интегрирующих пакетные решения с использованием передовых технологий при условии учета особенностей спроса на научно-техническую продукцию.

Необходимо отметить, что в развитых странах Европы государственная поддержка ориентирована в основном на акторов ранних стадий инновационного цикла. Не в полной мере используются инструменты стимулирования спроса на инновации, включая расширение рынков сбыта. Основными инструментами стимулирования общественного спроса в зарубежных странах выступают государственные закупки, отраслевое регулирование, стандартизация [21].

Среди финансовых мер стимулирования частного спроса следует отметить такие формы, как государственное субсидирование приобретения инновационных технологий; налоговые стимулы; освобождение от налогов при использовании инновационных технологий.

В России для поддержки инновационной деятельности используются механизмы стимулирования наращивания инвестиций, создания технопарков и бизнес-инкубаторов, наращивания инвестиций.

В ряде субъектов Российской Федерации действуют программы субсидирования производителей сельскохозяйственной техники и оборудования, в соответствии с которыми компенсируется часть затрат на приобретение сельскохозяйственной техники и оборудования.

Совершенствование механизма стимулирования поддержки спроса на инновации связано с модернизацией институциональной среды в соответствии с вызовами цифровой экономики. Важное значение имеет развитие кооперации в области сертификации и лицензирования с учетом международных стандартов, что предопределяет необходимость формирования научно-технологических платформ взаимодействия научно-исследовательских организаций, бизнеса и государства. Усиление поддержки агроинновационных проектов возможно в результате создания специализированных фондов развития инноваций в АПК, формируемых на основе софинансирования расходов регионов России из федерального бюджета.

Выводы. Поддержка и стимулирование спроса на отечественные инновационные продукты и технологии является основополагающим в достижении продовольственной независимости страны.

В статье развиты теоретико-методические аспекты институционального взаимодействия государства, науки и агробизнеса в процессе стимулирования спроса на базе совместного создания ценности. Выделены факторы, сдер-

живающие и ускоряющие спрос на инновационные продукты в аграрной сфере. Проведен анализ патентной активности как косвенного отражения спроса на инновации в аграрном секторе экономики. Построена модель маркетингового обеспечения, отражающая влияние результативности научных исследований и разработок на формирование инновационного сегмента аграрного сектора. Выявлено положительное влияние выданных патентов и коэффициентов самообеспеченности патентами на рост объемов инновационной продукции: увеличение числа выданных патентов на 1% приводит к росту объемов отгруженной инновационной продукции на 1,97 млрд руб.; повышение коэффициента самообеспеченности на 1% сопровождается увеличением объемов инновационной продукции 81,5 млрд руб. Сделан вывод, что повышение спроса на инновации во многом определяется степенью взаимодействия акторов цепочек добавленной стоимости. Одним из вариантов интеграции заинтересованных участников является создание компаний, интегрирующих пакетные решения с использованием передовых технологий, учитывающих особенности спроса на научно-техническую продукцию. Усиление поддержки агроинновационных проектов возможно в результате создания специализированных фондов развития инноваций в АПК, формируемых на основе софинансирования финансовых средств регионов России из федерального бюджета.

Практическая значимость результатов исследования заключается в возможности их использования при разработке механизмов государственной поддержки спроса на инновации и цифровые технологии в агропромышленном комплексе.

Список источников

1. Голубев А.В. Основы инновационного развития российского АПК: монография. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 373 с.
2. Расумов В.Ш. Совершенствование организационно-экономического механизма управления инновационным развитием сельского хозяйства региона (на материалах Чеченской Республики): автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Волгоград, 2019. 26 с.
3. Некрасов В. Влияние ключевых факторов на инновационную активность организаций // Вестник Алтайской Академии экономики и права. 2023. № 8. С. 99-103.
4. Королькова А.П., Кузьмин В.Н., Маринченко Т.Е., Горячева А.В. Поддержка и стимулирование спроса на инновационные продукты и технологии в АПК: научно-аналитический обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 232 с.
5. Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России. Agriculture 4.0: доклад к XXI Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества. М.: ИД Высшей школы экономики, 2020. 128 с.
6. Коновалова С.Н., Шевцова Н.М. Развитие инновационной деятельности в АПК // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2015. № 25. С. 47-51.
7. Носонов А.М., Пашков С.В. Геоинформационное моделирование перетоков знаний в сельском хозяйстве России // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5. № 3. С. 303-314.
8. Синергия пространства: региональные инновационные системы, кластеры и перетоки знания / отв. ред. А.Н. Пилясов. Смоленск: Ойкумена, 2012. 760 с.
9. Romer, P.M. (2015). Mathiness in the Theory of Economic Growth. *American Economic Review*, vol. 105, no. 5, pp. 89-93.
10. Nonaka, I., Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company. How Japanese companies create the dynamics of innovation*. New York, Oxford: Oxford University Press, pp. 46-49.

11. Griliches, Z. (1992). The Search for R&D Spillovers. *Scandinavian Journal of Economics* 94 (Supplement), pp. 29-47.

12. Jaffe, A.B., Trajtenberg, M., Fogarty, M.S. (2000). Knowledge Spillovers and Patent Citations: Evidence from a Survey of Inventors. *American Economic Review*, vol. 90, no. 2, pp. 215-218.

13. Дерунова Е.А., Васильченко М.Я., Воронов С.А., Ржевская М.Я. Формирование научного ландшафта инновационного развития АПК в условиях структурной трансформации // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 3 (396). С. 642-646.

14. Тесленок С.А., Носонов А.М., Тесленок К.С. Геоинформационное моделирование диффузии инноваций // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС». 2016. Т. 1. № 20. С. 159-169.

15. Власова В.В., Гохберг Л.М., Дитковский К.А. и др. Наука. Технологии. Инновации: 2023: краткий статистический сборник / НИУ «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2023. 102 с.

16. Инновации в поле: в России вырос спрос на AgroTech-проекты. URL: https://www.dp.ru/a/2022/06/27/Innovacii_v_pole (дата обращения: 10.07.2024).

17. Некрасов К.В. Инновационная деятельность перерабатывающих организаций молочной продуктового подкомплекса региона. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2015. 224 с.

18. Власова, В.В., Гохберг, Л.М., Грачева Г.А. и др. Индикаторы инновационной деятельности: 2024: статистический сборник / НИУ «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2024. 260 с.

19. Стрельцова Е., Нестеренко А. На пути к технологическому суверенитету: патентная активность России в 2015-2022 гг. URL: <http://issek.hse.ru/> (дата обращения: 15.05.2024).

20. Репина А. Разработка в России передовых производственных технологий. URL: <http://issek.hse.ru> (дата обращения: 15.07.2024).

21. Дерунова Е.А., Устинова Н.Б., 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.

References

1. Golubev, A.V. (2015). *Osnovy innovatsionnogo razvitiya rossiiskogo APK: monografiya* [Fundamentals of innovative development of the Russian AIC: monograph]. Moscow, Publishing house of the Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy, 373 p.
2. Rasumov, V.Sh. (2019). *Sovershenstvovanie organizatsionno-ehkonomicheskogo mekhanizma upravleniya innovatsionnym razvitiem sel'skogo khozyaistva regiona (na materialakh Chечenской Республики)* [Improving the organizational and economic mechanism for managing innovative development of agriculture in the region (based on the materials of the Chechen Republic)]. Cand. economic sci. diss. Abstr.: 08.00.05. Volgograd, 26 p.
3. Nekrasov, V. (2023). Vliyaniye klyuchevykh faktorov na innovatsionnyuyu aktivnost' organizatsii [Influence of key factors on the innovative activity of organizations]. *Vestnik Altaiskoi Akademii ehkonomiki i prava*, no. 8, pp. 99-103.
4. Korolkova, A.P., Kuzmin, V.N., Marinchenko, T.E., Goryacheva, A.V. (2019). *Podderzhka i stimulirovaniye sprosa na innovatsionnyye produkty i tekhnologii v APK: nauchno-analiticheskii obzor* [Support and stimulation of demand for innovative products and technologies in the agro-industrial complex: scientific and analytical review]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 232 p.
5. Innovatsionnoye razvitiye agropromyshlennogo kompleksa v Rossii. Agriculture 4.0: doklad k XXI Aprel'skoi mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii po problemam razvitiya ehkonomiki i obshchestva (2020). [Innovative development of the agro-industrial complex in Russia. Agriculture 4.0 Report to the XXI April International scientific conference on the problems of economic and social development]. Moscow, Publishing house of the Higher School of Economics, 128 p.
6. Konovalova, S.N., Shevtsova, N.M. (2015). *Razvitiye innovatsionnoi deyatel'nosti v APK* [Development of innovative activities in the agro-industrial complex]. *Strategiya ustoychivogo razvitiya regionov Rossii* [Strategy for sustainable development of Russian regions], no. 25, pp. 47-51.



7. Nosenov, A.M., Pashkov, S.V. (2019). Geoinformat-sionnoe modelirovanie peretokov znaniy v selskom kho-zaistve Rossii [Geoinformation modeling of knowledge flows in Russian agriculture]. *Geopolitika i ehkogeodinamika regionov* [Geopolitics and ecogeodynamics of regions], vol. 5, no. 3, pp. 303-314.
8. Pilyasov, A.N. (ed.) (2012). *Sinergiya prostranstva: regional'nye innovatsionnye sistemy, klasteri i peretoki znaniy* [Synergy of space: regional innovation systems, clusters and knowledge flows]. Smolensk, Oikumena Publ., 760 p.
9. Romer, P.M. (2015). Mathiness in the Theory of Eco-nomic Growth. *American Economic Review*, vol. 105, no. 5, pp. 89-93.
10. Nonaka, I., Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-cre-ating company. How Japanese companies create the dynam-ics of innovation*. New York, Oxford: Oxford University Press, pp. 46-49.
11. Griliches, Z. (1992). The Search for R&D Spill-overs. *Scandinavian Journal of Economics* 94 (Supplement), pp. 29-47.
12. Jaffe, A.B., Trajtenberg, M., Fogarty, M.S. (2000). Knowledge Spillovers and Patent Citations: Evidence from a Survey of Inventors. *American Economic Review*, vol. 90, no. 2, pp. 215-218.
13. Derunova, E.A., Vasil'chenko, M.Ya., Voronov, S.A., Rzhetskaya, M.Ya. (2023). *Formirovanie nauchnogo land-shafta innovatsionnogo razvitiya APK v usloviyakh strukturnoi transformatsii* [Formation of the scientific landscape of in-novative development of the agro-industrial complex in conditions of structural transformation]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 3 (396), pp. 642-646.
14. Teslenok, S.A., Nosenov, A.M., Teslenok, K.S. (2016). Geoinformat-sionnoe modelirovanie diffuzii innovatsii [Geo-information modeling of innovation diffusion]. *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii «InterKarto/InterGIS»* [Materials of the International conference "InterKarto/InterGIS"], vol. 1, no. 20, pp. 159-169.
15. Vlasova, V.V., Gokhberg, L.M., Ditkovsky K.A. et al. (2023). *Nauka. Tekhnologii. Innovatsii: 2023: kratkii statis-ticheskii sbornik* [Science. Technologies. Innovations: 2023: a brief statistical collection]. Moscow, National Research University Higher School of Economics, 102 p.
16. Innovatsii v pole: v Rossii vyros spos na AgroTech-proekty [Innovations in the field: demand for AgroTech projects has increased in Russia]. Available at: https://www.dp.ru/a/2022/06/27/Innovacii_v_pole (accessed: 10.07.2024).
17. Nekrasov, K.V. (2015). *Innovatsionnaya deyatel'nost' pererabatyvayushchikh organizatsii molochnoproduktovogo podkompleksa regiona*. [Innovative activity of processing organizations of the dairy subcomplex of the region]. Ekaterinburg, Ural State Agrarian University, 224 p.
18. Vlasova, V.V., Gokhberg, L.M., Gracheva, G.A. et al. (2024). *Indikatory innovatsionnoi deyatel'nosti: 2024: statisticheskii sbornik* [Indicators of innovative activity: 2024: statistical collection]. Moscow, National Research University Higher School of Economics, 260 p.
19. Streltsova, E., Nesterenko, A. *Na puti k tekhnologicheskomu suverenitetu: patentnaya aktivnost' Rossii v 2015-2022 gg.* [Towards technological sovereignty: Russia's patent activity in 2015-2022]. Available at: <http://issek.hse.ru> (accessed: 15.05.2024).
20. Repina, A. *Razrabotka v Rossii peredovykh proizvodstvennykh tekhnologii* [Development of advanced production technologies in Russia]. Available at: <http://issek.hse.ru> (accessed: 15.07.2024).
21. 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 the basis for sustainable economic growth]. *Ehkonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and social changes: facts, trends, forecast], no. 6, pp. 91-109.

Информация об авторах:

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, SPIN-код: 3570-7298, ea.derunova@yandex.ru

Васильченко Марианна Яковлевна, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории инновационного развития производственного потенциала агропромышленного комплекса, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0504-0533>, Scopus ID: 57201476113, Researcher ID: ABE-8894-2020, SPIN-код: 7865-7365, mari.vasilchenko@yandex.ru

Воронов Антон Сергеевич, младший научный сотрудник лаборатории макроэкономического анализа и стратегии развития агропромышленного комплекса, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3749-1451>, SPIN-код: 6275-9756, incendere@mail.ru

Шокурова Анна Юрьевна, лаборант-исследователь лаборатории инновационного развития производственного потенциала агропромышленного комплекса, ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-3704-0249>, SPIN-код: 5413-4314, demi-0101@mail.ru

Information about the authors:

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, SPIN-code: 3570-7298, ea.derunova@yandex.ru

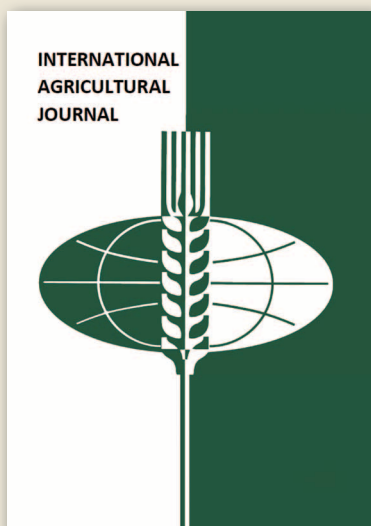
Marianna Ya. Vasilchenko, candidate of economic sciences, associate professor, senior researcher of the laboratory of innovative development of the production potential of the agro-industrial complex, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0504-0533>, Scopus ID: 57201476113, Researcher ID: ABE-8894-2020, SPIN-code: 7865-7365, mari.vasilchenko@yandex.ru

Anton S. Voronov, junior researcher of the laboratory of macroeconomic analysis and development strategy of agro-industrial complex, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3749-1451>, SPIN-code: 6275-9756, incendere@mail.ru

Anna Yu. Shokurova, research assistant of the laboratory of innovative development of the production potential of the agro-industrial complex, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3704-0249>, SPIN-code: 5413-4314, demi-0101@mail.ru

✉ ea.derunova@yandex.ru

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭЛЕКТРОННАЯ НАУКА»



«*International agricultural journal*» научный, рецензируемый, электронный, включен в научные базы: ВАК, РИНЦ, КиберЛенинка, AGRIS, Google.

- Публикации статей на **английском и русском языках**.
- Двухмесячный научно-производственный журнал о достижениях мировой науки и практики в агропромышленном комплексе.

Контакты: <https://iacj.eu>, iacj@iacj.eu





ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВОЙ ЦЕПОЧКИ СОЗДАНИЯ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТИ ОТРАСЛИ ХМЕЛЕВОДСТВА В РОССИИ

И.Н. Рыкова¹, А.А. Юрьева¹, В.И. Мамонтов²

¹Научно-исследовательский финансовый институт Министерства финансов
Российской Федерации, Москва, Россия

²Ассоциация производителей пива, солода и напитков, Московская область,
Клин, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты исследований отрасли хмелеводства как единой производственно-сбытовой цепочки создания добавленной отрасли, включающей цикл производства и выращивания хмеля, цикл переработки хмеля и цикл поставки и реализации хмелепродукции оптовым и мелкооптовым потребителям. Цель исследования заключалась в выявлении всех затрат, возникающих на каждой стадии производственного процесса отрасли хмелеводства, и выявлении основных проблем, сдерживающих развитие отрасли на каждом цикле производственно-сбытовой цепочки. В ходе работы использовались методы комплексного анализа официальных данных по отрасли из открытых источников, а также методы экспертных оценок, аналогии, синтеза и обобщения полученных данных. Актуальность исследования обусловлена необходимостью возрождения и развития отечественной отрасли хмелеводства, когда на фоне санкционного давления со стороны недружественных стран российские производители практически полностью зависят от импортной хмелепродукции, в то время как хмелепродукты отечественного производства закрывают не более 5% от существующей потребности. Научная новизна заключается в изучении и анализе отрасли хмелеводства как единого, непрерывного процесса, включающего все стадии от выращивания хмеля и до сбыта хмелепродуктов потребителям. Результаты исследования показали, что наибольшие инвестиционные затраты по всей цепочке отрасли хмелеводства приходятся на цикл производства и выращивания хмеля, то есть стадию сельскохозяйственного производства. В отрасли наблюдается фактически полное отсутствие техники российского производства, а также комплексной системной (целевой) поддержки отрасли и дефицит квалифицированных кадров. Для решения имеющихся проблем отрасли предлагается разработать отдельную подпрограмму, содержащую комплекс мероприятий, реализация которых позволит восстановить хмелеводство в России и снизить импортозависимость отрасли.

Ключевые слова: отрасль хмелеводства, единая производственная и сбытовая цепочка, цикл производства и выращивания хмеля, цикл переработки хмеля, цикл поставки и реализации хмеля, государственная поддержка, подпрограмма по развитию отрасли хмелеводства

Благодарности: работа выполнена на основании материалов НИР «Разработка подпрограммы «Развитие производства хмеля и хмелепродуктов в России» регистрационный номер 123103100019-7 от 31 октября 2023 года.

Original article

FEATURES OF FORMING A UNIFIED VALUE CHAIN FOR CREATION OF ADDED VALUE IN THE HOPS INDUSTRY IN RUSSIA

I.N. Rykova¹, A.A. Yurieva¹, V.I. Mamontov²

¹Financial Research Institute of the Ministry of Finance of the Russian Federation,
Moscow, Russia

²Association of Producers of Beer, Malt and Drinks, Moscow region, Klin, Russia

Abstract. The article presents the results of research into the hop growing industry as a single production and supply chain for the creation of an added industry, including the cycle of production and cultivation of hops, the cycle of hop processing and the cycle of supply and sale of hop products to wholesale and small wholesale consumers. The purpose of the study was to identify all the costs incurred at each stage of the hop industry's production process and to identify the main problems holding back the industry's development at each cycle of the value chain. During the work, methods of comprehensive analysis of official data on the industry from open sources were used, as well as methods of expert assessments, analogies, synthesis and generalization of the data obtained. The relevance of the study is due to the need to revive and develop the domestic hop growing industry, when, against the background of sanctions pressure from unfriendly countries, Russian producers are almost completely dependent on imported hop products, while domestically produced hop products cover no more than 5% of the existing need. Scientific novelty lies in the study and analysis of the hop growing industry as a single, continuous process, including all stages from growing hops to selling hop products to consumers. The results of the study showed that the highest investment costs along the entire chain of the hop growing industry fall on the cycle of production and cultivation of hops, that is, the stage of agricultural production. In the industry there is a virtual complete absence of Russian-made equipment, as well as comprehensive systemic (targeted) support for the industry and a shortage of qualified personnel. To solve the existing problems of the industry, it is proposed to develop a separate subprogram containing a set of measures, the implementation of which will help restore hop growing in Russia and reduce the industry's import dependence.

Keywords: hop growing industry, unified production and distribution chain, hop production and cultivation cycle, hop processing cycle, hop supply and sales cycle, government support, subprogram for the development of the hop growing industry

Acknowledgments: The study was carried out on the basis of materials from the research project «Development of the subprogram «Development of production of hops and hop products in Russia» registration number 123103100019-7 dated October 31, 2023.

Введение. В настоящее время в условиях сильнейшего санкционного давления проблемам восстановления и развития отечественной отрасли хмелеводства уделяется все большее внимание, особенно представителями отраслей — потребителей хмелепродукции,

научными сообществами и экспертами. Учитывая тот факт, что российской продукцией обеспечивается только 5% от существующей на отечественном рынке потребности в хмелепродуктах, возрождение и развитие отрасли хмелеводства целесообразно рассматривать

в контексте единой производственно-сбытовой цепочки (от выращивания до реализации конечным потребителям) с выделением затрат на каждом цикле.

Вопросам учета затрат при реализации проектов в отрасли хмелеводства посвящены



работы многих отечественных исследователей [Иванов Е.А., Коротков А.В., Христолюбов С.Н., 2022, Чебоксары; Данилова Н.Л., 2021, Чебоксары; Иванов Е.А., Малинина Л.Ю., Пушкаренко Н.Н. и др., 2021, Москва].

Отдельно следует выделить научные изыскания, посвященные проблематике калькуляции себестоимости производства хмелепродукции, раскрытые в исследованиях целого ряда авторов [Иванов Е.А., Малинина Л.Ю., Христолюбов С.Н. и др., 2021, Чебоксары; Семенов А.А., Иванов Е.А., Данилова Н.Л. и др., 2023, Чебоксары], в том числе вопросы распределения управленческих расходов при формировании себестоимости продукции хмелеводства [Пушкаренко Н.Н., Коротков А.В. и др., 2023, Чебоксары].

Необходимо отметить, что в научных работах отдельных авторов приведены результаты исследований по определению и учету затрат по полному циклу отрасли хмелеводства — от возделывания до реализации продукции хмелеводства потребителям [Иванов Е.А., Семенов А.А., Данилова Н.Л., 2023, Чебоксары; Ratoszniuk T., Sokolova A., Martynyuk M., etc., 2021, Copenhagen; Ivanov E.A., Yu Malinina L., etc., 2021, International AgroScience Conference].

Важную роль для развития отечественной отрасли хмелеводства играет техническая оснащенность всех участников производственного цикла отрасли хмелеводства [Рыкова И.Н., Метельникова Е.О., 2016, Москва], а также разработка и реализация стратегии импортозамещения, основанная в том числе на государственной поддержке отрасли, сочетающей различные инструменты (налоговые, бюджетные, ценовые, кредитные) и механизмы такой поддержки [Пинская М.Р., 2015, Москва].

Методология исследования и информационная база. Исследование проводилось с использованием методов комплексного анализа данных, раскрытых в официальных источниках

информации, сравнительных методов в части определения и учета затрат на каждом цикле производственно-сбытовой цепочки, а также методов синтеза и обобщения полученных данных.

Научная значимость исследования заключается в разработке единой производственно-сбытовой цепочки создания добавленной стоимости отрасли хмелеводства с выделением затрат, возникающим на каждом цикле цепочки, что позволяет выявить «узкие» места отрасли хмелеводства, требующие разработки комплекса мероприятий, позволяющих их нивелировать.

Практические результаты и разработанные предложения могут быть использованы для развития отечественной отрасли хмелеводства с применением инструментов и механизмов государственной поддержки федерального и регионального уровней на каждом производственном цикле отрасли.

Ход исследования. Анализ сформированной авторами исследования единой производственной и сбытовой цепочки отрасли хмелеводства (рис. 1) показал, что наибольшие инвестиционные затраты по всей цепочке отрасли хмелеводства от выращивания до реализации потребителям приходятся на цикл производства и выращивания хмеля, то есть стадию сельхозпроизводства, поэтому для устойчивого развития отрасли хмелеводства в России необходима, в первую очередь, комплексная государственная поддержка отечественных сельскохозяйственных производителей по данному направлению.

Производственный цикл возделывания хмеля предусматривает длительный процесс. Затраты на закладку хмельников и двухлетний уход за ними предполагают серьезные капитальные вложения — установка опорных столбов (шпалер), покупка специальных машин и оборудования для возделывания хмеленасаждений

и проведение агротехнических мероприятий по уходу за ними.

Производственный цикл выращивания хмеля можно условно разделить на два подцикла:

- подцикл 1: закладка и уход за молодым хмелем первые 2 года, когда значительную долю затрат формируют (табл. 1): затраты на строительство новых хмелешпалер / реконструкцию имеющихся опор и на покупку специализированных машин и оборудования для возделывания хмеля.

При этом в части технического оснащения отрасли наблюдается фактически полное отсутствие техники российского производства: сельхозпроизводители используют либо технику советского периода либо вынуждены покупать дорогостоящую зарубежную.

- подцикл 2 включает:
 - уход за плодоносящим хмелем с 3-го года закладки хмельника;
 - первичную обработку хмеля.

Основные затраты приходятся на покупку специализированного оборудования для уборки хмеля и покупку оборудования для первичной обработки хмеля (табл. 2). В части технической оснащенности отрасли наблюдается ситуация, аналогичная по подциклу 1, когда уборка хмеля осуществляется вручную / старой техникой либо приобретается импортная.

Первые попытки создать хмелеуборочный комбайн сделаны заводом «Техма-Агромаш» (Чувашская Республика), где был создан первый отечественный хмелеуборочный комбайн МХ-300А «Цивиль», вместе с тем требующий еще доработки и настройки. Также на ОАО «41-й Центральный завод железнодорожной техники» (Московская область) была разработана и поставлена по договору с ООО «Агро-Ресурсы» первая российская хмелесушилка (за основу конструкторское бюро взяло чешскую технику).



Примечание: общие инвестиционные затраты включают инвестиции на закладку хмельника, его выращивание и первичную переработку; инвестиции на организацию глубокой переработки хмелепродуктов; инвестиции в технологии и создание и развитие торговой инфраструктуры.

Рисунок 1. Единая производственная и сбытовая цепочка отрасли хмелеводства
Figure 1. Unified production and distribution chain of the hop industry

Источник: составлено авторами.

Таблица 1. Затраты по закладке и уходу за молодым хмелем в первые 2 года после закладки хмельника
Table 1. Costs for planting and caring for young hops in the first 2 years after planting a hop garden

Наименование затрат	Доля, %
Саженцы хмеля	4,31
Минеральные удобрения	1,62
Известь	1,29
Навоз	3,67
Топливо	2,31
Горюче-смазочные материалы	0,82
Оплата труда с начислениями	1,77
Амортизация	1,78
Затраты на текущий ремонт и ТО	1,71
Прочие прямые затраты	1,57
Стоимость органических удобрений	3,67
Строительство новых хмелешпалер или реконструкция имеющихся опор	21,57
Покупка специализированных машин и оборудования для возделывания хмеля	51,23
Общепроизводственные расходы	1,39
Общехозяйственные расходы	1,29

Источник: составлено авторами по данным компании «Грейнурус Хмель» и Чувашского аграрного университета. Данные в абсолютных величинах (руб.) не раскрываются, т.к. составляют коммерческую тайну соответствующих организаций.





Цикл глубокой переработки хмеля предусматривает логистические затраты по доставке прессованного хмеля в балотах со склада сельхозпроизводителя (сентябрь-октябрь соответствующего года) на склад переработчика с особым температурным режимом. Переработка хмеля в гранулы и экстракт производится

Таблица 2. Затраты по уходу за плодоносящим хмелем с 3-го года закладки хмельника и первичной обработки хмеля
Table 2. Costs of caring for fruit-bearing hops from the 3rd year of planting a hop garden and primary processing of hops

Наименование затрат	Доля, %
Минеральные удобрения	0,52
Навоз	1,17
Топливо	0,74
Горюче-смазочные материалы	0,26
Оплата труда с начислениями	0,57
Амортизация	0,57
Затраты на текущий ремонт и ТО	0,55
Прочие прямые затраты	0,50
Стоимость органических удобрений	1,17
Покупка специализированного оборудования для уборки хмеля	44,82
Покупка оборудования для первичной обработки хмеля	48,27
Общепроизводственные расходы	0,45
Общехозяйственные расходы	0,41

Источник: составлено авторами по данным компании «Грейнрус Хмель» и Чувашского аграрного университета. Данные в абсолютных величинах (руб.) не раскрываются, так как составляют коммерческую тайну соответствующих организаций.

Таблица 3. Затраты на цикл переработки хмеля
Table 3. Costs of the hop processing cycle

Наименование затрат	Доля, %
Строительство склада при первичной реализации проекта	На данном цикле 90% затрат при первичной реализации проекта приходится на строительство склада и приобретение спец. техники и оборудования для глубокой переработки
Приобретение специальной техники для глубокой переработки хмеля	
Затраты на текущий ремонт и ТО	
Топливо	
Горюче-смазочные материалы	
Оплата труда с начислениями	
Амортизация	
Прочие прямые затраты	
Логистические затраты на доставку хмеля до склада переработчика	
Общепроизводственные расходы	
Общехозяйственные расходы	

Источник: составлено авторами.

Таблица 4. Затраты на цикл поставки и реализации хмеля
Table 4. Costs during the supply and sales cycle of hops

Наименование затрат	Доля, %
Строительство склада с особым температурным режимом для хранения гранулированного хмеля и экстракта хмеля при первичной реализации проекта	На данном цикле 70% затрат при первичной реализации проекта приходится на строительство склада для хранения гранулированного хмеля и экстракта хмеля
Логистические затраты по доставке переработанного хмеля до склада хранения и от склада хранения до потребителя	
Затраты на текущий ремонт и ТО	
Топливо	
Расходы на продвижение продукции	
Оплата труда с начислениями	
Амортизация	
Прочие прямые затраты	
Общепроизводственные расходы	
Общехозяйственные расходы	

Источник: составлено авторами.

постепенно в течение года по мере спроса, что обусловлено необходимостью постоянной непрерывной загрузки перерабатывающих мощностей.

При этом срок хранения на складе при правильном температурном режиме прессованного хмеля в балотах может составлять не более 6 мес. — 1 года.

При первичной реализации проекта на данном цикле до 90% затрат приходится на строительство склада и приобретение специальной техники и оборудования для глубокой переработки (табл. 3).

Следует также отметить, что фактически в настоящее время в России существует всего несколько предприятий, осуществляющие базовую (грануляция) переработку хмеля, среди которых можно выделить:

- ОАО «Чувашхмельпром» (Чувашская Республика) — линия по переработке шишек хмеля в гранулы (PROBST, Германия) производительностью 1500 кг/час;
- ООО «АгроРесурсы» (Чувашская Республика) — линия грануляции TESMA, производительность 300 кг/час;
- ООО «Грейнрус Хмель» (Краснодарский край) — линия грануляции производительностью 150-200 кг в час, в перспективе планируется установка более мощного — на 1,5 т в час.

Цикл поставки и реализации хмеля предусматривает логистические затраты по доставке хмеля глубокой переработки на оптовые склады для дальнейшей реализации оптовым (мелкооптовым) потребителям, издержки по хранению готовой продукции, затраты на рекламу, оплату труда, услуги по доставке продукции до

конечного потребителя и пр. Осуществляется постоянно. При этом срок хранения на складе при правильном температурном режиме гранулированного хмеля и экстракта хмеля может достигать от 4 до 5 лет.

При первичной реализации проекта на данном цикле 70% затрат приходится на строительство склада для хранения гранулированного хмеля и экстракта хмеля.

Результаты и обсуждение. В настоящее время можно выделить следующие основные проблемы и риски, сдерживающие развитие отечественной отрасли хмелеводства:

1. Проблемы селекции:
 - сорта отечественной селекции характеризуются низким содержанием альфа-кислот;
 - сложность адаптации зарубежных высококачественных сортов хмеля, обусловленная выращиванием хмеля преимущественно в регионах страны с более суровыми агроклиматическими условиями.
2. Техническая оснащенность отрасли:
 - устаревший парк сельскохозяйственной техники, не отвечающий современным агротехнологическим требованиям;
 - фактически отсутствует производство российской хмелеуборочной техники, а также техники по первичной доработке, базовой и глубокой переработке хмеля в стране.
3. Высокие инвестиционные затраты с долгим сроком окупаемости:
 - значительная доля затрат приходится на первоначальный цикл закладки и выращивания хмеля;
 - длительный срок окупаемости первоначальных капитальных вложений, обусловленный получением полноценного урожая только на третий год закладки хмельников, высокими агротехническими требованиями культуры к возделыванию.
4. Низкая готовность сельскохозяйственных предприятий к выращиванию хмеля:
 - высокие инвестиционные затраты наряду с недостатком финансовых ресурсов у предприятий отрасли;
 - недостаточная информированность сельскохозяйственных предприятий о мерах государственной поддержки отрасли хмелеводства.
5. Отсутствие комплексной системной (целевой) поддержки отрасли.
6. Дефицит квалифицированных кадров.

Для решения проблем отрасли хмелеводства в России требуется комплексная государственная поддержка как на федеральном, так и на региональном уровне, что будет способствовать повышению инвестиционной привлекательности отрасли хмелеводства и наращиванию объемов собственного производства.

В настоящее время на федеральном уровне в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия предусмотрен ряд мер, направленных на поддержку производства хмеля:

1. Основной мерой государственной поддержки (до 2024 г.) являлась субсидия на закладку и уход за многолетними насаждениями, в том числе хмельниками, предоставляемая в рамках Правил предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на стимулирование развития приоритетных подотраслей агропромышленного комплекса и развитие



малых форм хозяйствования (далее — Правила), приведенных приложением № 8 к Государственной программе. Вместе с тем, согласно Правилам субъекты Российской Федерации самостоятельно принимают решение по определению приоритетного направления в ведении хозяйственной деятельности, а также самостоятельно устанавливают ставки на закладку и уход за многолетними насаждениями.

2. Льготное кредитование (приказы Минсельхоза России от 4 мая 2022 г. № 274 и от 1 сентября 2022 г. № 574, принятые в целях реализации постановлений Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2016 г. № 1528 и от 26 апреля 2019 г. № 512, соответственно).

2.1. Льготное краткосрочное кредитование: предоставляется сельскохозяйственным товаропроизводителям (за исключением сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов), организациям и индивидуальным предпринимателям, осуществляющим первичную и (или) последующую (промышленную) переработку сельскохозяйственной продукции, по кредитным договорам (соглашениям), заключенным с 1 января 2017 г. на срок до 1 года включительно, на цели переработки продукции растениеводства на закупку хмеля, выращенного или произведенного сельскохозяйственными товаропроизводителями (за исключением сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов).

2.2. Льготное инвестиционное кредитование предоставляется:

2.2.1 — сельскохозяйственным товаропроизводителям (за исключением сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов), организациям и индивидуальным предпринимателям, осуществляющим первичную и (или) последующую (промышленную) переработку сельскохозяйственной продукции, по кредитным договорам (соглашениям), заключенным с 1 января 2017 г. на срок от 2 до 8 лет включительно, на цели развития подотраслей растениеводства, переработки продукции растениеводства (в том числе на цели оплаты таможенных пошлин, налога на добавленную стоимость за поставленные оборудование, технику, машины, специальные устройства, приборы и (или) средства автоматизации) на:

- строительство прививочных комплексов для многолетних насаждений; закладку и уход за многолетними насаждениями, раскорчевку и рекультивацию, в соответствии с проектами на закладку многолетних насаждений; приобретение и установку шпалеры для хмеля; приобретение систем противорадной защиты, посадочного материала и иных материалов и оборудования для питомников (включая контейнеры, поддоны, материалы для подвязки и прочее), систем капельного орошения;
- строительство, реконструкцию, модернизацию и техническое перевооружение (в том числе приобретение техники, оборудования и средств автоматизации) мощностей по переработке хмеля;
- строительство, реконструкцию, модернизацию и техническое перевооружение (в том числе приобретение техники, оборудования и средств автоматизации) мощностей для подработки, хранения и перевалки продукции хмелеводства;

2.2.1 — сельскохозяйственным товаропроизводителям (за исключением сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов),

организациям и индивидуальным предпринимателям, осуществляющим первичную и (или) последующую (промышленную) переработку сельскохозяйственной продукции, осуществляющим деятельность на территории Дальневосточного федерального округа, по кредитным договорам (соглашениям), заключенным с 1 января 2017 г. на срок от 2 до 8 лет включительно, на цели развития подотраслей растениеводства, переработки продукции растениеводства (в том числе на цели оплаты таможенных пошлин, налога на добавленную стоимость за поставленные оборудование, технику, машины, специальные устройства, приборы и (или) средства автоматизации) на:

- строительство реконструкцию, модернизацию и техническое перевооружение мощностей по переработке хмеля;
- строительство, реконструкцию, модернизацию и техническое перевооружение (в том числе приобретение техники, оборудования и средств автоматизации), объектов по глубокой переработке сельскохозяйственных культур, продукции хмелеводства; приобретение и установку шпалеры для хмеля.

3. Льготное кредитование по СПК

3.1. Льготное краткосрочное кредитование по СПК на закупку выращенных или произведенных сельскохозяйственными товаропроизводителями (за исключением сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов), организациями и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими производство, первичную и (или) последующую (промышленную) переработку сельскохозяйственной продукции и ее реализацию хмеля.

3.2. Льготное инвестиционное кредитование по СПК

- 3.2.1 — на срок от 2 до 8 лет включительно
- на приобретение и установку шпалеры для хмеля;
 - на строительство, реконструкцию, модернизацию и техническое перевооружение (в том числе приобретение техники, оборудования и средств автоматизации) мощностей по переработке хмеля;
 - на строительство, реконструкцию, модернизацию и техническое перевооружение (в том числе приобретение техники, оборудования и средств автоматизации) мощностей для подработки, хранения и перевалки продукции хмелеводства.

4. В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 31 августа 2019 г. № 1135 реализуется механизм льготного лизинга на приобретение комбайнов для уборки и другой специализированной сельскохозяйственной техники, использование которой возможно в том числе в хмелеводстве.

Вместе с тем, в современных реалиях острую потребность в отечественном хмеле невозможно обеспечить только за счет точечного субсидирования. Для того, чтобы стимулировать сельскохозяйственных товаропроизводителей к повышению инвестиционной активности в данной отрасли, необходимо обеспечить всеобъемлющую поддержку хмелеводства за счет различных источников финансирования и на данном этапе государственная поддержка играет первостепенную роль, учитывая значительные инвестиционные затраты на первом и втором циклах производственной цепочки, требующие больших вложений и длительные сроки окупаемости.

Область применения результатов. Выводы. Учитывая изложенное, представляется необходимым выделить отрасли хмелеводства в отдельную подпрограмму с целью развития потенциала отрасли и разработки комплекса мероприятий, позволяющих не только восстановить хмелеводство России, но и составить конкуренцию на международных рынках.

Основными задачами, требующими решения в рамках реализации такой подпрограммы, должны являться:

- размножение и внедрение в производство сортов хмеля с высоким содержанием альфа-кислоты и качества хмелевого сырья;
- формирование федерального реестра земель, пригодных для выращивания хмеля, с учетом приоритетных регионов выращивания хмеля;
- создание маточных насаждений в приоритетных регионах выращивания хмеля;
- расширение площадей насаждений посадочным материалом с использованием маточных насаждений, в том числе сортов с высоким содержанием альфа-кислоты в приоритетных регионах выращивания хмеля;
- определение Чувашской Республики — центром научных компетенций с расширением практики на приоритетные регионы выращивания хмеля и подготовки кадров;
- технологическая модернизация отрасли хмелеводства;
- техническое обновление хмелеводства за счет производства хмелеуборочной и сушильной техники, машин и агрегатов для возделывания и первичной и глубокой переработки хмеля с использованием метода обратного инжиниринга;
- ремонт существующих и строительство новых шпалерных сооружений для нужд хмелеводства;
- подготовка и повышение квалификации кадров хмелеводов на базе учебных и научно-исследовательских учреждений Чувашской Республики.

В комплекс мер поддержки целесообразно включить на первоначальном этапе предоставление субсидий за счет средств федерального бюджета на строительство и (или) реконструкцию хмелевых шпалер; рассмотреть возможность предоставления льготного кредитования на покупку иностранной сельхозтехники, параллельно развивая собственное производство с помощью методов обратного инжиниринга).

В части возмещения капитальных затрат, рассмотреть возможность компенсации части прямых понесенных затрат на создание и (или) модернизацию объектов в отрасли хмелеводства (строение / модернизация складов для хранения хмеля и продуктов его переработки, селекционно-питомниково-производческих центров в хмелеводстве, хмелеперерабатывающих производств) в рамках механизма государственной поддержки, которая регламентируется постановлением Правительства Российской Федерации от 24 ноября 2018 г. № 1413, а также приказами Минсельхоза России от 29 ноября 2018 г. № 549 и № 550.

Кроме того, учитывая сложную агротехнологию выращивания и возделывания хмеля необходимо предусмотреть возможность возмещения сельхозтоваропроизводителям части расходов на меллиоративные мероприятия (в рамках предоставления субсидий из





федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации в целях софинансирования расходных обязательств субъектов РФ, возникающих при реализации государственных программ субъектов РФ в области мелиорации), а именно на:

- гидромелиоративные мероприятия;
- культуртехнические мероприятия на выбывших сельскохозяйственных угодьях, вовлекаемых в сельскохозяйственный оборот;
- мероприятия в области известкования кислых почв на пашне.

Общий объем финансирования в целом за период реализации подпрограммы по развитию отрасли хмелеводства на период до 2030 года по предварительным расчетам составит за счет средств федерального бюджета — 9475 млн руб.

Основными эффектами (ожидаемыми результатами) реализации подпрограммы по проведенным оценочным расчетам станут:

- увеличение валового сбора товарного хмеля, производимого сельскохозяйственными предприятиями в 2030 г. (году окончания реализации подпрограммы) на 3 600 тонн;
- повышение уровня жизни сельского населения путём расширения масштабов его занятости и увеличения доходов сельскохозяйственных товаропроизводителей на основе развития хмелеводства;
- создание не менее 1 600 новых рабочих мест к 2030 году;
- снижение уровня импортозависимости отрасли хмелеводства в части хмелепродуктов до 40-45% к 2030 г..

Список источников

1. Иванов Е.А., Коротков А.В., Христолюбов С.Н. Метод учета затрат в хмелеводстве: концепция гибкого сегментного подхода // В сборнике: Управленческая экономика в условиях цифровизации. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Чебоксары. 2022. С. 77-79.
2. Данилова Н.Л. Анализ производственных расходов организаций хмелеводства Чувашской Республики // В сборнике: Организационно-экономический механизм функционирования АПК в условиях многоукладной экономики: история, современность и перспективы. Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Чебоксары. 2021. С. 523-526.
3. Иванов Е.А., Малинина Л.Ю., Пушкарёнок Н.Н., Корнилова Л.М., Христолюбов С.Н., Серебрякова Т.Ю. Особенности учета затрат при выращивании хмеля // Журнал прикладных исследований. 2021. № 6-5. С. 443-451.
4. Иванов Е.А., Малинина Л.Ю., Христолюбов С.Н. Особенности калькулирования себестоимости продукции хмелеводства // В сборнике: Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов. Материалы Международной научно-практической конференции,

посвященной 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ. Чебоксары. 2021. С. 547-548.

5. Семенов А.А., Иванов Е.А., Данилова Н.Л., Пушкарёнок Н.Н., Коротков А.В. Себестоимость объектов промышленной переработки продукции хмелеводства: проблемные вопросы оптимальной системы учета затрат // В сборнике: Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России. Материалы III Международной научно-практической конференции. Чебоксары. 2023. С. 617-619.

6. Семенов А.А., Иванов Е.А., Данилова Н.Л., Пушкарёнок Н.Н., Коротков А.В. Проблемы распределения управленческих расходов при формировании себестоимости первичной продукции хмелеводства и ее последующей (промышленной) переработки, в том числе на давальческой основе // В сборнике: Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России. Материалы III Международной научно-практической конференции. Чебоксары. 2023. С. 615-617.

7. Иванов Е.А., Семенов А.А., Данилова Н.Л. Комплексная переработка хмеля: вопросы технологии и задачи учетного сопровождения основных этапов // В книге: Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации. Материалы II Международной научно-практической конференции. Чебоксары. 2023. С. 868-869.

8. Ratoszniuk T., Sokolova A., Martynyuk M., Ratoszniuk V. The need to improve the management system integration processes in the field of hop growing // Danish Scientific Journal. 2021. Vol. 53. P. 20-24.

9. Ivanov E.A., Yu Malinina L., Pushkarenko N.N., Korotkov A.V. Accounting support for justification of hop production costs under government granting // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series «International AgroScience Conference, AgroScience 2021». 2021. P. 012034.

10. Рыкова И.Н., Метельникова Е.О. Эффективность мер государственной поддержки в области сельскохозяйственного машиностроения // Финансовый журнал НИФИ. 2016. № 3 (31). С. 98-104.

11. Пинская М.Р. Налоговые инструменты институционализации импортозамещения в сельском хозяйстве // Финансовый журнал НИФИ. 2015. № 5. С. 72-79.

References

1. Ivanov E.A., Korotkov A.V., Hristolyubov S.N. (2022). *Metod ucheta zatrat v hmelevodstva: koncepciya gibkogo segmentnogo podhoda* [Cost accounting method in hop growing: the concept of a flexible segment approach]. V sbornike: Upravlencheskaya ekonomika v usloviyakh cifrovizatsii. Proceedings of the Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Cheboksary, pp. 77-79.
2. Danilova N.L. (2021). *Analiz proizvodstvennykh raskhodov organizatsiy hmelevodstva Chuvashskoy Respubliki* [Analysis of production costs of hop growing organizations in the Chuvash Republic]. V sbornike: Organizatsionno-ekonomicheskij mekhanizm funkcionirovaniya APK v usloviyakh mnogoukladnoj ekonomiki: istoriya, sovremennost' i perspektivy. Proceedings of the Vserossiyskoy (natsional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii, Cheboksary, pp. 523-526.

3. Ivanov E.A., Malinina L.YU., Pushkarenko N.N., Korotkov A.V., Hristolyubov S.N., Serebryakova T.YU. (2021). *Osobennosti ucheta zatrat pri vyrashchivani hmya* [Features of cost accounting when growing hops]. Journal of Applied Research, no. 6-5, pp. 443-451.

4. Ivanov E.A., Malinina L.YU., Hristolyubov S.N. (2021). *Osobennosti kal'kulirovaniya sebestoimosti produktsii hmelevodstva* [Features of calculating the cost of hop production]. V sbornike: Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya intellektual'nogo potentsiala sel'skogo hozyajstva regionov. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 90-letiyu FGBOU VO Chuvashskij GAU, Cheboksary, pp. 547-548.

5. Semenov A.A., Ivanov E.A., Danilova N.L., Pushkarenko N.N., Korotkov A.V. (2023). *Sebestoimost' ob'ektov promyshlennoy pererabotki produktsii hmelevodstva: problemnyye voprosy optimal'noj sistemy ucheta zatrat* [Cost of industrial processing facilities for hop production: problematic issues of an optimal cost accounting system]. V sbornike: Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya intellektual'nogo potentsiala sel'skogo hozyajstva regionov Rossii. Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Cheboksary, pp. 617-619.

6. Semenov A.A., Ivanov E.A., Danilova N.L., Pushkarenko N.N., Korotkov A.V. (2023). *Problemy raspredeleniya upravlencheskikh raskhodov pri formirovani sebestoimosti pervichnoy produktsii hmelevodstva i ee posleduyushchej (promyshlennoj) pererabotki, v tom chisle na daval'cheskoj osnove* [Problems of distribution of management costs when forming the cost of primary hop production and its subsequent (industrial) processing, including on a toll basis]. V sbornike: Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya intellektual'nogo potentsiala sel'skogo hozyajstva regionov Rossii. Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Cheboksary, pp. 615-617.

7. Ivanov E.A., Semenov A.A., Danilova N.L. (2023). *Kompleksnaya pererabotka hmya: voprosy tekhnologii i zadachi uchetnogo soprovozhdeniya osnovnykh etapov* [Integrated hop processing: technology issues and tasks of accounting support for the main stages]. V knige: Perspektivnye tekhnologii i innovatsii v APK v usloviyakh cifrovizatsii. Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Cheboksary, pp. 868-869.

8. Ratoszniuk T., Sokolova A., Martynyuk M., Ratoszniuk V. (2021). The need to improve the management system integration processes in the field of hop growing. Danish Scientific Journal, vol. 53, pp. 20-24.

9. Ivanov E.A., Yu Malinina L., Pushkarenko N.N., Korotkov A.V. (2021). Accounting support for justification of hop production costs under government granting. In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series «International AgroScience Conference, AgroScience 2021», p. 012034.

10. Rykova I.N., Metelnikova E.O. (2016). *Effektivnost' mer gosudarstvennoy podderzhki v oblasti sel'skokhozyaystvennogo mashinostroyeniya* [The effectiveness of state support measures in the field of agricultural engineering]. NIFI Financial Journal, no. 3 (31), pp. 98-104.

11. Pinskaya M.R. (2015). *Nalogovye instrumenty institutsionalizatsii importozamescheniya v sel'skom khozyaistve* [Tax instruments for the institutionalization of import substitution in agriculture]. NIFI Financial Journal, no. 5, pp. 72-79.

Информация об авторах:

Рыкова Инна Николаевна, доктор экономических наук, академик РАН, руководитель Центра отраслевой экономики, Научно-исследовательский финансовый институт Министерства финансов Российской Федерации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9171-2278>, rykova@nifi.ru

Юрьева Анна Александровна, научный сотрудник, Научно-исследовательский финансовый институт Министерства финансов Российской Федерации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5579-8027>, ayureva@nifi.ru

Мамонтов Вячеслав Иванович, исполнительный директор Ассоциации производителей пива, солода и напитков, info@beerassociation.ru

Information about the authors:

Inna N. Rykova, doctor of economic sciences, academic of the Russian Academy of Natural Sciences, Head of the Center for Branch Economics, Financial Research Institute of the Ministry of Finance of the Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9171-2278>, rykova@nifi.ru

Anna A. Yureva, researcher of the of the Center for Branch Economics, Financial Research Institute of the Ministry of Finance of the Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5579-8027>, ayureva@nifi.ru

Vyacheslav I. Mamontov, executive director of the Association of Producers of Beer, Malt and Drinks, info@beerassociation.ru



Научная статья
УДК 338.48
doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_533

ФОРМИРОВАНИЕ ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ, РЕАЛИЗУЕМЫХ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

О.В. Богданова

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия.

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по разработке подхода к оценке инвестиционных проектов на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) с целью реализации экологического туризма. Автором проведен анализ существующих видов экотуризма и выделены основные особенности, предложена классификация инвестиционных проектов, реализуемых на особо охраняемых природных территориях с учетом сохранения природоохранного потенциала. Опираясь на предложенную классификацию и принципы экологического равновесия, предложены виды инвестиционных проектов на особо охраняемых природных территориях с экологической направленностью. Разработан подход к оценке инвестиционных проектов экологической направленности, состоящий из показателей, определяющих экономическую, экологическую и социальную эффективности при реализации экотуризма на территориях ООПТ.

Ключевые слова: оценка инвестиционных проектов, особо охраняемые природные территории, экологический туризм, рекреационная деятельность

Original article

FORMATION OF AN APPROACH TO THE ASSESSMENT OF INVESTMENT PROJECTS, IMPLEMENTED IN SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS

O.V. Bogdanova

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Abstract. The article presents the results of research on the development of an approach to the assessment of investment projects in specially protected natural areas, with the aim of implementing eco-tourism. The author analyzes the existing types of ecotourism and highlights the main features, proposes a classification of investment projects implemented in specially protected natural areas, taking into account the preservation of environmental potential. Based on the proposed classification and principles of ecological balance, the types of investment projects in specially protected natural areas with an ecological orientation are proposed. An approach to the assessment of environmental investment projects has been developed, consisting of indicators that determine the economic, environmental and social effectiveness of ecotourism in the territories of protected areas.

Keywords: assessment of investment projects, specially protected natural areas, ecological tourism, recreational activities

Введение. Современные вызовы в российской экономике формируют особый подход к управлению и использованию природоохранных территорий. Экологический туризм является наиболее приоритетным направлением для вовлечения особо охраняемых территорий в инвестиционную деятельность региона, что позволит решить задачу самокупаемости таких объектов, а также развитие многих субъектов РФ, как центров притяжения в туристическом кластере.

В основу Стратегии развития туризма в нашей стране на период до 2035 года легли, в том числе, и потенциально приемлемые природоохранные территории, сложность в привлечении таких объектов в туристический сектор, прежде всего, основан на жестких регламентах использовании таких объектов.

Создание туристических продуктов и развитие малого и среднего предпринимательства в регионах обеспечивается в результате прогрессивного становления туристической деятельности на территориях природоохранного значения.

Указанные выше природные территории перспективны принять статус привлекательного места отдыха и рекреации для населения, а также средой для научных исследований. Защищенные природные уголья способствуют улучшению экологической обстановки, что, в свою очередь, увеличивает качество жизни людей, проживающих в данном регионе.

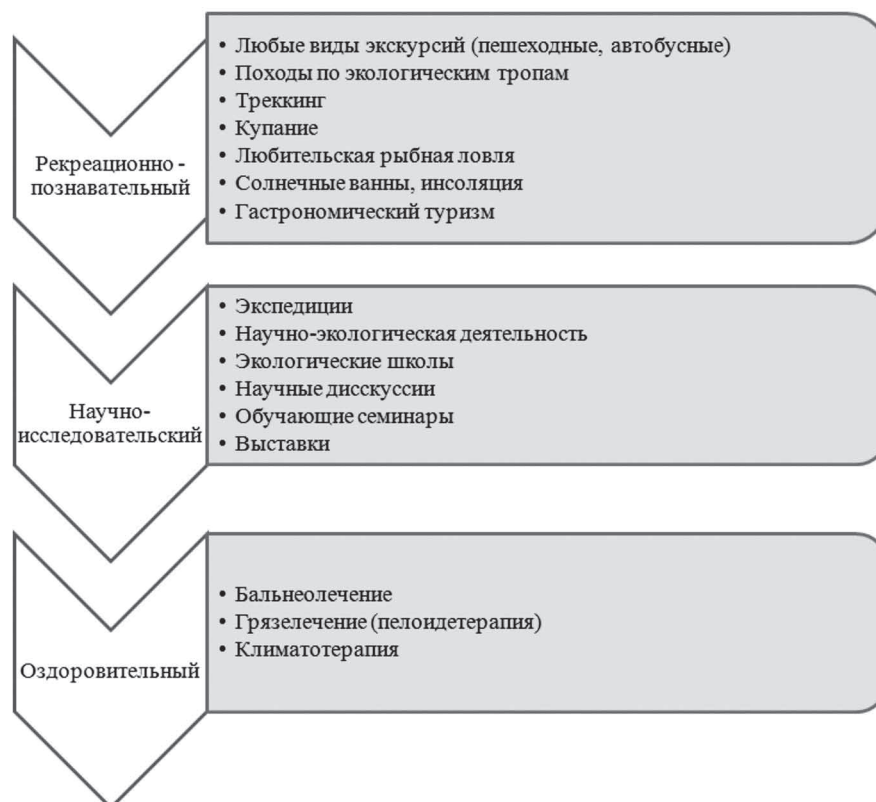


Рисунок 1. Виды экологического туризма, реализуемые на особо охраняемых природных территориях
Figure 1. Types of ecological tourism implemented in specially protected natural areas



Более того, развивающаяся туристическая деятельность на территориях природоохранного значения может способствовать созданию новых рабочих мест и стимулировать развитие местного предпринимательства. Экологически чистый образ жизни, который предлагают эти территории, также может привлечь новых жителей в регион и способствовать росту его населения.

Таким образом, особо охраняемые природные территории (ООПТ) не только способствуют сохранению природы, но также могут быть сильным фактором развития региона, благоприятно воздействуя на экономику, социальную сферу и экологию.

Развитие бренда региона через экологический туризм является эффективным способом привлечения туристов и инвестиций, а также укрепления имиджа местности как экологически чистого и уникального места. Экологический туризм предполагает посещение особо охраняемых природных территорий, парков и заповедников, а также активное участие в экологически ориентированных мероприятиях и программах.

Эффект успеха для продвижения бренда региона в направлении экотуризма обеспечивается возможностью, во-первых, предоставления доступа к природным достопримечательностям, что, в свою очередь, является уникальным опытом для любого заинтересованного туриста, а во-вторых, погружение посетителя в экологически чистую окружающую среду с благоприятной обстановкой.

Для успешного развития бренда региона через экологический туризм необходимо предложить туристам уникальный опыт, связанный с природными достопримечательностями и экологически чистой обстановкой. Это может включать в себя организацию экскурсий по заповедникам, пешие и велосипедные прогулки, плавание на каяках, наблюдение за дикой природой и многое другое.

Основные шаги по развитию бренда региона через экологический туризм могут включать:

- продвижение уникальных экологических маршрутов и достопримечательностей региона;
- разработку инфраструктуры для комфортного и безопасного пребывания туристов в природных зонах;
- проведение экологических образовательных программ и мероприятий для посетителей;
- сотрудничество с местными сообществами и организациями для поддержки экологических инициатив.

При успешной реализации экологического туризма регион может получить положительное внимание в мировом туристическом сообществе, привлечь больше посетителей, способствовать развитию сферы услуг и выставить себя в качестве экологически ответственного и устойчивого места для туризма.

Инвестирование в проекты, реализуемые на территориях природоохранного значения, требует особого внимания к экологическим аспектам и соблюдению законодательства об охране природы.

Материалы и методы исследований. Вложения в биоразнообразие, экологически безопасные технологии, устойчивое использование природных ресурсов, а также проекты по оздоровлению природных экосистем могут быть успешными и перспективными на охраняемых территориях. Важно обеспечить баланс между

развитием бизнеса и сохранением природной среды, учитывая интересы всех заинтересованных сторон, включая управляющие органы и общественные организации.

При таком типе инвестирования необходимо тщательно продумывать все аспекты проекта, прорабатывать меры по минимизации отрицательного влияния на объекты внутри среды, в том числе и затрагивая саму окружающую среду в целом, а также обеспечивать прозрачность и социальную ответственность в своей деятельности. Взаимодействие с местным населением и экспертами в области охраны природы также является ключевым аспектом успешной реализации проектов финансирования и инвестирования в особо охраняемые природные территории.

В обществе назрела острая необходимость понимания основных видов коммерческой деятельности, возможных к реализации в памятниках природы и национальных парках. Экотуризм

представляет собой форму туризма, которая ориентирована на путешествия в природные районы с целью наблюдения за дикой природой, изучения экологических особенностей региона и поддержки охраны окружающей среды. Существует несколько видов экотуризма, каждый из которых предлагает уникальные возможности для путешественников, основные представлены на рисунке 1.

Финансовые проекты, которые учитывают экологические аспекты и ориентированы на соблюдение принципов устойчивого развития, можно классифицировать по ряду критериев:

1. Экологическая обоснованность: Проекты могут быть классифицированы в зависимости от степени их воздействия на окружающую природную среду. Некоторые проекты могут иметь минимальное негативное воздействие на экологию, в то время как другие требуют серьезных мер по снижению вредных последствий.

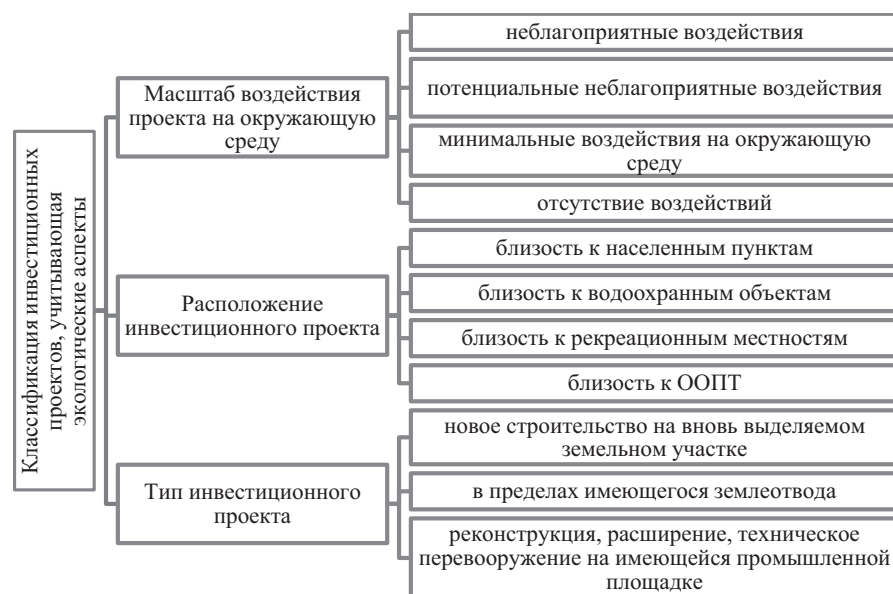


Рисунок 2. Классификация финансовых проектов для вложения инвестиций с учетом экологической составляющей

Figure 2. Classification of financial projects for investment, taking into account the environmental component

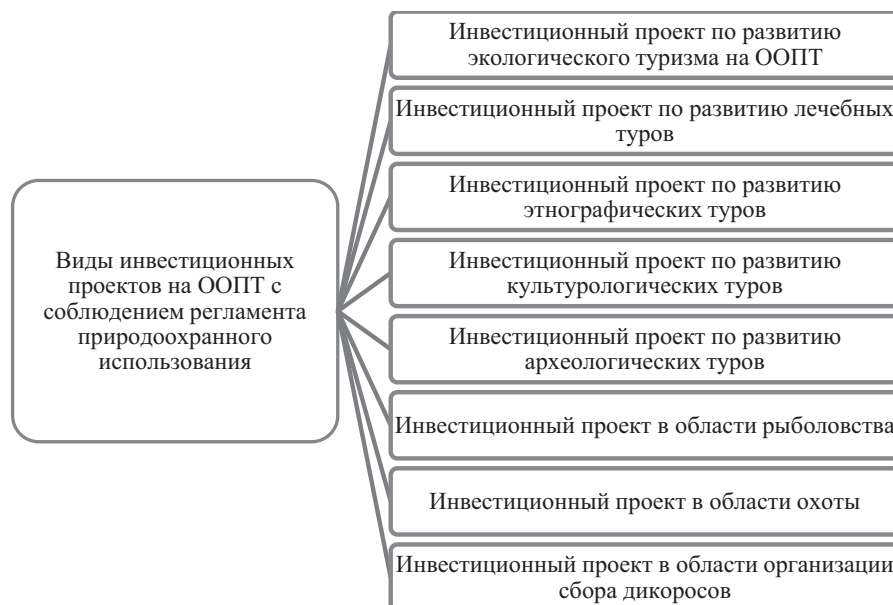


Рисунок 3. Классификация инвестиционных проектов на ООПТ

Figure 3. Classification of investment projects in protected areas



2. Соответствие экологическим стандартам и нормативам: Важным критерием является соответствие инвестиционного проекта экологическим законодательствам, стандартам и требованиям, а также наличие мер по соблюдению и превышению этих норм.

3. Использование экологически чистых технологий: Проекты могут быть классифицированы по степени использования экологически безопасных и ресурсосберегающих технологий в процессе реализации, что позволит осуществлять выбор материалов и технологий при реализации таких проектов.

4. Управление природоохранными территориями: создание дополнительных механизмов управления ООПТ для обеспечения наиболее эффективного и безопасного использования.

5. Проекты с позитивным экологическим воздействием: Некоторые инвестиционные проекты могут себя считать экологически инновационными, если они способствуют улучшению состояния окружающей среды, например, за счет восстановления экосистем, снижения выбросов вредных веществ и т.д.

Экологические составляющие в классификации инвестиционных проектов для ООПТ следует различать по выделенным трем наиболее значимым критериям (рис. 2).

Реализация туристической деятельности на территориях природоохранного значения может способствовать не только защите природы, но и социо-экономическому развитию регионов через развитие местных сообществ, создание рабочих мест и привлечение туристов. Важно стремиться к балансу между развитием туризма и сохранением природы для будущих поколений. В результате вышесказанного можно сформулировать следующие умозаключения:

- Особо охраняемые природные территории могут являться площадкой для реализации эколого-ориентированных инвестиционных проектов при условии соблюдения регламента охраны и защиты природных территорий. Важно отметить, что ООПТ должен иметь зонирование.
- Инвестиционный проект может быть реализован на части природоохранных территорий, не затрагивая заповедную зону ООПТ.
- На основе выделенных видов экологического туризма можно определить следующие виды проектного финансирования на ООПТ с учетом согласованности с условиями природоохранного использования (рис. 3).
- Степень воздействия на окружающую среду соответствует минимальному уровню согласно проекту финансирования на ООПТ с учетом согласованности с условиями природоохранного использования, который локализован в границах самой ООПТ, либо на примыкающих к такой территории площадках, в свою очередь, типология проекта предусматривает возведение объектов капитального строительства за пределами территории ООПТ, тогда как в границах таких территорий возможно проектирование следующих объектов: тропы, указательные знаки, места для кратковременного отдыха (стоянки/привалы).
- К проекту финансирования на ООПТ с учетом согласованности с условиями природоохранного использования понимается проект, связанный с реализацией туристической деятельности на территориях природоохранного значения, развитие которой

1. Определение коммерческой эффективности q-проекта по освоению ООПТ

$$ЭК(q) = \sum (D^t + B_{\text{доп}}^t - Z_{\text{кап}}^t - Z_{\text{экспл}}^t) / (1+r)^{1-t} \rightarrow \max$$

$ЭК(q)$ – коммерческая эффективность проекта по освоению ООПТ (ее участка), руб.

D^t – ожидаемый доход от освоения и использования ООПТ (ее участка), руб./год

$B_{\text{доп}}^t$ – дополнительные ожидаемые выгоды от освоения и использования ООПТ (ее участка), руб./год

$Z_{\text{экспл}}^t$ – эксплуатационные затраты при освоении ООПТ (ее участка), руб./год

$Z_{\text{кап}}^t$ – капитальные затраты при освоении ООПТ (ее участка), руб./год

T – период освоения и использования ООПТ (ее участка) в рамках реализуемого проекта, лет
 $(1+r)^{1-t}$ – коэффициент дисконтирования

2. Определение эколого-экономической эффективности проекта по освоению ООПТ

$$ЭЭ(q) = \sum_{t=1}^T (B^t + Y^t - Z_{\text{кап}}^t - Z_{\text{экспл}}^t - Z_{\text{сод}}^t - Z_{\text{з}}^t - Z_{\text{эир}}^t) / (1+r)^{1-t} \rightarrow \max$$

B^t – ожидаемые выгоды для общества от освоения ООПТ и потребления продукции и услуг, произведенной на ООПТ, руб./год

Y^t – ожидаемая величина предотвращаемого ущерба в результате реализации проекта на ООПТ в условиях ЭИР, руб./год

$Z_{\text{сод}}^t$ – затраты на содержание ООПТ в период жизненного цикла проекта, руб./год

$Z_{\text{з}}^t$ – затраты на природоохранные мероприятия по предотвращению истощения запасов природных ресурсов и обеспечения сохранения потоков экосистемных услуг на ООПТ в условиях ЭИР, руб./год

$Z_{\text{эир}}^t$ – затраты на страхование экологических и инновационных рисков в условиях ЭИР, руб./год

3. Вычисление ожидаемой выгоды от освоения ООПТ и от потребления продукции и услуг, произведенной на ООПТ в рамках проекта, для самой ООПТ

$$B_t = B_{\text{ООПТ}}^t + B_{\text{ж}}^t + B_{\text{т}}^t + B_{\text{б}}^t + B_{\text{н}}^t + B_{\text{м}}^t + B_{\text{и}}^t, \text{ м}$$

$B_{\text{ООПТ}}^t$ – ожидаемые выгоды от освоения ООПТ и от потребления продукции и услуг, произведенной на ООПТ в рамках проекта, для самой ООПТ, руб./год

$B_{\text{ж}}^t$ – ожидаемые выгоды от освоения ООПТ и от потребления продукции и услуг, произведенной на ООПТ в рамках проекта, для местных жителей, руб./год

$B_{\text{т}}^t$ – ожидаемые выгоды от освоения ООПТ и от потребления продукции и услуг, произведенной на ООПТ в рамках проекта, для приезжих туристов, руб./год

$B_{\text{б}}^t$ – ожидаемые выгоды от освоения ООПТ и от потребления продукции и услуг, произведенной на ООПТ в рамках проекта, для бизнес-сообщества, руб./год

$B_{\text{н}}^t$ – ожидаемые выгоды от освоения ООПТ и от потребления продукции и услуг, произведенной на ООПТ в рамках проекта, для научно-образовательного сообщества, руб./год

$B_{\text{м}}^t$ – ожидаемые выгоды от освоения ООПТ и от потребления продукции и услуг, произведенной на ООПТ в рамках проекта, для государственной и муниципальной власти, руб./год

$B_{\text{и}}^t$ – ожидаемые выгоды от освоения ООПТ и от потребления продукции и услуг, произведенной на ООПТ в рамках проекта, для мирового сообщества, руб./год

$B_{\text{и}}^t$ – ожидаемые иные выгоды от освоения ООПТ и от потребления продукции и услуг, произведенной на ООПТ в рамках проекта, руб./год

4. Расчет затрат на содержание ООПТ в период жизненного цикла проекта из муниципального бюджета

$$Z_{\text{сод}}^t = Z_{\text{МБ}}^t + Z_{\text{РБ}}^t + Z_{\text{ФБ}}^t + Z_{\text{ВБ}}^t$$

$Z_{\text{МБ}}^t$ – затраты на содержание ООПТ в период жизненного цикла проекта из муниципального бюджета, руб./год

$Z_{\text{РБ}}^t$ – затраты на содержание ООПТ в период жизненного цикла проекта из регионального бюджета, руб./год

$Z_{\text{ФБ}}^t$ – затраты на содержание ООПТ в период жизненного цикла проекта из федерального бюджета, руб./год

$Z_{\text{ВБ}}^t$ – затраты на содержание ООПТ в период жизненного цикла проекта из внебюджетных источников, руб./год

Рисунок 4. Алгоритм определения целевых функций для оценки эффективности проекта освоения ООПТ
 Figure 4. An algorithm for determining target functions for evaluating the effectiveness of a project for the development of protected areas





в региональных масштабах может способствовать росту экономики, созданию рабочих мест, улучшению инфраструктуры и привлечению внимания к природным богатствам региона. Важно при этом помнить об основных принципах устойчивого развития и бережном отношении к природе для сохранения ее прекрасных уникальных особенностей.

Результаты и обсуждение. Для реализации концепции безопасного и эффективного использования природоохранных территорий при осуществлении финансового проекта для вложения инвестиций, в том числе организации эко-туристической деятельности, нами был предложен метод оценки инвестиционных проектов, основанный на принципе максимальных эффектов социальной, экономической и экологической направленности. В научной литературе существует разные трактовки понятия эффект, поясним, что мы будем понимать в данном исследовании:

1. Экологический эффект – увеличение объема природного капитала как источника природных ресурсов и услуг, безопасного управления и использования природоохранных территорий.
2. Экономический эффект — обеспечение инновационного развития природоохранных территорий и их частей в результате реализации экологического туризма
3. Социальный эффект — повышение здоровья и качества жизни населения РФ при использовании природоохранных территорий в реализации экологического туризма.

В основе формирования методики оценки финансовых проектов, подразумевающих вложение инвестиционных средств, реализуемых на ООПТ, нами была использована формулы целевых функций, применяемые в экономико-математической модели в работе Н.В. Карпова [2] (рис. 4).

Уточним, что предложенный подход основывается на принципах линейного программирования, а значит, в качестве критериев оптимальности определим стремление к максимуму рейтинговой оценки проекта в качестве порогового значения, используемого в Стратегиях развития особо охраняемых природных территорий разных уровней.

Представленная экономико-математическая модель в общем виде является задачей линейного программирования, в качестве критериев оптимальности которой выступают максимизация рейтинговой оценки проекта согласно потребностям и планам развития ООПТ с учетом оценки исходного и целевого профиля ООПТ, максимизации коммерческой эффективности, эколого-экономической эффективности.

В качестве ограничений выступают экологические ограничения и ограничения по ресурсам (финансовым и нефинансовым). Данная модель может дополняться и корректироваться с учетом дополнительных факторов изменяющихся

условий и приоритетов эколого-ориентированного инновационного развития.

Выводы. Предложенный подход к оценке финансовых проектов экологического туризма на ООПТ адаптирован к отечественной экономической модели частно-государственного партнерства, что подтверждается положительным внедрением в практику Российской Федерации.

Развитие туризма в рекреационных целях обеспечивает развитие инфраструктуры территории, оказывает положительное влияние на экономическое положение местных сообществ, что, в свою очередь, увеличивает количество туристов, в связи с чем рекреационный туризм в границах природоохранных объектов играет важную роль в региональном развитии. Этот вид туризма объединяет в себе сочетание отдыха и познавательных впечатлений, а также способствует сохранению биоразнообразия и привлекательности природных уголков.

Механизм развития региона через экологический туризм на природоохранных объектах может быть эффективным при правильной оценке инвестиционных проектов, реализуемых с учетом экологических задач, планирования и реализации следующих направлений: создание уникальных туристических маршрутов; развитие инфраструктуры (строительство и обновление гостиниц, кемпингов, кафе, парковок, туалетов и других объектов, необходимых для комфортного и безопасного пребывания туристов на природоохранных территориях); организация образовательных программ экологического просвещения (проведение экскурсий с экологическими комментариями, мастер-классов, лекций о природе и окружающей среде, что позволяет повысить экологическую грамотность посетителей и привлечь новых людей к охране природы); сотрудничество с местными сообществами (вовлечение местных жителей в процессы развития туристической индустрии, создание благоприятной среды для развития местного бизнеса и культурного наследия).

Правильная организация экологического туризма на природоохранных объектах, применение научного подхода к оценке финансовых проектов для инвестирования в ООПТ позволит развивать регион в туристической и рекреационной отрасли.

Список источников

1. Богданова О.В., Окмянская В.М. Проблемы размещения месторождений в охранных зонах особо охраняемых природных территорий на примере Тюменской области // *International agricultural journal*. 2021. № 5. С. 111-128.
2. Богданова О.В., Черных А.В. Экологический туризм как фактор устойчивого развития малых городов России // *International agricultural journal*. 2023. Т. 66. № 2. С. 66-76.
3. Богданова О.В., Бударова В.А., Кряхтунов А.В., Кустышева И.Н., Черданцева Н.Г., Сизов А.П., Е.Г. Кравченко. Новое в землеустройстве, кадастрах и кадастровой деятельности: монография. – Тюмень: ТИУ, 2021. 221 с.

4. Карпов Н.В. Управление эколого-ориентированным инновационным развитием городских особо охраняемых природных территорий: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. М.: Библиотека ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», 2016. 227 с.

5. Коронова Е.Н. Управление особо охраняемыми природными территориями: концепция, формы организации: дис. ... канд. эк. наук: 08.00.05. Ростов-на-Дону: РГБ, 2006. 205 с.

6. Лулева Е.В. Земельные участки в особо охраняемых природных территориях как объекты гражданских прав: дис. ... канд. юридич. наук: 12.00.03. Казань: РГБ, 2014. 233 с.

7. Сизов А.П., Ключев Н.Н. Оценка экологического состояния земельных участков на особо охраняемых природных территориях города // *География и природные ресурсы*. 2004. № 1. С. 36-44.

8. Сизов А.П. Экологические основы землепользования в сверхкрупном городе. М.: Русайнс, 2015. 120 с.

9. UGI 2011, Regional Geographic Conference. United and Integrated with the World. Conference Proceedings, Santiago, Chile, 2011.

References

1. Bogdanova, O.V., Okmyanskaya, V.M. (2021). Problemy razmeshcheniya mestorozhdenii v okhranykh zonakh osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii na primere Tyumenskoi oblasti [Problems of placement of deposits in protected areas of specially protected natural territories on the example of the Tyumen region]. *International agricultural journal*, no. 5, pp. 111-128.
2. Bogdanova, O.V., Chernykh, A.V. (2023). Ehkologicheskii turizm kak faktor ustoychivogo razvitiya malyykh gorodov Rossii [Ecological tourism as a factor of sustainable development of small towns in Russia]. *International agricultural journal*, vol. 66, no. 2, pp. 66-76.
3. Bogdanova, O.V., Budarova, V.A., Kryakhtunov, A.V., Kustysheva, I.N., Cherdantseva, N.G., Sizov, A.P., Kravchenko, E.G. (2021). *Novoe v zemleustroystve, kadastrakh i kadaastrovoi deyatel'nosti: monografiya* [New developments in land management, cadastral and cadastral activities: monograph]. Tyumen, TIU, 221 p.
4. Karpov, N.V. (2016). *Upravlenie ehkologo-orientirovannym innovatsionnym razvitiem gorodskikh osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii* [Management of eco-oriented innovative development of urban specially protected natural areas]. Cand. economic sci. diss. Abstr.: 08.00.05. Moscow, Library of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "State University of Management", 227 p.
5. Koronova, E.N. (2006). *Upravlenie osobo okhranyaemyimi prirodnyimi territoriyami: kontseptsiya, formy organizatsii* [Management of specially protected natural territories: concept, forms of organization]. Cand. economic sci. diss.: 08.00.05. Rostov-on-Don, RGB, 205 p.
6. Luneva, E.V. (2014). *Zemel'nye uchastki v osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriyakh kak ob'ekty grazhdanskikh prav* [Land plots in specially protected natural territories as objects of civil rights]. Cand. legal sci. diss.: 12.00.03. Kazan, RGB, 233 p.
7. Sizov, A.P., Klyuev, N.N. (2004). Otsenka ehkologicheskogo sostoyaniya zemel'nykh uchastkov na osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriyakh goroda [Assessment of the ecological condition of land plots in specially protected natural areas of the city]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and natural sources], no. 1, pp. 36-44.
8. Sizov, A.P. (2015). *Ehkologicheskie osnovy zemlepol'zovaniya v sverkhkрупnom gorode* [Ecological foundations of land use in a super-large city]. Moscow, Rusains Publ., 215 p.
9. UGI 2011, Regional Geographic Conference. United and Integrated with the World. Conference Proceedings, Santiago, Chile, 2011.

Информация об авторе:

Богданова Ольга Викторовна, доктор экономических наук, профессор кафедры геодезии и кадастровой деятельности, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3643-0179>, bogdanovaov1@tyuiu.ru

Information about the author:

Olga V. Bogdanova, doctor of economic sciences, professor of the department of geodesy and cadastral activity, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3643-0179>, bogdanovaov1@tyuiu.ru



Научная статья

УДК 633.491:632.915:632.08

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_537

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ НА ЛЕЖКОСТЬ И РАЗВИТИЕ СУХОЙ ГНИЛИ КЛУБНЕЙ

Э.Т. Акопджанян, В.И. Титова

Нижегородский государственный агротехнологический университет,
Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты пятилетних исследований, проведенных в производственных условиях Нижегородской области на базе семеноводческого предприятия ООО «Аксентис». Семенной картофель сорта ВР-808, репродукции элита, во время уборки закладывали в 8 разных хранилищ контейнерного типа по 50 т в каждую. Условия хранения в каждом картофелехранилище были индивидуальными и не повторялись. Отличались они длительностью режима сушки (5 или 10 дней), температурой прохождения лечебного периода (10 или 15°C) и темпом ежедневного понижения температуры клубней картофеля во время периода охлаждения (на 0,3 или на 1°C в день). Во время уборки картофеля в поле с каждого варианта отбирали 6 проб по 25 кг для определения количества клубней с механическими повреждениями. Параллельно с этим 6 проб по 25 кг картофеля закладывали на длительное хранение, заранее взвешивая их массу. Через 4 месяца пробы извлекали, взвешивали для определения усушки и проводили клубневой анализ на наличие сухих гнилей. Установлено, что увеличение времени сушки картофеля на срок более 5 дней способствует распространению поражения механически поврежденных клубней картофеля сухой гнилью на 12-14% и усиливает потери естественной массы клубней на 1,4-1,8%. Длительность заживления ран механически поврежденных клубней с понижением температуры в хранилище с 15 до 10°C имеет четкую тенденцию увеличения. Темп ежедневного понижения температуры в хранилище на 0,3°C в день в сравнении с понижением температуры на 1°C при хранении семенного картофеля сорта ВР-808 в хранилищах без холодильных систем более эффективен и позволяет достоверно снизить усушку клубней на 0,8-1% от массы клубней на дату закладки картофеля на хранение.

Ключевые слова: семенной картофель, режим сушки, лечебный период, темп ежедневного охлаждения клубней, сухая гниль, усушка

Original article

IMPACT OF STORAGE CONDITIONS FOR SEED POTATOES ON KEEPING QUALITY AND DEVELOPMENT OF DRY TUBER ROT

E.T. Akobjanyan, V.I. Titova

Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article presents the results of five-year research conducted in the production conditions of the Nizhny Novgorod region based on the seed-growing enterprise limited liability company "Aksentis". Seed potatoes of the VR-808 variety, elite reproductions, were put during harvesting in 8 different container-type storage facilities of 50 tons each. Storage conditions in each potato storage were individual and were not repeated. They differed in the duration of the drying regime (5 or 10 days), the temperature of the treatment period (10 or 15°C) and the rate of daily decrease in the temperature of the potato tubers during the cooling period (by 0.3 or 1°C per day). During the harvesting of potatoes in the field, 6 samples of 25 kg each were taken from each variant to determine the number of tubers with mechanical damage. At the same time, 6 samples of potatoes were laid for long-term storage, weighing their weight in advance. After 4 months, the samples were extracted, weighed to determine shrinkage, and tuberous analysis for dry rot was performed. It has been established that an increase in the drying time of potatoes for more than 5 days contributes to the spread of the lesion mechanically damaged potato tubers by dry rot by 12-14% and increases the loss of natural weight of tubers by 1.4-1.8%. The duration of wound healing of mechanically damaged tubers with a decrease in temperature in the storage from 15 to 10°C has a clear tendency to increase. The rate of daily decrease in temperature in storage by 0.3°C per day in comparison with a decrease in temperature by 1°C when storing seed potatoes of the VR-808 variety in storage facilities without refrigeration systems is more effective and allows to reliably reduce tuber shrinkage by 0.8-1% of tuber weight on the date of potato storage.

Keywords: seed potato, drying regime, treatment period, rate of daily tuber cooling, dry rot, shrinkage

Введение. Хранение картофеля является неотъемлемой частью экономически выгодного возделывания данной широко распространенной культуры. Основной задачей перед аграриями в этот период стоит сохранение исходного качества сырья и минимизация потерь при хранении [1].

Огромное значение в этом процессе имеет состояние клубней картофеля на дату окончания вегетации культуры. Только здоровые клубни, не тронутые мокрой гнилью вследствие поражения посадок картофеля различного рода патогенами (фитофторой, бактериозами), имеющие полноценно сформированную кожуру, с минимальным количеством механических

повреждений при уборке, наличием небольшого количества примесей в насыпи, могут обеспечить минимальное количество потерь при хранении и способствовать увеличению общей рентабельности возделывания [2]. При несоблюдении определенных условий хранения вся продукция может быть испорчена.

При долгосрочном выдерживании картофеля в хранилищах принято различать 5 фаз: сушка, лечебный период, охлаждение, хранение, нагревание.

Каждая фаза характеризуется определенными условиями, от соблюдения которых зависит лежкость и успешность хранения картофеля [3]. Принято считать, что основными и наибо-

лее энергозатратными этапами хранения являются именно сушка, лечебный период и охлаждение. В эти фазы в клубнях проходят основные биохимические реакции, которые формируют условия успешного хранения картофеля [4-6]. Это хорошо понимают в современных картофелеводческих предприятиях, в связи с чем при выборе и формировании технологии выращивания картофеля учитывают не только почвенно-климатические условия его выращивания, но и способы хранения выращенного урожая. Однако методы реализации благоприятных условий хранения сильно варьируют в зависимости от климатической зоны возделывания, технической оснащенности предприятия



и погодных условий во время вегетации и уборки картофеля [7-10].

Цель исследования — оценить влияние различных условий и режимов сушки, лечебно-го периода и охлаждения на развитие сухих гнилей и усушку сорта семенного картофеля сорта BP-808 в период хранения.

Методика проведения исследования. Исследования проведены в Городецком районе Нижегородской области на базе семеноводческого предприятия ООО «Аксентис» в период с 2019 по 2023 гг. на семенном картофеле сорта BP-808, репродукция элита.

Сорт BP-808 предназначен для переработки на чипсы. Характеризуется высоким содержанием сухого вещества — 25-28%, из-за чего сильно подвержен механическим повреждениям. Минимальная высота падения, при которой не образуются скрытые механические повреждения (проявляющиеся в виде меланоза — серой пятнистости), должна быть не больше 30 см. Это означает, что во время уборки картофеля и закладки его в хранилище между всеми сепарирующими рабочими органами, а также между транспортными как на комбайнах, так и на складской технике, высота падения картофеля не должна превышать вышеуказанной величины, то есть 30 см. Особое внимание при этом уделяется также материалу демпфирующего покрытия на узлах с высоким риском ударов как на комбайнах, так и на складском оборудовании.

Огромное значение при формировании качества картофеля, предназначенного для хранения, имеют погодные условия, а именно температура и влажность почвы в момент уборки. В данном исследовании уборка картофеля проводилась в период с 22 по 28 сентября каждого года. Однако погодные условия сентября сильно отличались по годам: 2019 г. характеризовался холодной и дождливой осенью, 2020 и 2021 гг. — сухой и теплой осенью, 2022 и 2023 гг. — умеренно-теплой погодой с периодическими осадками.

На хранение картофель закладывали поочередно в 8 разных контейнерных хранилища, по 50 т в каждую. При этом в каждый год для опыта использовали картофель с одного поля, чтобы изначально качество закладываемых семян в опытах было одинаковым.

Контейнерные картофелехранилища имеют систему автоматического управления и климат-контроль от голландской компании Tolsma. В каждом хранилище имеются датчики температуры и влажности наружного и внутреннего воздуха хранилища, продувочного и канала. Имеется один единый пульт управления над всеми хранилищами с удаленным доступом управления, который позволяет задавать для каждого хранилища нужные оператору настройки. В автоматическую систему управления встроена психрометрическая диаграмма Моляе, благодаря которой система за счет разности влажности и температуры наружного и внутреннего воздуха регулирует влажность и температуру в хранилище согласно заданным настройкам. Благодаря данной автоматической системе, в каждом хранилище создавались определенные условия при сушке, лечебном периоде и охлаждении для каждого варианта.

Режим сушки в опытных вариантах отличался длительностью данного режима. В вариантах опыта под номерами 1, 2, 3, 4 сушка длилась 5 дней (C_5) с начала закладки сорта на хранение, в вариантах 5, 6, 7, 8 — 10 дней (C_{10}). Вентиляция

в этот период на всех вариантах работала без остановки, на полной мощности.

Длительность режима сушки у исследуемых вариантов (5 и 10 дней) определена с учетом производственных условий и была установлена по фактическому времени закладки хранилища. Чаще всего современные вентиляционные системы позволяют свежесобранному урожаю картофеля высушить, то есть убрать поверхностную влагу с кожуры клубня в течение суток, особенно при контейнерном хранении. Однако на практике для заполнения одного хранилища полностью требуется от 5 до 10 дней в зависимости от технического оснащения и ресурсов предприятия.

Лечебный период в вариантах 1, 2, 5, 6 проходил при температуре 10°C и влажности воздуха 95% (Π_{10}), на вариантах 3, 4, 7, 8 температура была равна 15°C при той же влажности воздуха (Π_{15}). Залечивание ран и опробкование поврежденной кожуры клубней при температуре 15°C происходит за 7-10 дней, при 10°C для этого сорта понадобилось 21-23 дня.

Период охлаждения на вариантах 1, 3, 5, 7 картофель проходил с понижением температуры клубней на 0,3°C в день ($O_{0,3}$), а на вариантах 2, 4, 6, 8 — с понижением температуры на 1°C в день (O_1). Так как используемые хранилища не были оснащены холодильными установками, то охлаждение осуществлялось только за счет наружной температуры. В основном режим охлаждения начинался в конце октября и продолжался в ноябре, до достижения температуры в хранилище 3,3°C, сопровождаясь большими перепадами и нестабильными температурами в ноябре. При этом в разные годы на охлаждение хранилища требовалось разное количество времени как при ежедневном снижении на 0,3°C, так и при ежедневном снижении на 1°C в день. Но на всех вариантах температура хранения неукоснительно поддерживалась на уровне 3,3°C при влажности воздуха 93%.

В целом схему опыта кратко можно описать следующим образом: вариант 1 — $C_5\Pi_{10}O_{0,3}$, вариант 2 — $C_5\Pi_{10}O_1$, вариант 3 — $C_5\Pi_{15}O_{0,3}$, вариант 4 — $C_5\Pi_{15}O_1$, вариант 5 — $C_{10}\Pi_{10}O_{0,3}$, вариант 6 — $C_{10}\Pi_{10}O_1$, вариант 7 — $C_{10}\Pi_{15}O_{0,3}$, вариант 8 — $C_{10}\Pi_{15}O_1$.

При закладке картофеля в хранилище во время заполнения контейнеров с каждого варианта опыта отобраны по 6 проб картофеля массой 25 кг для проведения клубневой диагностики

с целью установления процента механически поврежденных клубней. Анализ проведен через 10 дней после отбора проб.

Еще по 6 проб массой по 25 кг с каждого варианта были отобраны для определения усушки во время хранения. Пробы взвешивали, зафиксировали вес, а каждая проба после этого была помещена в отдельные контейнеры (ящики), которые в дальнейшем, вместе с основным объемом исследуемого картофеля, поместили в хранилища соответственно своему варианту.

В январе следующего года, когда картофель находился в периоде покоя и прошел все основные этапы хранения, пробы извлекли, взвешивали и провели клубневой анализ на наличие сухих гнилей в соответствии требованиям ГОСТ 33996-2016 «Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества». Сухие гнили в основном развиваются в хранилище на травмированных при уборке клубнях.

Определение механических повреждений в начале хранения и последующий учет клубней с проявлениями сухих гнилей проводили с целью выявления влияния различных условий хранения на заживление ран клубней картофеля и эффективность борьбы с патогенами.

Результаты исследования. Самыми распространенными дефектами на картофеле, которые нормируются ГОСТом, являются механические повреждения и сухие гнили, которые являются следствием от травмирования клубней. При клубневом анализе данные показатели качества были учтены и представлены в таблице 1.

Как видно из данных таблицы 1, процент механических повреждений, образовавшихся при уборке, по годам сильно варьирует. Больше всего картофеля травмировался в 2020 и 2021 гг., где процент поврежденных клубней достиг 12,2-14,3%, а в 2019 и 2023 гг. механических повреждений клубней было меньше всего. Наиболее вероятной причиной столь существенной разницы в доле поврежденных клубней являются погодные условия сезона вегетации и складывающиеся при уборке картофеля. В опыте отмечена зависимость образования механических повреждений от наличия влаги в почве: во время уборки влажная почва налипает на сепарирующие органы комбайна, транспортеры и на всю рабочую поверхность складской техники, прилипает и на клубень картофеля, тем самым смягчает все удары, падения и резко снижает процент механических повреждений.

Таблица 1. Клубневой анализ сорта BP-808 на наличие механических повреждений и сухих гнилей, %
Table 1. Tuberous analysis of the VR-808 variety for the presence of mechanical damage and dry rots, %

Вариант опыта	Годы учетов					Среднее по варианту
	2019	2020	2021	2022	2023	
Механические повреждения на дату закладки клубней в хранилище, %						
Общий показатель для поля	3,6	14,3	12,2	6,2	2,4	
Проявление сухой гнили спустя 4 месяца хранения, %						
1. С ₅ Л ₁₀ О _{0,3}	0,7	3,4	3,4	1,1	0,6	1,8
2. С ₅ Л ₁₀ О ₁	0,6	3,6	3,7	1,1	0,6	1,9
3. С ₅ Л ₁₅ О _{0,3}	0,6	2,9	3,2	0,9	0,4	1,6
4. С ₅ Л ₁₅ О ₁	0,6	3,4	3,2	1,0	0,5	1,7
5. С ₁₀ Л ₁₀ О _{0,3}	1,2	4,7	5,5	1,7	0,9	2,8
6. С ₁₀ Л ₁₀ О ₁	1,0	5,1	6,1	1,6	0,9	2,9
7. С ₁₀ Л ₁₅ О _{0,3}	1,1	4,6	5,0	1,5	0,9	2,6
8. С ₁₀ Л ₁₅ О ₁	1,1	4,3	5,1	1,7	0,8	2,6
Среднее по году	0,9	4,0	4,4	1,3	0,7	-
НСР ₀₅	F _{факт} < F _{теор.}					



Оценка клубней на наличие сухих гнилей в исследуемых вариантах показала, что существенных различий между вариантами не отмечено, так как различия между ними не выходят за пределы наименьшей существенной разницы ($F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$). Наибольший процент сухих гнилей был выявлен в 2021 г. — в среднем он равен 4,4%; меньше всего картофель был поражен в 2023 г. — в 6 раз меньше чем в 2021 г. При этом отмечена прямая пропорциональная зависимость процента поражения сухими гнилями от наличия механических повреждений: чем больше механических повреждений, тем больше образуется и сухих гнилей. Это объясняется тем, что сухие гнили образуются на травмированных клубнях, которые по ряду причин не смогли благополучно пройти лечебный период и сформировать эпидермис на поврежденной коже. И основной задачей во время хранения является недопущение распространения сухих гнилей и усиление заживления механически поврежденных клубней.

В таблице 2 приведены данные учета влияния разных режимов сушки на количество клубней, пораженных сухой гнилью, развившейся на ранее механически поврежденных клубнях картофеля.

Данные таблицы 2 свидетельствуют, что продолжительность сушки оказывает существенное влияние на проявление сухих гнилей. Так, сравнивая варианты 1-4, где картофель сушился 5 дней, с вариантами 5-8 (продолжительность сушки 10 дней), отмечаем, что поражаемость картофеля сухой гнилью достоверно увеличилась на 12-14%. Такая же закономерность отмечена и ранее (табл. 1), где при клубневом анализе констатировано, что с увеличением дней сушки на 5 дней (с 5 до 10) количество сухих гнилей увеличилось в 1,5 раза.

Данный факт свидетельствует о том, что излишнее пересушивание картофеля во время хранения приводит к значительному распространению сухих гнилей, так как поврежденные при уборке клубни сразу же активизируют физиологические процессы заживления, которые в значительной степени зависят от влажности и температуры воздуха в хранилище. Известно, что оптимальной влажностью воздуха для заживления ран является 95%. Но во время сушки влажность падает до 70% и ниже, что зависит от влажности наружного воздуха, вследствие чего процессы заживления идут медленно и малоэффективно, а клубни поражаются грибными заболеваниями.

Значительных изменений в проявлении болезней при изменении температурных условий хранения не отмечено (сравнение вариантов 1, 2, 5, 6 с вариантами 3, 4, 7, 8), однако выявлена тенденция снижения на 2-4% количества поражения травмированных клубней сухой гнилью при увеличении температуры на 5°C. Из этого можно сделать вывод, что решающим фактором в успешном заживлении ран клубней картофеля является именно соблюдение необходимой влажности воздуха. Картофель с одинаковой результативностью заживает раны как при 15°C, так и при 10°C, но с разной продолжительностью лечебного периода.

Различные темпы ежедневного понижения температуры картофеля во время режима охлаждения не повлияли на качественные показатели клубней сорта ВР-808. Наименьшее поражение патогенами выявлено в вариантах 3-4 с пятидневной сушкой при температуре заливания ран 15°C, наибольшее — в вариантах 5-6 с десятидневным режимом сушки при температуре лечебного периода 10°C.

Усушка картофеля является естественным процессом, интенсивность проявления которого сильно зависит от изменений в качестве картофеля на всех этапах его хранения. Для определения величины усушки пробы картофеля взвешивали при закладке в хранилища и через 4 месяца. В таблице 3 приведены результаты учета усушки клубней картофеля за период хранения, представляющие потерю массы клубней на дату ее учета, выраженную в процентах по отношению к начальной массе клубней, заложенной на хранение.

Как видно из данных таблицы 3, существенная разница наблюдается между вариантами 1-4 и 5-6, отличающиеся продолжительностью режима сушки. С увеличением времени сушки на 5 дней клубни картофеля теряют массу в среднем на 1,4-1,8% от общего объема.

Также наблюдается достоверное снижение потери массы на 0,8-1% от общего объема при снижении темпа охлаждения картофеля с 1 до 0,3°C. Это объясняется следующим.

Известно, что для охлаждения семенного картофеля до 3,3°C необходимы стабильно низкие температуры наружного воздуха, что в данном исследовании поддерживать неизменным было проблематичным, так как использовались хранилища без холодильных систем. Режим охлаждения за все исследуемые годы проходил в основном с конца октября до первой декады ноября. И чаще всего в этот период температура внешнего воздуха характеризовалась сильными колебаниями от -10°C до +10°C. В таких условиях стабильного охлаждения клубней на 1°C в день добиться было невозможно. В период наблюдения были отмечены случаи, когда картофель равномерно охлаждался в вариантах 2, 4, 6 и 8 в октябре, но при наступлении теплой погоды в ноябре клубни начинали греться. Следствием из этого было то, что режим охлаждения в данных вариантах становился более энергос затратным и неэффективным по сравнению с постепенным снижением температуры картофеля на 0,3°C в день. То есть увеличение потери массы клубня связано с температурными колебаниями вне хранилища и излишней (неэффективной) работой вентиляции на этих вариантах для обеспечения ежедневного снижения температуры на 1°C.

Минимальная усушка была получена на варианте 3 (5,1% от общей массы) с пятидневным режимом сушки, при температуре лечебного периода 15°C с ежедневным охлаждением картофеля на 0,3°C в день.

Заключение.

1. Увеличение времени сушки картофеля на срок более 5 дней способствует распространению поражения механически поврежденных клубней картофеля сухой гнилью на 12-14% и усиливает потери естественной массы клубней на 1,4-1,8%.

2. Длительность заживления ран механически поврежденных клубней с понижением температуры в хранилище с 15 до 10°C имеет четкую тенденцию увеличения.

3. Темп ежедневного понижения температуры в хранилище на 0,3°C в день в сравнении с понижением температуры на 1°C при хранении семенного картофеля сорта ВР-808 в хранилищах без холодильных систем более эффективен и позволяет достоверно снизить усушку клубней на 0,8-1% от массы клубней на дату закладки картофеля на хранение.

Таблица 2. Поражение сухой гнилью механически поврежденных клубней картофеля сорта ВР-808 (среднее за 2019-2023 гг.), %

Table 2. Dry rot damage to mechanically damaged potato tubers of the VR-808 variety (average for 2019-2023), %

Вариант опыта	Среднее по варианту	+ / — к варианту							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1. C ₉ Л ₁₀ О _{0,3}	23	-	-	-	-	-	-	-	-
2. C ₉ Л ₁₀ О ₁	23	0	-	-	-	-	-	-	-
3. C ₉ Л ₁₅ О _{0,3}	19	-4	-4	-	-	-	-	-	-
4. C ₉ Л ₁₅ О ₁	21	-2	-2	2	-	-	-	-	-
5. C ₁₀ Л ₁₀ О _{0,3}	35	12	12	16	15	-	-	-	-
6. C ₁₀ Л ₁₀ О ₁	35	13	12	16	15	0	-	-	-
7. C ₁₀ Л ₁₅ О _{0,3}	33	10	10	14	12	-2	-2	-	-
8. C ₁₀ Л ₁₅ О ₁	33	10	10	14	12	-3	-3	0	-
НСР ₀₅		7,9							

Таблица 3. Усушка картофеля сорта ВР-808 (среднее за 2019-2023 гг.), %

Table 3. Shrinkage of potatoes of the VR-808 variety (average for 2019-2023), %

Вариант опыта	Среднее по варианту	+ / — к варианту							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1. C ₉ Л ₁₀ О _{0,3}	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-
2. C ₉ Л ₁₀ О ₁	6,3	0,8	-	-	-	-	-	-	-
3. C ₉ Л ₁₅ О _{0,3}	5,1	-0,4	-1,2	-	-	-	-	-	-
4. C ₉ Л ₁₅ О ₁	6,0	0,6	-0,2	1,0	-	-	-	-	-
5. C ₁₀ Л ₁₀ О _{0,3}	6,8	1,4	0,5	1,7	0,8	-	-	-	-
6. C ₁₀ Л ₁₀ О ₁	7,7	2,3	1,5	2,7	1,7	0,9	-	-	-
7. C ₁₀ Л ₁₅ О _{0,3}	6,9	1,4	0,6	1,8	0,8	0,0	-0,9	-	-
8. C ₁₀ Л ₁₅ О ₁	7,7	2,2	1,4	2,6	1,6	0,8	-0,1	0,8	-
НСР ₀₅		0,76							





Список источников

1. Турсунов С., Шарифзонов Ж.А. Особенности хранения картофеля // *Universum: технические науки*. 2022. № 10 (103). С. 27-29.
2. Шпаар Д., Быкин А., Дрегер Д. и др. Картофель. М.: Буки Веди, 2022. 440 с.
3. Хоконова М.Б., Хамжуева З.Х. Влияние режимов хранения на качественные показатели клубней картофеля // *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В.М. Кокова*. 2019. № 2 (24). С. 45-48.
4. Лучкова И.В., Колошеин Д.В., Калинина Г.В., Меньшова Е.В., Ваулина О.А. Уборка и хранение картофеля: отдельные аспекты // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2022. № 175 (1). С. 1-10.
5. Бoryчев С.Н., Владимиров А.Ф., Колошеин Д.В., Сизов Р.И., Кульков С.Н. К вопросу об исследованиях по хранению картофеля // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева*. 2019. № 2 (42). С. 129-135.
6. Зейрук В.Н., Абашкин О.В., Васильева С.В., Абросимов Д.В., Пшеченков К.А., Белов Г.Л. Защита картофеля в период хранения // *Земледелие*. 2018. № 8. С. 17-19.
7. Кондратенко Е.П., Мирошина Т.А. Оценка сортовых особенностей картофеля при хранении // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2021. № 12 (206). С. 16-22.
8. Шайдулина Т.Б., Кондратенко Е.П., Соболева О.М., Сартанова О.А., Филипович Л.А., Мирошина Т.А. Влияние сортовых особенностей на количественные потери семенного и продовольственного картофеля при хранении // *Теоретические аспекты хранения и переработки сельскохозяйственной продукции*. 2021. № 2. С. 27-36.

9. Петров Н.Ю., Бикметова К.Р. Способы обработки картофеля перед закладкой на длительное хранение // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2021. № 4. С. 32-46.

10. Маслова Л.А., Колошеин Д.В., Бoryчев С.Н. Теоретические предпосылки к обоснованию загрузки контейнера для хранения картофеля // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2020. № 160 (6). С. 1-11.

References

1. Tursunov, S., Sharifzhonov, Zh.A. (2022). Osobennosti khraneniya kartofelya [Features of storing potatoes]. *Universum: tekhnicheskie nauki*, no. 10 (103), pp. 27-29.
2. Shpaar, D., Bykin, A., Dreger D. (2022). *Kartofel'* [Potato]. Moscow, Buki Vedi, Publ., 440 p.
3. Khokonova, M.B., Khamzhueva, Z.Kh. (2019). Vliyaniye rezhimov khraneniya na kachestvennyye pokazateli klubnei kartofelya [Influence of storage modes on quality indicators of club potatoes]. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni V.M. Kokova* [Izvestia of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov], no. 2 (24), pp. 45-48.
4. Luchkova, I.V., Kolosheyn, D.V., Kalinina, G.V., Men'shova, E.V., Vaulina, O.A. (2022). Uborka i khraneniye kartofelya: ot del'nyye aspekty [Potato harvesting and storage: individual aspects]. *Politematicheskii setevoy ehlektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University], no. 175 (1), pp. 1-10.
5. Borychev, S.N., Vladimirov, A.F., Kolosheyn, D.V., Sizov, R.I., Kul'kov, S.N. (2019). K voprosu ob issledovaniyakh po khraneniyu kartofelya [To the question of research on

storing potatoes]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva* [Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev], no. 2 (42), pp. 129-135.

6. Zeiruk, V.N., Abashkin, O.V., Vasil'eva, S.V., Abrosimov, D.V., Pshechenkov, K.A., Belov, G.L. (2018). Zashchita kartofelya v period khraneniya [Protection of potato during storage]. *Zemledeliye*, no. 8, pp. 17-19.

7. Kondratenko, E.P., Miroshina, T.A. (2021). Otsenka sortovykh osobennostey kartofelya pri khraneni [Evaluation of potato variety characteristics during storage]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], no. 12 (206), pp. 16-22.

8. Shaidulina, T.B., Kondratenko, E.P., Soboлева, O.M., Sartakova, O.A., Filipovich, L.A., Miroshina T.A. (2021). Vliyaniye sortovykh osobennostey na kolichestvennyye poteri semennogo i prodovol'stvennogo kartofelya pri khraneni [Seed and food potato variety characteristic influence on quantitative loss during storage period]. *Teoreticheskie aspekty khraneniya i pererabotki sel'khozproduktii*, no. 2, pp. 27-36.

9. Petrov, N.Yu., Bikmetova, K.R. (2021). Sposoby obrabotki kartofelya pered zakladkoi na dlitel'noe khraneniye [Overview of methods of processing potatoes before laying for long-term storage]. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of farm products], no. 4, pp. 32-46.

10. Maslova, L.A., Kolosheyn, D.V., Borychev, S.N. (2020). Teoreticheskie predposylki k obosnovaniyu zagruzki konteynera dlya khraneniya kartofelya [Theoretical background to the substantiation of loading a potato storage container]. *Politematicheskii setevoy ehlektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University], no. 160 (6), pp. 1-11.

Информация об авторах:

Акопджанян Эрик Татулович, ведущий агроном по семеноводству ООО «Аксентис», аспирант Нижегородского государственного агротехнологического университета, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0044-0033>, ericakopgzanan-96@mail.ru

Титова Вера Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агрохимии и агроэкологии Нижегородского государственного агротехнологического университета, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0962-5309>, Researcher ID: X-6732-2018, titovavi@yandex.ru

Information about the authors:

Erik T. Akobjanyan, leading agronomist for seed production limited liability company "Aksentis", graduate student of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0044-0033>, ericakopgzanan-96@mail.ru

Vera I. Titova, doctor of agricultural sciences, professor, head of the department of agrochemistry and agroecology of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0962-5309>, Researcher ID: X-6732-2018, titovavi@yandex.ru

✉ ericakopgzanan-96@mail.ru

VI Федеральный форум
SMART AGRO
Цифровая
трансформация в АПК

1 ноября 2024 г.
отель Continental,
г. Москва, ул. Тверская, 22

Организатор:
COMNEWS
CONFERENCES



Научная статья
УДК 504.052
doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_541

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАВЯНЫХ УГОДИЙ В ИНТЕНСИВНО-ПАСТБИЩНОМ МЯСНОМ СКОТОВОДСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ)

А.В. Каверин, В.В. Мунгин, Д.А. Массеров, Ю.Н. Авдюшкина,
Р.Р. Манаков, А.А. Храмова

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены результаты комплексного эколого-социально-экономического анализа просчетов в производстве мяса на крупных животноводческих комплексах и, прежде всего, при привязном содержании крупного рогатого скота. Приведена оценка эффективности производства говядины по интенсивно-пастбищной технологии ведения мясного скотоводства, прошедшей успешную апробацию в ряде сельхозпредприятий Мордовии. Исследования проводились в 2019-2023 гг. В процессе применения этой экономичной, экологизированной технологии эффективно используются кормовые угодья, обеспечивается получение самой высококачественной органической («травяной») говядины. Расчетная социальная эффективность заключается в создании около 5000 рабочих мест для малого бизнеса в сельской местности региона. Кроме перечисленных преимуществ, интенсивно-пастбищное животноводство оказывает помощь в предотвращении «ландшафтных» пожаров, в сохранении природного наследия и биоразнообразия в регионе.

Ключевые слова: травяные угодья, недовыпас, экологический просчет, энергетическая эффективность, органическая говядина, закон возврата, электроизгородь пастбища, правило экологического дублирования

Original article

EFFICIENCY OF GRASSLAND USE IN INTENSIVE PASTURE-BASED BEEF CATTLE BREEDING (USING THE REPUBLIC OF MORDOVIA AS AN EXAMPLE)

A.V. Kaverin, V.V. Mungin, D.A. Masserov, Y.N. Avdyushkina,
R.R. Manakov, A.A. Khramova

National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

Abstract. In the article the results of complex, ecological, social and economic analysis of miscalculations in meat production at large livestock complexes and, first of all, at tethered keeping of cattle are considered. The evaluation of the efficiency of beef production according to the intensive-pasture technology of introducing beef cattle breeding, which has been successfully tested in several regions of the Volga region and the Urals and has highly proved itself in a number of agricultural enterprises of Mordovia, is given. The research was conducted in 2019-2023. In the course of application of this economical and ecologized technology, fodder lands are effectively used, the highest quality organic («grass») beef is obtained. Estimated social efficiency is the creation of about 5000 jobs for small businesses in rural areas. In addition to these benefits, intensive grazing helps to prevent “landscape fires” and to conserve natural heritage and biodiversity.

Keywords: grassland, undergrazing, ecological miscalculation, energy efficiency, organic beef, law of returns, electric fence grazing, ecological overlap rule

Введение. Интенсивное производство мяса в Республике Мордовия, как и в большинстве других регионов Российской Федерации, сконцентрировано главным образом на крупных предприятиях промышленного типа. Такие предприятия имеют ряд недостатков общего характера [1]. В первую очередь, это дороговизна их строительства. Во-вторых — их энергоёмкость, поскольку в данной сфере используется сложное и дорогое оборудование по созданию микроклимата в помещениях, уборке и удалению навоза, освещению, отоплению и раздаче кормов. Анализ структуры затрат энергии показывает, что наибольший удельный вес в совокупных энергозатратах занимает энергия, переносимая на конечный продукт кормами: при производстве говяжьего мяса — 89,5%. Последнее объясняется тем, что на предприятиях промышленного типа велик расход зернового корма; при выращивании молодняка крупного рогатого скота до живой массы 400-500 кг здесь затрачивается 1,5-2,0 т концентратов.

В условиях высокой плотности скота на откормочных предприятиях возникают экологические проблемы, связанные с загрязнением почв, поверхностных и подпочвенных вод,

воздушной среды. Ситуация многократно усугубляется в связи непомерно высокими темпами и масштабами индустриализации этих объектов сельского хозяйства. Созданы и продолжают создаваться животноводческие комплексы на 6 и более тысяч голов крупного рогатого скота. С экологической точки зрения [2] такой гигантизм рассматривается как «начало конца», ибо он признан самым антиэкологичным вариантом животноводства. Дело в том, что на эти «фабрики мяса» свозятся корма с больших окрестных площадей в радиусе до 30 км. Неусвоенные животными вещества превращаются в навоз. На сколько велики объёмы этих «побочных продуктов животноводства», говорят следующие цифры: одна корова за сутки выделяет из организма 35-40 кг отходов в твердом и 20 кг в жидком виде. Итого на весь комплекс в 6 тысяч голов скота получается 360 тонн ежедневно [3]. Вся острота проблемы заключается в том, что обратно на исходные поля эти отходы, а главное, содержащиеся в них питательные вещества растений возвращаются в меньших количествах. А большая их часть накапливается в навозохранилищах, откуда их вывозят, в лучшем случае, только на близлежащие поля. Этим

самым, грубо нарушается самый основополагающий закон земледелия — закон возврата, открытый в 1840 году основоположником агрохимии Ю. Либихом. Он формулируется так [4]: «Все вещества, используемые растениями при формировании урожая, должны полностью возвратиться в почву с удобрениями». Нарушение этого закона неминуемо приводит к утрате почвенного плодородия. Это неоднократно подчеркивали «столпы» сельскохозяйственной науки: физиолог растений К.А. Тимирязев, агрохимик Д.Н. Прянишников и, наконец, экономист К. Маркс. Но нынешние агроэкономисты, «оправдываясь» за нарушение этого закона утверждают, что «жизнь сильнее Маркса», так как комплекс затрат по погрузке, транспортировке на дальние расстояния до полей и по несению навоза в современных реалиях не окупается урожаем сельскохозяйственных культур.

Неожиданно выявился еще один недостаток социально-политического толка. Он оживленно обсуждался 6 марта текущего года на очередном съезде членов ассоциации фермеров и крестьянских подворий Республики Татарстан. В речи Председателя этой общественной организации К. Байтемирова было заявлено: «что



депопуляция села в Татарстане ускорилась там, где построены крупные индустриальные животноводческие комплексы и мегафермы. Причина видится в том, что они губят сельский уклад жизни».

Методика. В качестве материалов для анализа луговых угодий агроландшафтов рассматривалась шкала экономической оценки природно-кормовых угодий (сенокосов и пастбищ) в составе Земельного кадастра Мордовской АССР [5].

Полевые исследования проводились в 2022–2023 гг. с четырехкратной повторностью опыта. Урожайность сена различных типов лугов оценивали на стационарных площадках прямоугольной формы в поймах рек Лаша, Ломатка и Штырма. Вегетационный период исследований характеризовался как засушливыми (ГТК = 0,75), так и влажными (ГТК = 1,46) погодными условиями.

Определение урожайности сена проводили после скашивания травостоя учетной делянки в фазу начала колошения мятликового компонента, зеленую массу высушивали до 17% влажности, взвешивали и рассчитывали урожайность с 1-го га с использованием переводного коэффициента на площадь [6].

Результаты и их обсуждение. Достойным вариантом замены дорогостоящим и затратным промышленным технологиям со стойловым содержанием скота является интенсивная пастбищная технология, разработанная более 30 лет тому назад группой отечественных ученых-аграрников под руководством академика А.В. Черкаева [7]. Эта технология, успешно апробированная в различных регионах Приуралья и Поволжья, оптимальна для малых коллективов из 2–3 человек и способствует высокой производительности как зимой, так и летом, а самое главное, она обеспечивает эффективное использование основных ресурсов животноводства — кормовых, энергетических, материальных и трудовых. Не последнюю роль играет то, что данная технология позволяет достигать значительного прироста живой массы у скота: среднесуточный прирост молодняка без использования концентрированных кормов (только на траве) превышает 800 граммов.

Эта технология позволяет эффективно использовать естественные кормовые угодья, расположенные в глубинных и малонаселенных местностях, а также территориях неудобий, таких как мелкие лесные массивы, овраги, болота, берега рек и озер. В Мордовии, как и во всей России, площади под естественными кормовыми угодьями начали увеличиваться. Однако, в настоящее время эти угодья либо недоиспользуются, либо используются только частично из-за снизившейся численности крупного рогатого скота мясных пород.

Апробация интенсивно-пастбищной технологии производства говядины в трех хозяйствах Мордовии (ООО «Аксел» в Темниковском районе, СХПК «Крутенское» в Ковылкинском районе и ООО «Биосфера» в Старошайговском районе) продемонстрировала успешные результаты [8]. Исследования, проведенные с 2019 по 2023 год, указывают на то, что эта технология хотя и является простой, но не примитивной. Основные компоненты данной технологии включают ограждение пастбищных участков с использованием электрозагородей, увеличение периода выпаса, содержание животных во время откорма не в основных

строениях, а в специальных полукрытых помещениях с глубокой подстилкой.

Использование ограждений для пастбищ на территории СХПК «Крутенское» не только повышает эффективность управления стадом, но и способствует сохранению естественной среды обитания животных. Благодаря разнообразию ландшафтов на огороженных землях, животные могут находиться в комфортных условиях, выбирая места для пастбы и отдыха. При этом два смотрителя могут легко контролировать все происходящие процессы на пастбище и корректировать любые возникающие технические неисправности.

В интенсивно-пастбищной технологии продление пастбищного периода достигается за счет использования травостоя, который находится под покровом леса. Животные сами находят такие участки. В 2020 году в Ковылкинском районе удалось продлить сезон выпаса почти на 40 дней — до конца ноября. При этом скот дополнительно подкармливался небольшим количеством соломы и сенажа. Количество концентратов на одно животное в год составило около 300 кг, что в 5–7 раз меньше по сравнению с другими интенсивными технологиями.

СХПК «Крутенское» и ООО «Аксел», в соответствии с передовым мировым опытом, используют скот специальной мясной породы — абердин-ангусской. Эта порода отличается высокой скороспелостью и адаптивностью к неблагоприятным погодным условиям, а также покладистым нравом. В Ковылкинском районе бычки этой породы за период с мая по ноябрь 2020 года показали прирост в живой массе более 1400 грамм в сутки на каждое животное.

Что касается энергетической эффективности использования природной травяной растительности на корм скоту, то на этот важнейший вопрос дадим разъяснение с позиций теории сельскохозяйственной экологии с использованием концепции сельскохозяйственной экологии — науки об эколого-экономических системах [8–10]. В ряде наших работ при рассмотрении истории возникновения и развития форм и типов сельского хозяйства, их региональных экологических особенностей, отмечен один из важнейших парадоксов научно-технической революции в аграрной отрасли — падение ее энергетической эффективности [8]. Установлено, что при современном техническом уровне ведения, сельское хозяйство потребляет энергии больше, чем дает, т.е. количество энергии, содержащееся в произведенных продуктах питания, не оправдывает вложенной энергии топлива, удобрений и кормов, а также стоимости их производства и доставки. Уже к середине 1980-х годов расход энергии в сельскохозяйственных целях в мире в среднем составлял 25%: развивающиеся страны тратили более 60% получаемой энергии на производство продовольствия, тогда как Великобритания и США — лишь 16%. В бывшем СССР на сельскохозяйственные нужды использовалось в эти годы 40–45% дизельного топлива, 30–36% бензина, до 50% моторных масел от общего расхода в народном хозяйстве страны. В то же время, специальные расчеты восточно-европейских экологов показывали, что замена пашенных агроэкосистем травяными позволяет сокращать энергетические и другие затраты на производство растениеводческой продукции в 3 раза.

На сегодняшний день Всероссийским институтом кормов им. В.Р. Вильямса вместе с сетью

подведомственных ему научных учреждений доказано, что пастбищное содержание снижает энергозатраты в 6–7 раз, а общие затраты на производимые корма — в 2–3 раза по сравнению со стойловым содержанием [11].

Большинство экспертов в области животноводства и кормопроизводства подчеркивают, что в современных условиях одним из наиболее динамично развивающихся и перспективных секторов в отрасли является органическое животноводство [12]. Однако, из 250 производителей органического продовольствия в России, всего 20 производят мясо. В то же время, количество потенциальных покупателей органических продуктов оценивается в 7,5 миллионов человек (более 5% населения страны) и это число продолжает расти. В России также существует значительный слой среднего класса, который проявляет интерес к органической продукции, включая мясо. Потребление органического мяса, и в особенности говядины способствует снижению распространенности анемии и в этой связи мясо говядины не случайно рассматривается в качестве «индикатора благополучия страны».

Минздрав России опубликовал данные о потреблении продуктов на человека в год. Согласно отчету, общее потребление мяса составляет 73 килограмма, из которых на говядину приходится около 20 килограммов (примерно 30%). В Республике Мордовия основную долю производства скота и птицы составляет мясо птицы — 65,8%, мясо свинины — 28,2%, а мясо крупного рогатого скота — всего 4,6% или 17,2 тысячи тонн в живом весе. Но, к сожалению, главными источниками говядины являются выбракованные коровы и сверхремонтный молодняк из молочных стад, составляющие более 84% этого вида мяса. Фактическое потребление мяса на одного человека в 2022 году достигло 79 килограммов в год, причем большую часть этого объема (приблизительно 68%) составило мясо кур, так называемое «мясо для бедных». Министр экономики региона объясняет это рентабельностью производства: свинина и мясо птицы дают в условиях Мордовии соответственно 20% и 17% прибыли, а говядины менее 7%. В этой связи инвесторы заинтересованы в свиноводстве и птицеводстве, но не в разведении крупного рогатого скота.

При этом упорно не признается ошибочность выбранной модели организации мясного животноводства, базирующийся на высокотехнологичных промышленных технологиях круглогодичного стойлового содержания животных. Укрепившемуся «антиэкологическому» мышлению в аграрной отрасли региона пока удается «гасить» передовой опыт органического животноводства, который в течении ряда лет демонстрируют СХПК «Крутенское», ООО «Аксел» и ООО «Биосфера». Успешно освоенные здесь технологии органического животноводства не только не наносят вреда окружающей среде, но и способствуют равномерному распределению по лугам навоза и втаптыванию семян растений в почву копытами животных, что обогащает травостой. Такие технологии способствуют повышению социально-экономической эффективности производства говядины, одновременно являясь жизнеспособной коммерческой альтернативной химически интенсивным методам.

Российский национальный союз производителей говядины продвигает идею интеграции фермеров и более крупного бизнеса [12].



Основой такой модели являются семьи, каждая из которых содержит 150-200 голов. С этого количества начинается перспективный фермерский бизнес, хотя в кооперации могут участвовать и мелкие фермы, и ЛПХ. Такой пример имеет место в Казахстане, где товарищество «Актен» объединило вокруг себя 350 фермеров. Часть из них ведет заготовку кормов, часть — выращивает молодняк. А старший партнер-интегратор гарантирует младшим закупки, консультирует по зоотехническим, ветеринарным, юридическим вопросам, помогает в получении госсубсидий. В этой связи сложилось объективное мнение о том, что нет ни одной отрасли, кроме мясного скотоводства, которая может обеспечить работой многие тысячи семей на селе и которую можно развивать даже на самых неудобных землях. Рассматриваемая модель организации производства дешевого мяса, благодаря кооперации мелких семейных ферм с более крупными партнерами, в мире широко распространена. Семейные фермы с минимум затрат выращивают новорожденных телят до 8-12 месяцев. А крупные фермы приобретают у них молодых бычков, производят их дальнейший откорм и убой.

В Мордовии для развития мясного скотоводства имеется значительный природно-ресурсный потенциал. Прежде всего, это площадь естественных кормовых угодий, не затронутых химизацией, которая составляет 510,1 тысяч гектаров или 19,5% общей площади региона. Общеизвестно, что пастбищный корм по своим питательным и биологическим свойствам является самым полноценным. На этой базе можно создать порядка 5000 рабочих мест в сфере мелкого бизнеса. Наиболее перспективными районами в этом плане мы считаем Ельниковский, Zubovo-Полянский, Ковылкинский, Темниковский, Краснослободский, Старо-Шайговский и Ичалковский. Здесь на сегодняшний день самые большие площади естественных кормовых угодий и наивысшая потенциальная опасность «ландшафтных» пожаров из-за недовыпаса.

Нами в течение последних 40 лет исследовались экологические просчеты в Мордовии, приведшие к подрыву регионального природного агроресурсного потенциала. Таковыми явились и экологические просчеты, обусловленные недоиспользованием естественных пастбищ [8,13]. Однако недовыпас, как и полное отсутствие выпаса, создает предпосылки для деградации агроландшафтов, а при комплексном и «дальнорочном» рассмотрении, — и для деградации среды жизни людей в сельской местности, т.е. одновременного ухудшения природных условий и социальной среды жизни людей.

Кроме всего этого, с экономической точки зрения очень важно осознавать, что пастбища дают самый дешевый корм. Однако, большая часть этого «дармового» корма пастбищных экосистем, остается неиспользуемой из-за недовыпаса, так как за последние 15 лет нагрузки на пастбищах здесь снизились до 0,165 условной головы крупного рогатого скота на гектар при допустимой норме 1,5 головы на гектар [1]. Вместо традиционного количества 750 тысяч выпасается не более 80 тысяч условных голов крупного рогатого скота.

Из-за «хронического» недовыпаса на лугах произошло накопление подстилки (отмершей ветоши, препятствующей росту кормовых трав), они становятся все более уязвимыми для внедрения сорняков, чужеродных видов трав, кустарников и деревьев. Комплексные

исследования на природных кормовых угодьях Мордовии по оценке их продуктивности и качества травостоя, проведенные нашими коллегами с кафедры агрономии МГУ им. Н.П. Огарева, показали, что продуктивность луговых фитоценозов из-за недовыпаса снизилась на 8–12%, а также от 20–48% в фитомассе уменьшилось содержание протеина, каротина и обменной энергии [13]. Последнее произошло из-за выпадения из состава луговых сообществ ценных в кормовом отношении бобовых и злаковых видов и внедрения в них малоценного разнотравья (рис.1).

Ухудшение социальной среды в сельской местности из-за недовыпаса и отсутствия сенокосения мы связываем, в первую очередь, с возрастанием рисков опасностей от «ландшафтных пожаров». Оказавшиеся «бросовыми» луговые угодья сосредоточены, как правило, вблизи вымирающих и малолудных населенных пунктов, на границах с лесными массивами. В засушливые периоды года они становятся масштабными очагами возгорания сухой растительности и бесхозных строений (рис.2). Такого рода явления, «наводящие ужас», вынуждают сельское население покидать обжитые места.

Из-за недовыпаса и прекращения сенокосения в ближайшей перспективе лугам реально

может грозить напасть мелких грызунов и растительноядных насекомых. Это с высокой долей вероятности может произойти в силу объективности действия Правила (принципа) экологического дублирования, которое формулируется следующим образом [2, с.104-105]: «Исчезающий или уничтожаемый вид живого в рамках одного уровня экологического пирамиды заменяет другой функционально-ценотически аналогичный, по схеме: мелкий сменяет крупного, эволюционно ниже организованный более высоко организованным, более генетически лабильный и мутабельный менее генетически изменчивого. Поскольку экологическая ниша в биоценозе не может пустовать («природа не терпит пустоты»), экологическое дублирование произойдет обязательно». Принципиальная схема такой замены будет выглядеть следующим образом: копытных (крупный и мелкий рогатый скот, а также лошадей) на лугах заменят грызуны (вероятнее всего «мышинные армии», как это происходит в зоне СВО), а в ряде случаев прожорливые насекомые (из-за глобального потепления климата — вероятно саранчовые).

При сохранении современных тенденций Мордовия может утратить хозяйственную ценность природных и полуприродных травяных угодий и связанную с ними биоту. Уже отмечены



Рисунок 1. Накопление ветоши на лугах в результате недовыпаса
Figure 1. Accumulation of dead grass in meadows as a result of undergrazing



Рисунок 2. Фрагмент «бросового» лугового участка
Figure 2. Fragment of an «abandoned» meadow



невозполнимые потери пойменных лугов средних и малых рек из-за распашки. Прекращение традиционного лугового хозяйствования и снижение пастбищной нагрузки приведет в дальнейшем к исчезновению этих агроценозов. Неправильный урон будет нанесен биоразнообразию. На природных сенокосах и пастбищах Мордовии представлено не менее 120 видов травянистых растений (около 10% флоры региона). Многие из них — редкие и исчезающие и их будущее напрямую связано с сохранением агроландшафта. Кроме того, здесь представлено около 40 видов млекопитающих, 130 видов птиц, около 1000 видов насекомых и других беспозвоночных животных [1].

Выводы. Сохранение луговых экосистем возможно только в условиях их умеренного использования в процессе традиционного хозяйствования. Для экологизации сельскохозяйственного производства с использованием естественных кормовых угодий передовая отечественная агроэкологическая наука предлагает следующие рекомендации:

- расширение доли природных сенокосов и пастбищ в агроландшафте для устойчивого аграрного производства до 30% [14];
- соблюдение режимов, сроков и нагрузок пастбы и сенокосения, которые должны соответствовать «календарю природы», учитывая сроки цветения и плодоношения редких и ценных видов растений, гнездования и кормления у птиц, размножения редких видов млекопитающих и пр.; в таком сочетании они вновь могут стать богатыми охотничьими угодьями, на что указывает успешная практика охраны природы на фермерских землях в Венгрии, Словакии и других странах Восточной Европы [15,16];
- создание «территорий традиционного лугового природопользования», где помимо сохранения традиционной сельской архитектуры, ландшафта и приемов культивирования, можно организовать разведение пород скота, адаптированных к местным пастбищам — такие территории первоначально могут быть созданы в границах существующих национальных и природных парков, это не потребует коренного изменения законодательства, т.к. экологически ориентированное традиционное сельское хозяйство согласуется с перечнем разрешенных форм деятельности; эти же территории можно ориентировать на развитие «сельского туризма», позитивные результаты которого уже имеются в некоторых национальных парках России [12,16];
- поддержание оптимального видового разнообразия выпасаемых животных (коров, овец, лошадей, коз и др.) в связи с их избирательностью к корму для обеспечения рационального использования кормовой ценности травостоя [8].

Нельзя не отметить, что тематика нашей работы в целом перекликается со стремительно набирающей популярность экологизированной идеей Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), которая сформулировала под названием «Семь причин, по которым необходимо развивать пастбищное животноводство ради лучшего будущего» [17]. Ниже мы приводим их в формулировках, применительно к региональным особенностям пастбищного животноводства Республики Мордовия:

1. Оно помогает диверсифицировать производство продуктов питания. Пастбищное животноводство позволяет получить высококачественный белок и питательные вещества по доступной цене для удовлетворения местного спроса, а также позволяет снизить зависимость страны от импорта.

2. Оно помогает бороться с изменением климата. Результаты исследований свидетельствуют о том, что потенциально пастбищные ландшафты могут помочь достичь нейтрального углеродного баланса. Такая возможность возникает, поскольку выпас скота может компенсировать уровень выделяемого углерода за счет стимуляции роста растений, что, в свою очередь, помогает связывать почвенный углерод [18].

3. Оно выполняет функции системы раннего предупреждения во время пандемий. Пандемия COVID-19 научила нас, что для решения проблем со здоровьем необходимо следить за здоровьем не только людей, но также животных и окружающей среды в целом. Подход «Единое здоровье» помогает странам более эффективно отслеживать и контролировать зоонозные (передающиеся от человека к животным) заболевания.

4. Оно стимулирует занятость и помогает создать возможности для трудоустройства. Пастбищное животноводство помогает сельским жителям обеспечивать себя средствами к существованию, хотя в течение многих лет этому виду деятельности в нашей стране не уделяли должного внимания при разработке стратегий и планировании инвестиций. Например, в условиях Республики Мордовия на базе пастбищного животноводства по нашим расчетам можно создать порядка 5000 рабочих мест в малом бизнесе в сельской местности.

5. Оно способствует менее выраженной конкуренции между кормовыми и продовольственными культурами. Потребительский спрос на продовольственные товары, полученные из выращенных на травяном корме и в естественных условиях животных, приводит к дальнейшему росту объемов розничной торговли этими товарами. Характерные черты мяса травяного (пастбищного) откорма: чистый мясной вкус, более выраженный говяжий аромат. Говядина травяного откорма содержит больше полезных для организма человека полинасыщенных жирных кислот [19]: EPA (эйкозапенаеновую), DHA (докасагексаеновую), CLA (линолевою). В этой говядине в 10 раз больше Омега-3. В ней больше и других полезных веществ: витаминов D, K, DA и группы B; микроэлементов — селена, магния, калия, железа, цинка; антиоксидантов — карнитина, В-каротина, креатина. Низкая жирность и сбалансированный аминокислотный состав — основные показатели для производства детского питания из говядины травяного откорма. Регулярное употребление говядины травяного откорма в любом возрасте благоприятно действует на физическое и умственное здоровье человека. Министерство здравоохранения считает говядину важным компонентом здорового питания, а в Международном плане она считается «индикатором благополучия государства», так как весьма положительно влияет на иммунитет.

6. Оно оберегает разнообразие животного мира. Тысячелетняя работа по разведению стадных животных позволила получить наиболее генетически разнообразные и устойчивые породы среди всей селекционной популяции.

7. Оно способствует расширению площади лесного покрова. Пастбищное животноводство

и леса взаимозависимы. В некоторых районах водоохранные леса (леса, произрастающие вблизи водоемов) являются важным источником корма для скота во время засушливого сезона. Пастбы в лесу также способствуют предотвращению «ландшафтных пожаров», поскольку выпасаемые животные удаляют горючую биомассу в лесах [20].

Таким образом, поддерживая развитие пастбищного животноводства в соответствии с рекомендациями ФАО, можно достичь нескольких важных целей: обеспечить продовольственную безопасность в регионе, помочь в борьбе с изменениями климата, а также сохранить природное наследие и биоразнообразие.

Повсеместное внедрение интенсивно-пастбищной технологии в Мордовии, по нашему убеждению, обеспечит значительный эколого-социально-экономический эффект. Экологическая составляющая нами видится в сохранении травяных экосистем региона в устойчивом и высокопродуктивном состоянии. Экономическая составляющая: 1) стабильное получение дешевых («дармовых»), сбалансированных растительных кормов в виде зеленой массы при пастбы в объеме порядка 1 млн. тонн в год или сена в количестве около 200 тыс. тонн; 2) обеспечение производства «травяной» говядины в количестве около 20 тыс. тонн в год или 27 кг на каждого жителя региона. Главная социальная составляющая эффективности — около 5000 рабочих мест для малого бизнеса в сельской местности.

Список источников

1. Каверин А.В., Мунгин В.В., Алферина А.В., Василькина Д.Н., Ушаков И.С. Экологизация использования естественных кормовых угодий в агроландшафтах Мордовии: современное состояние, проблемы и перспективы // Проблемы региональной экологии. 2020. № 6. С. 56-59.
2. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Журнал «Россия Молодая». 1994. 367 с.
3. Новиков Ю.Ф. Коэффициент биоконверсии. М.: Агропромиздат, 1989. 192 с.
4. Лапин А.Г. Основы агрономии. Ленинград: Гидрометеиздат. 1989. 488 с.
5. Земельный кадастр Мордовской АССР. Под ред. С.Д. Черемушкина. Саранск: Мордовское книжное издательство. 1970. 354 с.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. Под ред. М.А. Федина. М., 1989. 194 с.
7. Черкаев А.В. и др. Рекомендации по разведению и рациональному использованию крупного рогатого скота мясных пород при производстве говядины в условиях Республики Татарстан. Тат. НИИ сельского хозяйства. Казань. 2007. 38 с.
8. Каверин А.В. Экологические аспекты использования агресурсного потенциала (на основе концепции сельскохозяйственной экологии). Саранск: Издательство Мордовского университета. 1996. 220 с.
9. Каверин А.В. Сельскохозяйственная экология — новая наука для анализа энергетической эффективности производства продовольствия. Инновационное развитие науки: фундаментальные и прикладные проблемы. Петрозаводск: МЦНП «Новая Наука». 2023. С. 7-37.
10. Kaverin A.V., Kiryushin A.V., Masserov D.A. Ecologization of agricultural science and production agricultural ecology agricultural ecology (in the light of the scientific heritage of N.F. Reymers) // Theoretical and Applied Ecology. 2021. № 2. P. 102-106.



11. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., и др. Значение кормопроизводства для продовольственной и экологической безопасности страны. Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: средообразующие функции кормовых растений и экосистем: Сборник научных трудов, выпуск 1 (49). Под редакцией В.М. Косолапова. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса. 2014. С. 16-22.

12. Каверин А.В., Мунгин В.В., Гришин С.Ю., Ушаков И.С., Бочкарев Н.П. Пути экологизации аграрного производства с использованием сенокосов и пастбищ в Республике Мордовия // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2022. № 2. С. 110-115.

13. Каверин А.В., Алферина А.В., Манаков Р.Р., Храмова А.А., Гераскин М.М. Экологические просчеты в сельскохозяйственном землепользовании Мордовии: проблемы и предлагаемые пути их решения // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2023. № 1. С. 93-96.

14. Лопырев М.И., Макаренко С.А. Агроландшафты и земледелие. Воронеж: ВГАУ. 2001. 168 с.

15. Тишков А.А. Сохранение биоразнообразия травяных угодий в агроландшафтах России. Устойчивое развитие сельского хозяйства и сельских территорий: зарубежный опыт и проблемы России. М., 2005. С. 335-355.

16. Best practice for conservation planning in rural areas. 1995. IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK. 74 p.

17. Семь причин, по которым необходимо развивать пастбищное животноводство ради лучшего будущего [Электронный ресурс] // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. URL: <http://www.fao.org/fao-stories/article/ru/c/1455153> (дата обращения: 27.02.2024).

18. Pete Smith. Do grasslands act as a perpetual sink for carbon? // *Global change Biology* (2014) 20. P. 2708-2711. DOI: 10.1111/gcb.12561.

19. Терехова А.О. Травяной откорм или мраморное мясо? [Электронный ресурс]. URL: <http://ferma-m2.ru/blog/articles/214/> (дата обращения: 27.02.2024).

20. Залесов С.В., Годовалов Г.А., Платонов Е.Ю. Уточненная шкала распределения участков лесного фонда по классам природной пожарной опасности. // Аграрный вестник Урала. 2013. № 10. С. 45-49.

References

1. Kaverin A.V., Mungin V.V., Alferina A.V., Vasil'kina D.N., Ushakov I.S. (2020). *Ehkologizatsiya ispol'zovaniya estestven-*

nykh kormovykh ugodii v agrolandshaftakh Mordovii: sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy [Ecologization of natural fodder land use in Mordovian agrolandscapes: current state, problems and prospects]. *Regional Environmental Issues*, no. 6, pp. 56-59.

2. Reimers N.F. (1994). *Ehkologiya (teorii, zakony, pravila printsipy i gipotezy)* [Ecology (theories, laws, rules principles and hypotheses)]. Moscow: Young Russia magazine.

3. Novikov Y.F. (1989). *Koeffitsient biokonversii* [Bioconversion factor]. Moscow: Agropromizdat.

4. Lapin A.G. (1989). *Osnovy agronomii* [Fundamentals of agronomy]. Leningrad: Gidrometeoizdat.

5. Cheremushkina S.D. (1970). *Zemel'nyi kadastr Mordovskoi ASSR* [Land cadastre of the Mordovian ASSR], Saransk, Mordovian Book Publ.

6. Fedina M.A. (1989). *Metodika gosudarstvennogo sortispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury* [Methodology of state variety testing of agricultural crops: cereals, cereals, legumes, maize and forage crops], Moscow.

7. Cherekaev A.V., Khazinov N.N. (eds.) (2007). *Rekomendatsii po razvedeniyu i ratsional'nomu ispol'zovaniyu krupnogo rogatogo skota myasnykh porod pri proizvodstve govядiny v usloviyakh Respubliki Tatarstan* [Recommendations on breeding and rational use of cattle of beef breeds in beef production in the conditions of the Republic of Tatarstan], Kazan.

8. Kaverin A.V. (1996). *Ehkologicheski aspekty ispol'zovaniya agroresursnogo potentsiala (na osnove kontseptsii sel'skokhozyaystvennoi ehkologii)* [Ecological aspects of agro-resource potential utilization (based on the concept of agricultural economy)], Saransk, Mordovian University Press.

9. Kaverin A.V. (2023). *Sel'skokhozyaystvennaya ehkologiya — novaya nauka dlya analiza ehnergeticheskoi ehkektivnosti proizvodstva prodovol'stviya* [Agricultural ecology — a new science for analyzing the energy efficiency of food production]. In: *Innovatsionnoe razvitiye nauki: fundamental'nye i prikladnye problem* [Innovative development of science: fundamental and applied problems], Petrozavodsk, MTSNP «New Science», pp. 7-37.

10. Kaverin A.V., Kiryushin A.V., Masserov D.A. (2021). Ecologization of agricultural science and production agricultural ecology agricultural ecology (in the light of the scientific heritage of N.F. Reymers). *Theoretical and Applied Ecology*, no. 2, pp. 102-106.

11. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S. (eds.) (2014). *Znachenie kormoproizvodstva dlya prodovol'stvennoi i ehkologicheskoi bezopasnosti strany* [Importance of fodder

production for food and environmental security of the country]. In: *Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sredobrazuyushhie funktsii kormovykh rasteniy i e'kosistem* [Multifunctional adaptive forage production: environment-forming functions of forage plants and ecosystems], Moscow, All-Russian Research Institute of Fodder named after V.V.R. Kozlov. P. Williams, vol. 1 (49), pp. 16-22.

12. Kaverin A.V., Mungin V.V., Grishin S.Y., Ushakov I.S., Bochkarev N.P. (2022). *Puti ehkologizatsii agrarnogo proizvodstva s ispol'zovaniem senokosov i pastbishch v Respublike Mordoviya* [Ways of ecologization of agrarian production with the use of hayfields and pastures in the Republic of Mordovia], *Use and protection of natural resources in Russia*, no. 2, pp.110-115.

13. Kaverin A.V., Alferina A.V., Manakov R.R., Khramova A.A., Geraskin M.M. (2023). *Ehkologicheskie proschety v sel'skokhozyaystvennom zemlepol'zovanii Mordovii: problemy i predlagayemye puti ikh resheniya* [Environmental miscalculations in agricultural land use in Mordovia: problems and proposed ways of their solution]. *Use and protection of natural resources in Russia*, no. 1, pp. 93-96.

14. Lopyrev M.I., Makarenko S.A. (2001). *Agrolandshafty i zemledelie* [Agrolandscapes and agriculture], Voronezh, Voronezh University Publ.

15. Tishkov A.A. (2005). *Sokhraneniye bioraznoobraziya travynykh ugodii v agrolandshaftakh Rossii* [Conservation of grassland biodiversity in Russian agro-landscapes]. *Sustainable Development of Agriculture and Rural Areas: Foreign Experience and Russian Problems*, pp. 335-355.

16. IUCN (1995). *Best practice for conservation planning in rural areas*. Gland, Switzerland, and Cambridge, UK.

17. FAO. (2021). *Sem' prichin, po kotorym neobkhodimo razvivat' pastbishchnoe zhivotnovodstvo radi luchshego budushchego* [Seven reasons to develop pastoralism for a better future]. Available at: <http://www.fao.org/fao-stories/article/ru/c/1455153> (accessed 27 February 2024).

18. Pete Smith. (2014). Do grasslands act as a perpetual sink for carbon? *Global change Biology* 20. pp. 2708–2711. DOI: 10.1111/gcb.12561

19. Terkhova A.O. *Travyanoi otkorm ili mramornoe myaso?* [Grass-fed or marbled meat?] Available at: <http://ferma-m2.ru/blog/articles/214/> (accessed 27 February 2024).

20. Zalesov S.V., Godovalov G.A., Platonov E.Y. (2013). *Utochnennaya shkala raspredeleniya uchastkov lesnogo fonda po klassam prirodnoi pozhamoi opasnosti* [Refined scale of distribution of forest areas by natural fire danger classes]. *Agrarny Vestnik Urala*, no. 10, pp. 45-49.

Информация об авторах:

Каверин Александр Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат географических наук, профессор, профессор кафедры экологии и природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8579-1371>, kaverinav@yandex.ru

Мунгин Владимир Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры зоотехнии имени профессора С.А. Лапшина, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4555-1733>, munginv@mail.ru

Массеров Дмитрий Александрович, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экологии и природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5076-2818>, masserov@yandex.ru

Авдюшкина Юлия Николаевна, аспирант кафедры экологии и природопользования, yulyaavdyushkina@mail.ru

Манаков Рафаиль Ринадович, аспирант кафедры экологии и природопользования, lomat52@gmail.com

Храмова Ангелина Алексеевна, магистрант кафедры экологии и природопользования, lina.xramova.03@bk.ru

Information about the authors:

Alexander V. Kaverin, doctor of agricultural sciences, candidate of geographical sciences, professor, professor of the department of ecology and environmental management, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8579-1371>, kaverinav@yandex.ru

Vladimir V. Mungin, doctor of agricultural sciences, associate professor, professor of the department of animal science named after professor S.A. Lapshin, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4555-1733>, munginv@mail.ru

Dmitry A. Masserov, candidate of economic sciences, associate professor, head of the department of ecology and environmental management, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5076-2818>, masserov@yandex.ru

Yulia N. Avdyushkina, graduate student of the department of ecology and environmental management, yulyaavdyushkina@mail.ru

Rafail R. Manakov, graduate student of the department of ecology and environmental management, lomat52@gmail.com

Angelina A. Khramova, master's student of the department of ecology and environmental management, lina.xramova.03@bk.ru





Научная статья

УДК 636.2.034

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_546

ФЕНОТИПИЧЕСКИЕ ДИСТАНЦИИ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ СЫЧЕВСКОЙ ПОРОДЫ

А.С. Герасимова, В.И. Дмитриева, Е.А. Прищеп, Д.В. Сысоинкова

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

Аннотация. Для оценки эффективности ведения сельскохозяйственного производства, целью которого является получение молочной продукции, в различных хозяйствах области была проведена оценка влияния средовых факторов на продуктивность коров сычевской породы. Условия среды имеют большое значение при племенной оценке коров, так как оказывают влияние на уровень продуктивности. Объектом исследования являлось поголовье крупного рогатого скота сычевской породы из хозяйств Смоленской области. Наибольшая разница по удою между хозяйствами составляет 2866 кг, наименьшая 565 кг. По содержанию молочного жира разница составляет — 0 — 0,06%. Исследования проведены с использованием дисперсионного и кластерного анализа. Согласно результатам, полученным методом однофакторного дисперсионного анализа, при уровне значимости $p \leq 0,05$, наибольшее влияние, из изученных факторов (хозяйство, район, год лактации), на молочную продуктивность коров сычевской породы оказало «хозяйство». Воздействие составило 35% на удой и 12% на содержание молочного жира. При формировании кластеров и построении дендрограмм применяли метод «ближайшего соседа», позволяющий объединять в кластеры наиболее сходные между собой объекты. В ходе исследования между показателями продуктивности определяли Евклидово расстояние. Кластерный анализ, позволил определить место каждого из хозяйств в рейтинге по молочной продуктивности. По уровню удоя сельскохозяйственные предприятия разделились на два кластера с дистанцией $d=1791$. Наиболее высокое содержание жира в молоке коров из АО «Смоленское» позволило включить хозяйство в образовавшийся общий кластер на уровне $d=0,22$.

Ключевые слова: сычевская порода, коровы, продуктивность, фактор, однофакторный дисперсионный анализ, кластерный анализ

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (тема № FGSS-2024-0003).

Original article

PHENOTYPIC DISTANCES OF PRODUCTIVITY OF COWS OF THE SYCHEVKA BREED

A.S. Gerasimova, V.I. Dmitrieva, E.A. Prishchep, D.V. Sysoinkova

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

Abstract. To assess the effectiveness of agricultural production, the purpose of which is to obtain dairy products, in various livestock farms of the region an assessment of the influence of environmental factors on the productivity of cows of the Sychevka breed was carried out. Environmental conditions are of great importance in the breeding evaluation of cows, as they affect the level of productivity. The object of the study was the number of cattle of the Sychevka breed from livestock farms in the Smolensk region. The largest difference in milk yield between livestock farms is 2866kg, the smallest is 565kg. The difference in milk fat content is — 0 — 0.06%. The studies were conducted using variance and cluster analysis. According to the results obtained by the method of single- factor analysis of variance, at a significance level of $p \leq 0.05$, the greatest influence of the studied factors (livestock farm, district, year of lactation) on the dairy productivity of cows of the Sychevka breed was exerted by factor «livestock farm». The influence was 35% on milk yield and 12% on milk fat content. When forming clusters and constructing dendrograms, the “nearest neighbor” method was used, which allows combining the most similar objects into clusters. During the study, the Euclidean distances between the indicators were determined. The cluster analysis made it possible to determine the place of each of the farms in the rating of dairy productivity. According to the level of milk yield, agricultural enterprises were divided into two clusters with a distance of $d=1791$. The highest fat content in the milk of cows from Smolenskoye JSC allowed the farm to be included in the resulting general cluster at the level of $d = 0.22$.

Keywords: breed of Sychevka, cows, productivity, factor, single- factor analysis of variance, cluster analysis

Acknowledgments: the work was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the State Task of the Federal State Budgetary Research Institution Federal Research Center for Bast Fiber Crops(theme No. FGSS-2024-0003).

Введение. Основная задача агропромышленного комплекса — обеспечение населения страны продуктами питания. Решение задачи возможно за счет достижения устойчивого роста сельскохозяйственного производства. Проблема повышения продуктивности молочного скота охватывает широкий круг вопросов, как биоклиматического характера, так и технологического, и организационно-хозяйственного. Считается, что систематические средовые факторы имеют общий, или средний, эффект воздействия на индивидуальные особенности животных. К ним относятся такие факторы как ферма, год и месяц (сезон) отела. Из признаков молочной продуктивности наиболее подвержен влиянию условий среды и отличается высокой изменчивостью уровень удоя [1]. Также выявлено влияние факторов среды на качественный состав молока, технологические свойства продуктов

переработки молочного жира [2,3]. Успешное ведение сельскохозяйственного процесса, прогнозирование продуктивности, эффективный отбор в процессе селекции возможны только при дифференцированном учёте генетических и паратипических составляющих [4,5,6]. Среди паратипических факторов большую степень влияния на удой имеет хозяйство [7]. Изучение ценных продуктивных свойств животных во взаимосвязи с адаптационно-технологическими качествами, в условиях различающихся климатических районов, имеет большое практическое значение в дальнейшем совершенствовании их хозяйственно-полезных признаков [8]. Таким образом, показатели молочной продуктивности обусловлены генотипом животного и условиями среды, в которых он реализуется [9,10]. В Смоленской области пять хозяйств занимают чистопородным разведением крупного рогатого

скота сычевской породы. Расположены на территории трех муниципальных районов, имеют различия по хозяйственному ресурсу.

Цель исследований — установить фенотипические дистанции продуктивности коров сычевской породы, разводимых в Смоленской области.

Задачи исследований:

- провести дисперсионный анализ, с определением доли влияния средовых факторов на молочную продуктивность;
- провести кластерный анализ, с выявлением фенотипических дистанций продуктивности коров по удою и содержанию молочного жира.

Объект и методы исследований. Исследования проведены на базе лаборатории зоотехнологий ОП Смоленский НИИСХ — Федерального государственного бюджетного научного



учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур», по материалам племенного учета хозяйств Смоленской области. Объектом исследования является поголовье крупного рогатого скота сычевской породы из хозяйств: КП «Рыбковское» (1041 гол.), СПК (колхоз) им. «Урицкого» (1230 гол.), СПК «Колосок» (728 гол.) Сафоновского района, АО «Смоленское» по племенной работе (368 гол.) Смоленского района, ООО «Восток» (1134 гол.) Новодугинского района. В ходе исследований проводился кластерный и дисперсионный анализы. При формировании кластеров и построении дендрограмм применяли метод «ближайшего соседа», позволяющий объединять в кластеры наиболее сходные между собой объекты. Исходными данными для проведения кластерного анализа являлись средние величины, показателей молочной продуктивности, временных рядов за 5-летний отрезок времени (2018-2022 гг.). При вычислении фенотипических расстояний между показателями определяли расстояние Евклида: $d = \sqrt{\sum (x_i - x_j)^2}$, где x_i, x_j — значения переменных.

Результаты исследований. Область, располагая значительной территорией, имеет различные биоклиматические характеристики, а так же, плотность населения по муниципальным районам, что, в свою очередь, влияет на сельскохозяйственное производство. Исследуя влияние средовых факторов на молочную продуктивность коров сычевской породы, был использован метод однофакторного дисперсионного анализа при уровне значимости $p \leq 0,05$ (табл.1).

Согласно полученным результатам, наибольшее влияние на удой и содержание молочного жира имел фактор «хозяйство», превосходящий по удою фактор «год лактации» на 32,7%, (на содержание молочного жира год лактации значимого влияния не оказал) и на 23,6% фактор «район» нахождения хозяйства. По содержанию молочного жира влияние фактора «хозяйство» превосходит фактор «район» на 12%.

Таблица 1. Результаты дисперсионного анализа влияния средовых факторов на продуктивность коров сычевской породы
Table 1. Results of the dispersion analysis of the influence of environmental factors on the productivity of cows of the Sychevka breed

Признак	Показатель					
	SS	df	MS	F _{факт.}	F _{кр.}	η^2
удой, кг						
год лактации	803094605	4	200773651	82,08	2,37	0,023
хозяйство	3985232069	4	996308017	606,37	2,37	0,350
район	1291662726	2	645831363	288,17	3,00	0,114
содержание молочного жира, %						
год лактации	0,338	4	0,085	2,37	2,37	0,001 (не значимо)
хозяйство	18,882	4	4,721	156,01	2,37	0,123
район	461,188	2	230,594	7,85	3,00	0,003

Примечание: SS- сумма квадратов отклонений, df — число степеней свободы, MS —средний квадрат отклонений (дисперсия), F —фактическое значение отношения Фишера, F_{кр.} — критическое значение отношения Фишера, η^2 — сила влияния фактора.

Таблица 2. Фенотипические дистанции показателя «удой» коров сычевской породы
Table 2. Phenotypic distances of the indicator «milk yield» of cows of the Sychevka breed

Хозяйство	АО «Смоленское»	КП «Рыбковское»	ООО «Восток»	СПК «Колосок»	СПК (колхоз) им. Урицкого
АО «Смоленское»	0				
КП «Рыбковское»	720	0			
ООО «Восток»	1719	999	0		
СПК «Колосок»	2301	1581	582	0	
СПК (колхоз) им. Урицкого	2866	2146	1147	565	0

Таблица 3. Фенотипические дистанции показателя «содержание молочного жира» коров сычевской породы
Table 3. Phenotypic distances of the indicator «milk fat content» of cows of the Sychevka breed

Хозяйство	АО «Смоленское»	СПК «Колосок»	СПК (колхоз) им. Урицкого	КП «Рыбковское»	ООО «Восток»
АО «Смоленское»	0				
СПК «Колосок»	0,17	0			
СПК (колхоз) им. Урицкого	0,18	0,01	0		
КП «Рыбковское»	0,18	0,01	0	0	
ООО «Восток»	0,26	0,09	0,08	0,08	0

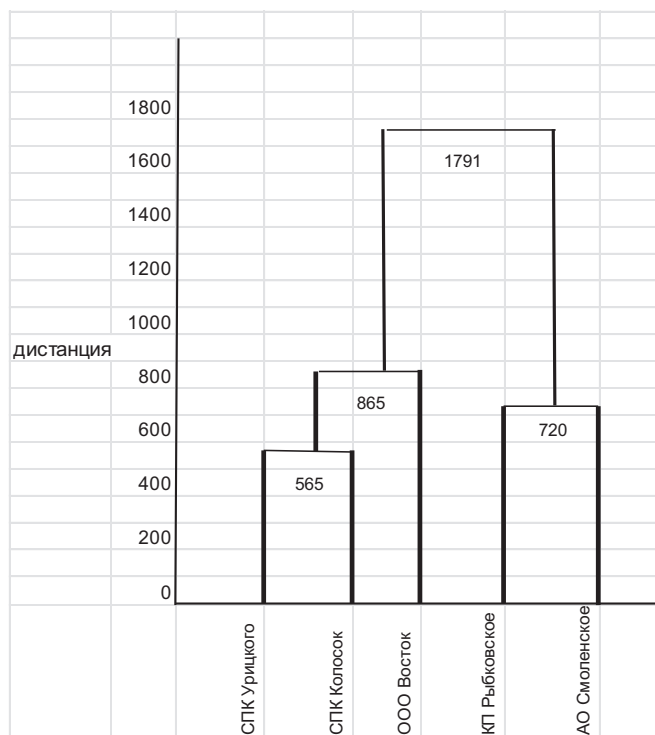


Рисунок 1. Дендрограмма результата иерархической классификации удоя
Figure 1. The Dendrogram of the result of the hierarchical classification of milk yield

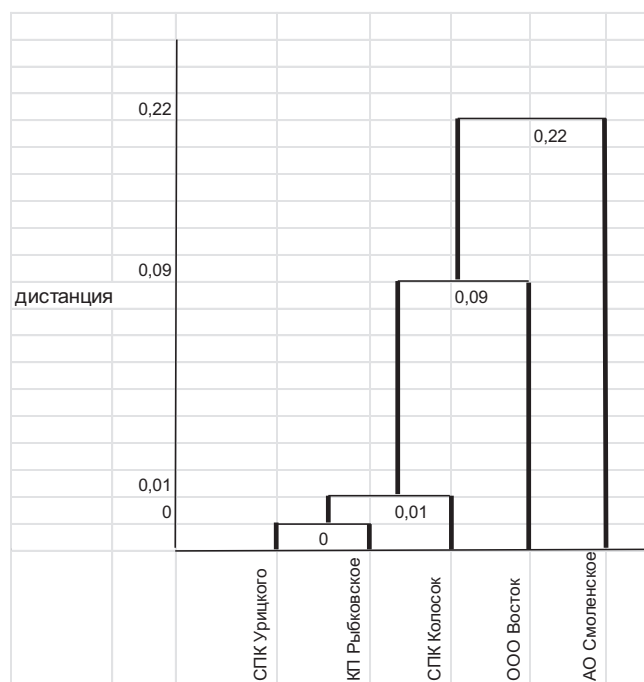


Рисунок 2. Дендрограмма результата иерархической классификации содержания молочного жира
Figure 2. The Dendrogram of the result of the hierarchical classification of milk fat content





Деятельность анализируемых хозяйств заключается в разведении крупного рогатого скота сычевской породы. Фенотипические дистанции продуктивности стад представлены в табл. 2 и 3.

Наибольшая разница удоя между СПК (колхоз) им. Урицкого и АО «Смоленское». Показатель «содержание молочного жира» в большей степени различен между ООО «Восток» и АО «Смоленское».

Для выявления хозяйств, отличающихся специфическими особенностями сельскохозяйственного производства, и имеющими при этом идентичный уровень молочной продуктивности, нами были использованы возможности кластерного анализа. В качестве исходных показателей были использованы средние значения удоя и содержания молочного жира по хозяйствам за период 2018-2022 годы. В результате кластерного анализа были получены дендрограммы кластеров (групп хозяйств, схожих между собой по анализируемым показателям) (рис. 1 и 2).

Наименьшая дистанция по удою выявлена между СПК (колхоз) им. Урицкого и СПК «Колосок» при средней продуктивности животных кластера 4214 кг молока. В результате дальнейшей иерархической классификации получено два кластера, характеризующих уровень удоя, содержащихся в хозяйствах коров. В один из кластеров входит три сельхозпредприятия со средней продуктивностью 4646 кг, с большей дистанцией, чем во втором кластере, в который входит два хозяйства (КП «Рыбовское» и АО «Смоленское») со средней продуктивностью кластера — 6437 кг. Различия по содержанию молочного жира имеют незначительные величины между тремя хозяйствами: СПК (колхоз) им. Урицкого, КП «Рыбовское» и СПК «Колосок». На уровне расстояния $d = 0,22$ образуется единый кластер с присоединением АО «Смоленское».

Заключение. Таким образом, можно отметить, что из исследованных средовых факторов на молочную продуктивность коров сычевской породы наибольшее влияние оказал фактор «хозяйство» (35% на уровень удоя, 12,3% на содержание молочного жира). Фенотипические дистанции показателя «удой» коров сычевской породы составили 565 — 2866 кг, «содержание молочного жира» — 0-0,26%. По уровню удоя хозяйства области распределены на два кластера, расстояние между которыми равно $d=1791$. Средняя продуктивность кластеров — 4646 кг и 6437 кг. Содержание жира в молоке между хозяйствами не имеет существенных различий, исключение составляет стадо АО «Смоленское», включенное в общий кластер на уровне расстояния $d=0,22$.

Информация об авторах:

Герасимова Алла Сергеевна, научный сотрудник лаборатории зоотехнологий, ORCID:<http://orcid.org/0000-0002-5643-1972>, kingloger@yandex.ru

Дмитриева Валентина Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории зоотехнологий, ORCID:<http://orcid.org/0000-0002-3066-2182>, v.i.dmitrieva@yandex.ru

Прищеп Елена Александровна, старший научный сотрудник лаборатории зоотехнологий, ORCID:<http://orcid.org/0000-0003-4913-9786>, alena.prishchep@yandex.ru

Сысоинкова Диана Вячеславовна, старший научный сотрудник лаборатории зоотехнологий, ORCID:<http://orcid.org/0000-0001-8754-6521>, leutina.diana@yandex.ru

Information about the authors:

Alla S. Gerasimova, researcher at the laboratory zootechnologies, ORCID:<http://orcid.org/0000-0002-5643-1972>, kingloger@yandex.ru

Valentina I. Dmitrieva, candidate of agricultural sciences, leading researcher laboratory zootechnologies, ORCID:<http://orcid.org/0000-0002-3066-2182>, v.i.dmitrieva@yandex.ru

Elena A. Prishchep, senior researcher at the laboratory zootechnologies, ORCID:<http://orcid.org/0000-0003-4913-9786>, alena.prishchep@yandex.ru

Diana V. Sysoinkova, senior researcher at the laboratory zootechnologies, ORCID:<http://orcid.org/0000-0001-8754-6521>, leutina.diana@yandex.ru

Список источников

1. Гавриленко В.П., Бушов А.В., Прокофьев А.Н. Генетические и паратипические факторы при создании племенного стада молочного скота // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2(46). С.166-172.

2. Зарипов О.Г., Отрадных П.И., Лашнева И.А., Сермягин А.А. Влияние факторов среды и полиморфизма гена DGAT1 на изменчивость признаков молочной продуктивности и профиль жирных кислот молока голштинизированных черно-пестрых коров // Journal of Agriculture and Environment. 2024. № 1(41).

3. Ефимова Л.В., Гатилова Е.В. Влияние паратипических факторов на молочную продуктивность и физико-химические свойства молока коров красно-перстрой породы // Пермский аграрный вестник. 2020. № 4(32). С. 70-79.

4. Герасимова А.С., Дмитриева В.И., Прищеп Е.А., Леутина Д.В. Влияние возраста коров бурой швицкой породы в отелах на молочную продуктивность потомков // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 6(396). С. 596-598.

5. Герасимова А.С., Прищеп Е.А., Леутина Д.В. Влияние генетических и паратипических факторов на продуктивное использование коров сычевской породы // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Сборник трудов международной научно-практической конференции. Институт ветеринарной медицины и биотехнологии. 2023. С. 160-166.

6. Герасимова А.С., Кольцов Д.Н., Цысь В.И., Татеева О.В., Соловьев В.Б. Факторы, влияющие на пожизненную продуктивность коров бурой швицкой породы в СПК «Дружба» Смоленской области // Зоотехния. 2019. № 9. С. 8-12.

7. Арлимова Е.В., Смотров Е.А. Селекционно-генетические параметры и оценка фенотипической изменчивости по ряду средовых и генетических факторов хозяйственно полезных признаков коров айрширской породы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3(51). С. 158-164.

8. Зобнина И.Н., Шацких Е.В. Генетический потенциал крупного рогатого скота голштинской породы и факторы, влияющие на него // Молодежь и наука. 2023. № 4.

9. Рожкова Т.С. Влияние отдельных генетических и средовых факторов на продуктивность коров-первотелок симментальской породы // Вестник аграрной науки. 2019. № 2(77). С. 139-145.

10. Вильвер А.С. Влияние паратипических факторов на показатели молочной продуктивности коров в условиях промышленной технологии производства молока // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 2(42). С. 11-16.

References

1. Gavrilenco V.P., Bushov A.V. & Prokof'ev A.N. (2019). *Geneticheskie i paratipicheskie faktory pri sozdanii plemenogo stada molochnogo skota* [Genetic and paratypical factors in the creation of a breeding herd of dairy cattle]. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, no. 2(46), pp. 166-172.

2. Zaripov O.G., Otradnov P.I., Lashneva I.A. & Sermyagin A.A. (2024). *Vliyanie faktorov sredy i polimorfizma gena DGAT1 na izmenchivost' priznakov molochnoi produktivnosti i profil' zhirnykh kislot moloka golstinizirovannykh chernopestrykh korov* [The influence of environmental factors and the polymorphism of the DGAT1 gene on the variability of signs of milk productivity and the fatty acid profile of milk of Holstein black-and-white cows]. *Journal of Agriculture and Environment*, no. 1(41).

3. Efimova L.V. & Gatilova E.V. (2020). *Vliyanie paratipicheskikh faktorov na molochnyuyu produktivnost' i fiziko-khimicheskie svoystva moloka korov krasno-perstroj porody* [The influence of paratypical factors on milk productivity and physico-chemical properties of milk from red-pepper cows]. *Permskii agrarnyi vestnik*, no. 4(32), pp. 70-79.

4. Gerasimova A.S., Dmitrieva V.I., Prishchep E.A. & Leutina D.V. (2023). *Vliyanie vozrasta korov buroi shvitskoi porody v otelakh na molochnyuyu produktivnost' potomkov* [The influence of the age of brown Swiss cows in calvings on the dairy productivity of offspring]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, no. 6(396), pp. 596-598.

5. Gerasimova A.S., Prishchep E.A. & Leutina D.V. (2023). The influence of genetic and paratypical factors on the productive use of cows of the Sychev breed. *Proceedings of the Current problems of veterinary medicine and intensive animal husbandry, Russia*. Bryansk: June 01-02, pp. 160-166.

6. Gerasimova A.S., Kol'tsov D.N., Tsy's' V.I., Tatueva O.V. & Solov'ev V.B. (2019). *Faktory, vliyayushchie na pozhiznennuyu produktivnost' korov buroi shvitskoi porody v SPK «Druzhba» Smolenskoj oblasti* [Factors affecting the lifelong productivity of brown Swiss cows in the Druzhba SPC of the Smolensk region]. *Zootekhnika*, no. 9, pp. 8-12.

7. Arlimova E.V. & Smotrova E.A. (2020). *Selektsionno-geneticheskie parametry i otsenka fenotipicheskoi izmenchivosti po ryadu sredovykh i geneticheskikh faktorov khozyaistvenno poleznykh priznakov korov airshirskoi porody* [Selection and genetic parameters and assessment of phenotypic variability by a number of environmental and genetic factors of economically useful traits of Ayrshire cows]. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, no. 3(51), pp. 158-164.

8. Zobnina I.N. & Shatskikh E.V. (2023). *Geneticheskie potentsialy krupnogo rogatogo skota golstinskoi porody i faktory, vliyayushchie na nego* [The genetic potential of Holstein cattle and the factors influencing it]. *Molodezh' i nauka*, no. 4.

9. Rozhkova T.S. (2019). Vliyanie otdel'nykh geneticheskikh i sredovykh faktorov na produktivnost' korov-pervotelok simmental'skoi porody [The influence of certain genetic and environmental factors on the productivity of the first-calf cows of the Simmental breed]. *Vestnik agrarnoi nauki*, no 2(77), pp. 139-145.

10. Vil'ver A.S. (2022). *Vliyanie paratipicheskikh faktorov na pokazateli molochnoi produktivnosti korov v usloviyakh promyshlennoi tekhnologii proizvodstva moloka* [Influence of paratypical factors on the indicators of dairy productivity of cows in the conditions of industrial milk production technology]. *Vestnik Kurganskoi GSKHA*, no. 2(42), pp. 11-16.



Научная статья
 УДК 630.232.315:634.0.232.3
 doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_549

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПРИЕМЫ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ

С.Н. Крючков, А.В. Солонкин, А.С. Соломенцева, С.А. Егоров

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

Аннотация. Проводились испытания СПГ (силиконабухающие полимерные гидрогели) и синтетических мульчирующих материалов при вегетативном размножении древесно-кустарниковых пород (айвы японской — *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach., гледичии трехколючковой — *Gleditsia triacanthos* L., скумпии колючей — *Cotinus coggygria* Scop.) в открытом грунте. Для размножения отобранного генофонда древесно-кустарниковых пород использовали стеблевые и корневые черенки. В опыт включались следующие варианты: I — СПГ + плёнка; II — плёнка; III — СПГ; IV — контроль. В ходе проведенных исследований авторами установлено, что территория опытного участка на питомнике была сильно засорена выноском полевым (*Convolvulus arvensis* L.), молоканом татарским (*Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey.), амарантом запрокинутым (*Amaranthus retroflexus* L.), марью белой (*Chenopodium album* L.). Применение мульчирующей пленки позволило сократить количество сорной растительности в посевах айвы японской (4 варианта обработки). Выявлено положительное влияние гидрогеля совместно с пленкой на рост и развитие сеянцев гледичии трехколючковой — активность разрушения целлюлозы микрофлорой в варианте опыта гель+ пленка была наивысшей, наблюдалось сокращение численности сорняков (75 ш./пог. м), высота однолетнего сеянца достигала 42 см по сравнению с другими вариантами опыта. В посевах скумпии колючей улучшились почвенные условия, повысилась влажность почвы (поверхностные слои сохраняли влагу гораздо лучше в сравнении с остальными вариантами опыта). Плотность почвы под мульчирующей пленкой также была ниже, что облегчало проникновение корней сеянцев. На участках с пленкой в присутствии гелей почва постоянно находилась в аэрируемом и чистом от сорняков состоянии, а при дополнительном увлажнении опытные растения хорошо развивались. Укоренённые виды растений, выращенные с применением мульчирующей пленки и гидрогеля по росту и выходу посадочного материала превосходили растения, выросшие в других вариантах опыта, как на контроле, так и на фоне гидрогелей и плёнки.

Ключевые слова: мульчирующая пленка, полимерный гидрогель, культивирование, сухая зона

Благодарности: работа выполнена по теме Государственного задания № 122020100448-6 «Создание новых конкурентноспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

Original article

EFFECTIVE METHODS OF GROWING SEEDLINGS OF TREES AND SHRUBS IN ARID CONDITIONS

S.N. Kryuchkov, A.V. Solonkin, A.S. Solomentseva, S.A. Egorov

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation,
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

Abstract. LNG and synthetic mulching materials were tested during vegetative reproduction of tree and shrub species (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach., *Gleditsia triacanthos* L., *Cotinus coggygria* Scop.) in the open ground. Stem and root cuttings were used to propagate the selected gene pool of tree and shrub species. The following options were included in the experiment: I — LNG + film; II — film; III — LNG; IV — control. In the course of the conducted research, the authors found that the territory of the experimental site at the nursery was heavily clogged with *Convolvulus arvensis* L., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey., *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L. The use of a mulching film made it possible to reduce the amount of weeds in Japanese quince crops (4 processing options). The positive effect of the hydrogel together with the film on the growth and development of seedlings of gledichia was revealed — the activity of destruction of cellulose by microflora in the gel+ film variant of the experiment was the highest, there was a decrease in the number of weeds (75 w/ sq. m), the height of an annual seedling reached 42 cm compared with other variants of the experiment. Soil conditions improved in the crops of scumpia, soil moisture increased (the surface layers retained moisture much better in comparison with other variants of the experiment). The density of the soil under the mulching film was also lower, which facilitated the penetration of the roots of seedlings. In areas with a film in the presence of gels, the soil was constantly in an aerated and weed-free state, and with additional moisture, the experimental plants developed well. Rooted plant species grown with the use of mulching film and hydrogel were superior in growth and yield of planting material to plants grown in other variants of the experiment, both on the control and against the background of hydrogels and film.

Keywords: mulching film, polymeric hydrogel, cultivation, dry area

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the State task No. 122020100448-6 «Development of the new competitive forms, varieties and hybrids of cultivated, tree and shrub plants with high productivity, quality and increased resistance to unfavorable environmental factors, new innovative technologies in seed production and nursery-growing, taking into account the variety characteristics and soil and climatic conditions of arid territories of the Russian Federation».

Наряду с изучением вопросов оптимального режима питания растений немаловажное значение имеет вопрос стимуляции их роста и развития, мульчирования посевов, установления наиболее рационального режима по уходу за посевами. Основные объекты защитного лесоразведения — районы с чрезвычайно трудными лесорастительными условиями [1, 2, 3, 7, 8, 9, 15]. Недостаток влаги, часто повторяющиеся засухи, суховеи, повышенная плотность тяжелых суглинистых и низкая влагоемкость бурых песчаных

почв сухой степи и полупустыни — все это создает трудности выращивания здесь посадочного материала, ЗЛН и культур различного целевого назначения [5, 6, 10, 15, 16, 23]. Их выращивание связано с большими затратами труда и средств, обусловленными необходимостью тщательного ухода за почвой с целью уничтожения сорняков и сохранения влаги. Существующие химические средства борьбы с сорняками в сочетании с современной техникой позволяет повысить производительность труда в сельском и лесном

хозяйстве, однако их использование представляет определенную опасность для человека и окружающей среды [11, 20, 17, 19]. Таким образом, требуются принципиально новые решения, позволяющие подавлять сорняки без применения ручного труда, улучшить водно-физические свойства песчаных и тяжелосуглинистых почв, создать оптимальные условия для роста и развития растений. Это может быть достигнуто на основе использования полимерных материалов [13]. В настоящее время синтезированы новые



материалы — сильнонабухающие полимерные гидрогели (СПГ), из пропилены и других высокомолекулярных соединений изготавливаются тканые материалы — водонепроницаемые пленки. СПГ — вещества, способные накапливать влагу в почве при поливе или естественных осадках и постепенно отдавать ее растениям. Тканые материалы свободно пропускают влагу осадков, принимают на себя механическую нагрузку воды, предотвращая уплотнение и образование корки на почве, подавляют рост сорняков. [14]. Эти свойства СПГ и водонепроницаемых пленок привлекают внимание исследователей и практиков по использованию их в сельском и лесном хозяйстве в тяжелых почвенно-климатических условиях [4, 12, 18, 21, 22, 24, 25].

Цель работы — определение эффективности применения сильнонабухающих полимерных гидрогелей и синтетических мульчирующих материалов при вегетативном размножении древесно-кустарниковых пород (айвы японской — *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Sprach., гледичии трехколючковой — *Gleditsia triacanthos* L., скумпии кожаной — *Cotinus coggygia* Scop.) в открытом грунте, и определение биологической активности и плотности светло-каштановой легкосуглинистой почвы в засушливых условиях Волгоградской области.

Материалы и методы исследования. В системе мероприятий, направленных на повышение выхода посадочного материала с единицы площади и снижение его себестоимости, важное место отводится борьбе с сорняками. Сорняки — конкуренты сеянцев за влагу, свет, питательные вещества. На борьбу с сорной растительностью при выращивании посадочного материала затрачивается много труда и средств. Особенно трудоёмки ручные прополки, без которых не обойтись на ранних стадиях развития сеянцев. Нередко при прополке сорняков гибнет часть всходов культурных растений. Эту проблему можно решить, если использовать для подавления роста сорняков синтетические мульчирующие плёнки.

Учитывая дефицит пресной воды на ЮВ ЕТР, для уменьшения её расхода при выращивании сеянцев древесно-кустарниковых пород на светло-каштановой легкосуглинистой почве питомника ФНЦ агроэкологии РАН использовали в качестве СПГ пространственно-сшитый полиакриламид «Гидросор», из мульчирующих материалов — чёрная водонепроницаемая плёнка «Санбелт».

Сеянцы (в период 2021-2023 гг.) выращивали по вариантам: I — СПГ + плёнка; II — плёнка; III — СПГ; IV — контроль. Почву готовили по системе раннего пара. На вариантах I и III сухие гранулы СПГ в дозе 100 г/м² вносили осенью в 0...25 см слой почвы. После тщательной подготовки поверхность почвы на вариантах I и II покрывали плёнкой шириной 1,2...1,3 м, на которой через 25 см делали разрезы для посева семян в строчки шириной 2...3 см. Края плёнки заделывали в почву на глубину 10 см, а между строчками закрепляли проволоочными скобами.

Семена айвы японской высевали 14 ноября 2021 г. с нормой высева 5 г на 1 п. м. строчки. Глубина заделки семян 2...3 см.

Семена гледичии намачивали в горячей воде и набухшими высевали в первой декаде мая 2021 г. Норма высева 11 г на 1 п. м. строчки, глубина заделки семян 3...4 см.

Уход за посевами включал трёхкратную прополку сорняков и рыхление почвы на вариантах без плёнки, двухкратную подкормку минеральными удобрениями и шесть поливов за вегетационный период.

Результаты и обсуждение. По данным обследований питомник сильно засорён многолетними и однолетними сорняками — вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis* L.), молоканом татарским (*Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey.), амарантом запрокинутым (*Amaranthus retroflexus* L.), марью белой (*Chenopodium album* L.). Применение плёнки «Санбелт» способствовало уменьшению как видового состава сорной растительности, так и её численности (табл. 1).

Мульчирование почвы плёнкой совместно с гидрогелями улучшает почвенную экологию, усиливает активность микрофлоры, что положительно влияет на рост и развитие сеянцев, особенно гледичии трехколючковой (табл. 2). На фоне гидрогелей и плёнки особенно активизировалось развитие корневой системы сеянцев. Наблюдалось массовое образование корней второго и третьего порядка, а значит повышалось качество посадочного материала.

Такой же опыт по использованию полимеров был проведён в 2022 г. при выращивании сеянцев скумпии кожаной. Семена скумпии, собранные в насаждениях Элистинского лесхоза в третьей декаде февраля 2022 г. замачивали в течение 3 суток в сменяемой воде при температуре 30 °С, затем их помещали в морозильную камеру и выдерживали до полного промерзания в течение 35 дней. После семена вынимали из холодильника и ставили на проращивание при комнатной температуре 20...25 °С, начиная с 1 апреля. Семена интенсивно прорастали через 12...15 суток. Семена высевали 16 апреля в посевные бороздки на глубину 2 см с нормой высева 3,0 г на 1 п. м. строчки.

Таблица 1. Влияние мульчирующей плёнки и гидрогелей на сорняки и рост сеянцев айвы японской

Table 1. The effect of mulching film and hydrogels on weeds and the growth of seedlings of Japanese quince

Показатели	Ед. изм.	Варианты			
		I	II	III	IV
Количество сорняков на 1 м ² за вегетационный период	шт.	50	65	320	450
Сырая масса сорняков на 1 м ²	г	900	550	6000	4000
Биологическая активность почвы (активность разрушения целлюлозы)	%	77	57,5	50,0	40,0
Длина 1-летнего сеянца	см	32,1	29,4	26,1	19,1
Корневая шейка	мм	3,52	3,20	3,12	2,02
Длина главного корня	см	45,5	41,5	38,8	31,4
Биомасса одного сеянца,	г	8,92	6,85	6,07	3,86
в т. ч. листьев	г	3,58	2,85	2,52	1,25
стволика	г	1,62	1,20	1,0	0,79
корней	г	3,72	2,80	2,55	1,82
Количество сеянцев на 1 п. м. строчки	шт.	55	63	36	34
в т. ч. стандартных	шт.	54	59	34	27

Таблица 2. Влияние гидрогелей и плёнки на рост сеянцев гледичии

Table 2. The effect of hydrogels and films on the growth of gledichia seedlings

Показатели	Ед. изм.	Варианты		
		Гель + плёнка	Гель	Контроль
Количество сорняков на 1 м ² за вегетационный период	шт	75	500	690
Сырая масса сорняков на 1 м ²	г	450	5350	1800
Активность разрушения целлюлозы микрофлорой	%	92,0	100	79,0
Высота однолетних сеянцев	см	42,0	39,0	14,5
Диаметр корневой шейки	мм	5,6	5,0	3,0
Длина главного корня	см	43	40	22
Биомасса одного сеянца,	г	12,92	10,81	3,15
в т. ч. листьев	г	3,28	2,91	1,37
стволика	г	4,48	3,26	0,74
корней	г	5,16	4,64	1,14
Количество сеянцев на 1 п. м. строчки	шт.	30	28	30

Таблица 3. Влияние гидрогелей (Г) и мульчирующей плёнки (Пл) на влажность и биологическую активность светло-каштановой легкосуглинистой почвы

Table 3. Effect of hydrogels (G) and mulching film (PI) on humidity and biological activity of light chestnut light loamy soil

Вариант опыта	Влажность почвы (% на абсолютно сухой вес) на глубине						Активность разрушения целлюлозы микроорганизмами, %
	5 см	15 см	25 см	35 см	45 см	0-50 см	
Г + Пл	9,46	9,12	7,20	9,00	11,12	9,21	88
Г	9,08	9,11	9,26	8,65	8,81	8,98	67
Пл	9,07	7,64	7,50	11,95	8,60	8,95	56
Контроль	4,24	7,29	7,01	6,50	8,93	6,79	46

Таблица 4 Влияние гидрогелей (Г) и плёнки (Пл) на плотность почвы по состоянию на 12.VIII. 2021 г. (твёрдость почвы определяли через 15 дней после полива)

Table 4. Effect of hydrogels (G) and films (PI) on soil density as of 12.VIII. 2021 (soil hardness was determined 15 days after watering)

Вариант опыта	Твёрдость почвы (кг/см ²) на глубине					
	5 см	10 см	15 см	20 см	25 см	0...25 см
Г + Пл	14	18	23	34	41	26,0
Г	18	24	26,5	37	41	29,3
Пл	24	27,5	29	38	41	31,9
Контроль	37	41	41	41	41	40,2



Таблица 5. Влияние гидрогелей (Г) и плёнки (Пл) на водный режим сеянцев скумпии в период засухи по состоянию на 13.08.2022 (в 11 ч. — $t = 31,6^{\circ}\text{C}$, влажность воздуха = 66%; в 14 ч. — $t = 33,4^{\circ}\text{C}$, влажность воздуха = 53,4%)

Table 5. The effect of hydrogels (G) and films (Pl) on the water regime of scumpia seedlings during the drought period as of 13.08.2022 (At 11 h — $t = 31.6^{\circ}\text{C}$, air humidity = 66%; at 14 h — $t = 33.4^{\circ}\text{C}$, air humidity = 53.4%)

Вариант опыта	Интенсивность транспирации, мг/г в час		Оводнённость, % от сырой массы		Водоудерживающая способность, % оставшейся воды через 3 часа		Водный дефицит, % в 14 ч.
	11 ч	14 ч	11 ч	14 ч	11 ч	14 ч	
Г + Пл	630	460	69,3	67,2	82,3	88,7	8,3
Г	515	383	66,8	66,5	85,9	89,8	12,1
Пл	423	360	65,8	65,4	87,2	87,5	17,8
Контроль	293	195	60,5	61,5	84,5	90,0	22,6

Таблица 6. Влияние плёнки (Пл) и гелей (Г) на сорняки и качественные показатели сеянцев скумпии кожанной в 2022 г.

Table 6. Influence of film (Pl) and gels (G) on weeds and quality indicators of seedlings of scumpia leatherworm in 2022

Показатели	Ед. изм.	Варианты			
		Г + Пл	Пл	Г	Контроль
Количество сорняков на 1 м ² за вегетационный период	шт.	70	65	520	630
Длина однолетнего сеянца	см	47,9	43,0	46,3	30,1
Корневая шейка	мм	5,01	4,26	4,50	3,30
Главный корень	см	45	40	41	31
Биомасса одного сеянца,	г				
в т. ч. листьев	г	11,3	9,7	10,7	5,5
стволика	г	4,7	3,6	4,1	1,6
корней	г	7,0	4,8	5,5	2,2
Количество сеянцев на 1 п. м. строчки,	шт.	52	19	44	15
в т. ч. стандартных	шт.	44	18	37	12

В течение лета провели 8 поливов, две подкормки минеральными удобрениями (из расчёта 20 кг/га д. в. по азоту), три прополки и рыхления почвы на вариантах без плёнки. На опытных делянках в напряжённый период вегетации при атмосферной и почвенной засухе определяли: влажность 0...50 см слоя почвы — высушиванием образцов почвы до постоянного веса при температуре 105 °C; твёрдость 0...25 см слоя почвы — плотномером Ревякина; микробиологическую активность почвы — весовым методом Unger. Пользуясь лабораторно-полевым методом, изучали характер изменения водного режима в период засухи: оводнённость тканей (высушиванием листьев до постоянной массы при температуре 105 °C), интенсивность транспирации, водоудерживающей способности (потерей воды образцами листьев за 3 часа завядания) и полуденного водного дефицита (отношение поглощённой после 24-часового насыщения листьями воды к общему содержанию воды в листьях при полном насыщении).

Проведённые исследования показали, что под влиянием гидрогелей и мульчирующей плёнки «Санбелт» улучшаются почвенные условия для выращивания сеянцев скумпии. В засушливый период августа влажность 0...50 см слоя почвы в межстрочном пространстве на вариантах с гидрогелями и плёнкой была значительно выше, чем на контроле (табл. 3). Особенно это относится к поверхностным слоям почвы.

Влажность почвы определяли 12 августа 2021 г. через 15 дней после полива (25 л/м²). Изменение водного режима почвы под влиянием полимеров сказывалось на её биологической активности. Разложение целлюлозы микроорганизмами шло более активно под плёнкой в присутствии гидрогелей в почве, чем на контроле.

Одновременно с влажностью определяли плотность (твёрдость) 0...25 см слоя почвы (табл. 4).

Почву под мульчирующей плёнкой не обрабатывали, на вариантах без плёнки обработка шла по обычной агротехнике выращивания сеянцев. Несмотря на это, плотность под плёнкой была значительно ниже по сравнению с контролем. Повышенный режим влажности, создаваемый плёнкой и гелями, значительно снижает сопротивляемость почвы проникновению корневой системы сеянцев. Почва под плёнкой в присутствии гелей оставалась рыхлой в течение вегетации, а на поверхности не было корки. На открытом участке из-за большой испаряемости влаги после полива почва сильно уплотнялась и это отрицательно влияло на физиологическое состояние сеянцев (табл. 5).

В период засухи сеянцы на контроле были угнетены, листья испытывали постоянный водный дефицит, низкую тургоресцентность, имели небольшое содержание воды в тканях растений. На фоне гидрогелей и плёнки сеянцы по сравнению с контрольными растениями не испытывали полуденного водного дефицита, имели высокую оводнённость и транспирацию.

Благоприятный гидротермический и воздушный режим почвы, создаваемый гелями и плёнкой, способствовал более дружному появлению всходов, увеличивал темпы роста и развития сеянцев. Применение плёнки «Санбелт» значительно снижало численность сорняков на посевах. Прополку сорняков проводили только в строчках. Поэтому сохранность всходов скумпии на вариантах с плёнкой была достаточно высокой. Сеянцы, выращенные под влиянием плёнки и гелей, по росту и выходу в 1,5...2,5 раза превосходили контрольные (табл. 6).

Улучшая гидротермический режим почвы, гидрогели и плёнка способствовали активизации деятельности личинок майского хруща на питомнике. В поисках пищи они быстрее передвигались в почве там, где внесены гидрогели и поэтому наносили вред сеянцам айвы

японской, подгрызая корни ниже корневой шейки. Поэтому, используя полимерные материалы при выращивании сеянцев, необходимо принимать профилактические и истребительные меры борьбы с вредителями и болезнями посадочного материала.

Таким образом, внесение в корнеобитаемый слой почвы гидрогелей и мульчирование межстрочного пространства водопроницаемой мульчирующей плёнкой улучшают водно-физические свойства почвы, сокращают расход поливной воды при выращивании сеянцев, повышают их устойчивость к дефициту влаги, ускоряют темпы роста и развития на всех стадиях органогенеза, повышают выход и качество посадочного материала. Применение плёночной мульчи на 70...85% сокращает затраты ручного труда по уходу за посевами по сравнению с базовой технологией.

Список источников

- Адамова Р.М., Казиев М.-Р.А. Биологические ресурсы древесно-кустарниковой растительности и его значение для защитного лесоразведения // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59-4. С. 250-262. DOI: 10.54258/20701047_2022_59_4_250.
- Гурьева Е.И., Кругляк В.В. To the issue of renovation of green spaces of sanatorium parks // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2018. Т. 8, № 1. С. 12-28. DOI: 10.25726/NM.2018.1.1.002.
- Зайцев Н.И., Ревенко В.Ю., Агафонов О.М. Повышение продуктивности сои и озимой пшеницы путем улучшения влагообеспеченности посевов // Масличные культуры. 2019. № 4(180). С. 80-88. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-4-180-80-88.
- Li H., Zeng S., Luo X., Fang L. [et al.]. Effects of small ridge and furrow mulching degradable film on dry direct seeded rice // Scientific Reports. 2021. <http://doi.org/10.1038/s41598-020-79227-9>.
- Королева С.В., Лазыко, В. Э., Козлова, И. В. [и др.] Применение мульчирующей черной полимерной био-разрушаемой пленки фирмы BASF на овощебахчевых культурах // Рисуководство. 2020. № 1(46). С. 71-77. DOI: 10.33775/1684-2464-2020-46-1-64-70.
- Крючков С.Н., Беляев А.И., Пугачева А.М. [и др.]. Научно-методические указания по сортовому семеноводству деревьев и кустарников для лесомелиорации аридных территорий (научно-методические рекомендации). Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2022. 52 с.
- Кулик К.Н., Манаенков А.С., Кузенко А.Н., Салугин А.Н. К вопросу о состоянии защитного лесоразведения в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1(57). С. 23-33. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-02.
- Кулик К.Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3(118). С. 8-13. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13.
- Кулик К.Н. Защитные лесные насаждения — основа экологического каркаса агротерриторий // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 18-21.
- Мелихов В.В., Кулик К.Н. Защитное лесоразведение как основной элемент комплексных мелиораций и фактор экологической и продовольственной безопасности РФ // Орошаемое земледелие. 2020. № 1. С. 6-7. DOI: 10.35809/2618-8279-2020-1-1.
- He G., Wang, Z., Hui X., Tingmiao, H. [et al.]. Black film mulching can replace transparent film mulching in crop production // Field Crops Research. 2021. <http://doi.org/10.1093/nr/nwaa146>.
- Ми-У. W., Гон С. W., Шао W. P., Дун Z. H. Effects of plastic film mulching on soil quality, growth of Angelica sinensis, and weed occurrence in cold and humid areas // The journal of applied ecology. № 32: 2021. 3152-3158. <http://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202109.026>.
- Носова А.О., Успенская М.В. Микропластик в почве: воздействие на экосистемы, потенциальные источники и аналитические методы исследования (обзор) //





Южно-Сибирский научный вестник. 2022. № 4(44). С. 19-37. DOI: 10.25699/SSSB.2022.44.4.001.

14. Подорожный В.Н. Бешпалерно-кустовая технология хранения сортов ежевики — росыники плетивидной в коллекционных посадках Крымской ОСС филиала ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180, № 2. С. 12-17. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-12-17.

15. Романенко А.К., Солонкин А.В., Соломенцева А.С., Егоров С.А. Использование гуминовых препаратов для выращивания посадочного материала древесных растений в аридном регионе // Аграрный вестник Урала. 2022. № 6(221). С. 2-15. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-2-15.

16. Сучков Д.К. Видовое разнообразие деревьев и кустарников в защитном лесоразведении аридной зоны // Промышленность и сельское хозяйство. 2020. № 12(29). С. 34-39.

17. Yang B., Feng L., Li X.F., Yang, G., [et al.]. Effects of plastic film mulching on the spatiotemporal distribution of soil water, temperature, and photosynthetic active radiation in a cotton field // Peer J. 2022. <http://doi.org/10.7717/peerj.13894>.

18. Yan C., He W., Liu E., Lin T., [et al.]. Concept and estimation of crop safety period of plastic film mulching. Nongye Gongcheng Xuebao // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, № 31. 2015. pp. 1-9. <http://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2015.09.001>.

19. Morra L., Bilotto M., Mignoli E., Sicignano M., [et al.]. New Mater-Bi, Biodegradable Mulching Film for Strawberry (*Fragaria × Ananassa* Duch.): Effects on Film Duration, Crop Yields, Qualitative, and Nutraceutical Traits of Fruits // Plants. № 11. 2022. pp. 1726. <http://doi.org/10.3390/plants11131726>.

20. Ding Ya., Zhang Z., Li L., Zeng F. Effects of film mulching and irrigation on biomass of leaves, roots and tubers and soil nutrient characteristics of *Cyperus esculentus* L. 2022. <http://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2312169/v1>.

21. Hu Z., Xiao M.L., Ding J.N., Ji J.H., [et al.]. Response characteristics of soil microbial community under long-term film mulching. Huan jing ke xue= huanjing kexue. 2022. <http://doi.org/10.13227/j.hjkk.202201237>.

22. Xiao L., Wei X., Chunying W., Zhao R. Plastic film mulching significantly boosts crop production and water use efficiency but not evapotranspiration in China // Agricultural Water Management. 2023. pp. 275: 108023. <http://doi.org/10.1093/nsw/nwaa146>.

23. Чернявский Ю.В. Перспективы защитного лесоразведения на территории России в контексте агролесомелиоративной науки и практики // Мелиорация. 2021. № 2(96). С. 69-74.

24. Zhou X., Li C., Qiang X., Guo D. Effects of liquid film mulching on dry matter accumulation and water use efficiency of maize with sprinkler irrigation // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2010. <http://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2010.11.008>.

25. Zihan L., Li Z., Huang F., Wang B., [et al.]. Plastic film mulching and biochar amendment enhance maize yield and nitrogen fertilizer use efficiency by reducing gaseous nitrogen losses // Field Crops Research. № 289. 2022. pp. 108714. <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108714>.

References

1. Adamova R.M., Kaziev M.-R. A. (2022). *Biologicheskie resursy drevnesno-kustarnikovo-rastitel'nosti i ego znachenie dlya zashchitnogo lesorazvedeniya* [Biological resources of tree and shrub vegetation and its importance for protective afforestation]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 59-4, pp. 250-262. DOI: 10.54258/20701047_2022_59_4_250.

2. Gur'eva E.I., Kruglyak V.V. (2018). *To the issue of renovation of green spaces of sanatorium parks*. *Nauka. Mysl': elektronnyy periodicheskiy zhurnal*, vol. 8, no. 1. pp. 12-28. DOI: 10.25726/NM.2018.1.1.002.

3. Zaitsev N.I., Revenko V.Yu., Agafonov O.M. (2019). *Povyshenie produktivnosti soi i zimoy pshenicy putem uluchsheniya vlagooobespechennosti posevov* [Increasing the productivity of soybeans and winter wheat by improving the moisture supply of crops]. *Maslichnye kul'tury*, no. 4 (180), pp. 80-88. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-4-180-80-88.

4. Li H., Zeng S., Luo X., Fang L. [et al.]. (2021). *Effects of small ridge and furrow mulching degradable film on dry direct seeded rice*. *Scientific Reports*, <http://doi.org/10.1038/s41598-020-79227-9>.

5. Koroleva S.V., Lazko, V. E., Kozlova, I. V. [et al.]. (2020). *Primenenie mul'chiruyushchej chernoj polimernoj biorazrushaemoy plenki firmy BASF na ovoshchebahchevyyh kul'turakh* [The use of a mulching black polymer biodegradable film from BASF on vegetable crops]. *Risovodstvo*, no. 1(46), pp. 71-77. DOI: 10.33775/1684-2464-2020-46-1-64-70.

6. Kryuchkov S.N., Belyaev A.I., Pugacheva A.M. [et al.]. (2022). *Nauchno-metodicheskie ukazaniya po sortovomu semenovodstvu derev'ev i kustarnikov dlya lesomeliioracii aridnykh territorij (nauchno-metodicheskie rekomendacii)*. [Scientific and methodological guidelines on varietal seed production of trees and shrubs for forest reclamation of arid territories (scientific and methodological recommendations)]. Volgograd: Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 52 p.

7. Kulik K.N., Manaenkov A.S., Kuzenko A.N., Salugin A.N. (2020). *K voprosu o sostoyanii zashchitnogo lesorazvedeniya v Volgogradskoj oblasti* [On the issue of the state of protective afforestation in the Volgograd region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, no. 1(57), pp. 23-33. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-02.

8. Kulik K.N. (2022). *Sovremennoe sostoyanie zashchitnykh lesonasazhdenij v Rossijskoj Federacii i ih rol' v smyagchenii posledstvij zasuh i opustynivaniya zemel'* [The current state of protective forest plantations in the Russian Federation and their role in mitigating the effects of droughts and land desertification]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*, no. 3(118), pp. 8-13. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13.

9. Kulik K.N. (2018). *Lesnye nasazhdeniya — osnova ekologicheskogo karkasa agroteritorij* [Protective forest plantations are the basis of the ecological framework of agroteritories]. *Vestnik Rossijskoj sel'skhozajstvennoj nauki*, no. 1, pp. 18-21.

10. Melikhov V.V., Kulik K.N. (2020). *Zashchitnoe lesorazvedenie kak osnovnoj element kompleksnykh melioracij i faktor ekologicheskoi i proizvodstvennoj bezopasnosti RF* [Protective afforestation as the main element of complex land reclamation and a factor of ecological and food security of the Russian Federation]. *Oroschaemoe zemledelie*, no. 1, pp. 6-7. DOI: 10.35809/2618-8279-2020-1-1.

11. He G., Wang, Z., Hui X., Tingmiao, H. [et al.]. (2021). *Black film mulching can replace transparent film mulching in crop production*. *Field Crops Research*, <http://doi.org/10.1093/nsw/nwaa146>.

12. Mi Y.W., Gon C.W., Shao W.P., Dun Z.H. (2021). *Effects of plastic film mulching on soil quality, growth of *Angelica sinensis*, and weed occurrence in cold and humid areas*. *The Journal of applied ecology*. № 32: 3152-3158, <http://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202109.026>.

13. Nosova A.O., Uspenskaya M.V. (2022). *Mikroplastik v pochve: vozdejstvie na ekosistemy, potencialnye istochniki i*

analiticheskie metody issledovaniya (obzor) [(Microplastics in soil: impact on ecosystems, potential sources and analytical research methods (review)]. *Yuzhno-Sibirskij nauchnyy vestnik*, no. 4(44), pp. 19-37. DOI: 10.25699/SSSB.2022.44.4.001.

14. Podorozhny V.N. (2019). *Beshpaler-no-bush technology of storage of blackberry varieties — rosyani pletevidnaya in collection plantings of the Crimean OSS branch of VIR*. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*, vol. 180, no. 2, pp. 12-17. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-12-17.

15. Romanenko A.K., Solonkin A.V., Solomentseva A.S., Egorov S.A. (2022). *Ispol'zovanie guminovykh preparatov dlya vyrashchivaniya posadochnogo materiala drevnykh rastenij v aridnom regione* [The use of humic preparations for the cultivation of planting material of woody plants in the arid region]. *Agrarny vestnik Urala*, no. 6(221), pp. 2-15. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-2-15.

16. Suchkov D.K. (2020). *Vidovoe raznoobrazie derev'ev i kustarnikov v zashchitnom lesorazvedenii aridnoj zony* [Species diversity of trees and shrubs in the protective afforestation of the arid zone]. *Promyshlennost' i sel'skoe hozyajstvo*, no. 12 (29), pp. 34-39.

17. Yang B., Feng L., Li X.F., Yang, G., [et al.]. (2022). *Effects of plastic film mulching on the spatiotemporal distribution of soil water, temperature, and photosynthetic active radiation in a cotton field*. *Peer J*, <http://doi.org/10.7717/peerj.13894>.

18. Yan C., He W., Liu E., Lin T., [et al.]. (2015). *Concept and estimation of crop safety period of plastic film mulching*. *Nongye Gongcheng Xuebao*. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, no. 31, pp. 1-9, <http://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2015.09.001>.

19. Morra L., Bilotto M., Mignoli E., Sicignano M., [et al.]. (2022). *New Mater-Bi, Biodegradable Mulching Film for Strawberry (*Fragaria × Ananassa* Duch.): Effects on Film Duration, Crop Yields, Qualitative, and Nutraceutical Traits of Fruits*. *Plant*, no. 11, pp. 1726, <http://doi.org/10.3390/plants11131726>.

20. Ding Ya., Zhang Z., Li L., Zeng F. (2022). *Effects of film mulching and irrigation on biomass of leaves, roots and tubers and soil nutrient characteristics of *Cyperus esculentus* L*. <http://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2312169/v1>.

21. Hu Z., Xiao M.L., Ding J.N., Ji J.H., [et al.]. (2022). *Response characteristics of soil microbial community under long-term film mulching*. *Huan jing ke xue= huanjing kexue*. <http://doi.org/10.13227/j.hjkk.202201237>.

22. Xiao L., Wei X., Chunying W., Zhao R. (2023). *Plastic film mulching significantly boosts crop production and water use efficiency but not evapotranspiration in China*. *Agricultural Water Management*, pp. 275: 108023, <http://doi.org/10.1093/nsw/nwaa146>.

23. Chernyavsky Yu.V. (2021). *Perspektivy zashchitnogo lesorazvedeniya na territorii Rossii v kontekste agrolesomeliiorativnoj nauki i praktiki* [Prospects of protective afforestation in Russia in the context of agroforestry science and practice]. *Meliioraciya*, no. 2(96), pp. 69-74.

24. Zhou X., Li C., Qiang X., Guo D. (2010). *Effects of liquid film mulching on dry matter accumulation and water use efficiency of maize with sprinkler irrigation*. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. <http://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2010.11.008>.

25. Zihan L., Li Z., Huang F., Wang B., [et al.]. (2022). *Plastic film mulching and biochar amendment enhance maize yield and nitrogen fertilizer use efficiency by reducing gaseous nitrogen losses*. *Field Crops Research*, № 289, pp. 108714. <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108714>.

Информация об авторах:

Крючков Сергей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8338-6460>, kryuchkov@vfanc.ru

Солонкин Андрей Валерьевич, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1576-7824>, mishamax73@mail.ru

Соломенцева Александра Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5857-1004>, alexis2425@mail.ru

Егоров Сергей Анатольевич, аспирант, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8234-7355>, egorov-sa@vfanc.ru

Information about the authors:

Sergei N. Kryuchkov, doctor of agricultural sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8338-6460>, kryuchkov@vfanc.ru

Andrei V. Solonkin, doctor of agricultural sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1576-7824>, mishamax73@mail.ru

Aleksandra S. Solomentseva, candidate of agricultural sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5857-1004>, alexis2425@mail.ru

Sergei A. Egorov, postgraduate student, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8234-7355>, egorov-sa@vfanc.ru



Научная статья

УДК 631.82:631.445.25:633.34:633.35

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_553

ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ, НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

С.Г. Муралев^{1,2}, Е.Н. Володина¹, Я.Г. Белкин^{2,1}

¹Нижегородский государственный агротехнологический университет, Нижний Новгород, Россия

²Волски Биохим, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по оценке влияния линейки жидких комплексных минеральных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы, выпускаемых научно-производственной компанией ООО «Волски Биохим», на урожайность гороха посевного сорта Джепкот и сои сорта СК Артика. Эксперименты были проведены в 2022 и 2023 гг. в полевых условиях на опытном поле Нижегородского ГАТУ, учёты и наблюдения выполнены по общепринятой методике закладки и проведения полевых опытов. Установлено, что в условиях лесостепной зоны Нижегородской области на светло-серой лесной почве наибольшая урожайность гороха получена при предпосевной обработке семян удобрением Экомак и листовой подкормке удобрением Диформа Бор-Молибден — 4,44 т/га. Прибавка урожая зерна гороха по отношению к контролю составила 0,15 т/га и достигнута за счёт большего количества растений на 1 м², бобов на одном растении и озёрности боба. Наиболее эффективным сочетанием удобрений, которое способствовало достоверному увеличению урожайности зерна сои на 27,9% (+0,34 т/га к контролю), является Экомак, используемый для обработки семян, и Диформа Бор-Молибден, применяемая в виде листовых обработок в фазу 3-5 тройчатых листьев и бутонизации цветения, что оказало положительное влияние на большинство элементов структуры урожая.

Ключевые слова: горох, соя, урожайность, элементы структуры урожая, листовая подкормка, микроудобрения, Микромак, Экомак, Микроэл, Моноформы

Original article

INFLUENCE OF LIQUID COMPLEX MINERAL FERTILIZERS CONTAINING MACRO- AND MICROELEMENTS, ON CROP STRUCTURE AND YIELD LEGUMINOUS CROPS

S.G. Muralev^{1,2}, E.N. Volodina¹, Y.G. Belkin^{2,1}

¹Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia

²Volsky Biochem LLC., Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article presents the results of research to assess the impact of a line of liquid complex mineral fertilizers containing macro- and microelements, produced by the research and production company «Volsky Biochem» LLC., on the yield of pea sowing variety Jackpot and soybean variety SK Artika. The experiments were conducted in 2022 and 2023, in the field conditions at the experimental field of Nizhny Novgorod State Technical University. Records and observations were carried out according to the generally accepted methodology of laying and conducting field experiments. It was found that in the conditions of forest-steppe zone of Nizhny Novgorod region on alfisol (light grey forest) soil the highest pea yield was obtained with pre-sowing seed treatment with Ecomak and Diform Cobalt-Selenium and leaf treatments with Diform Bor-Molybdenum and Diform Cobalt-Selenium fertilisers — 4.44-4.41 t/ha. The increase in pea grain yield to the control was 0.15-0.12 t/ha and was achieved due to a greater number of beans on 1 plant, a higher number of plants per 1 m² and a greater number of grains in the bean. The most effective combination of fertilizers, which contributed to a reliable increase in soybean grain yield by 27.9% (+0.34 t/ha to control), is Ecomak used for semi-dry seed treatment and Diform Boron-Molybdenum in the form of leaf treatments in the phase of 3-5 triple leaves and budding-flowering. Application of this scheme had a positive effect on most elements of yield structure.

Keywords: pea, soya, yield, yield structure elements, leaf dressing, micro fertilizers, Micromak, Ecomak, Microel, Monoforms

Введение. К группе зернобобовых относят 10 видов культур, что обуславливает их широкое распространение по всей территории РФ. При этом главным ограничивающим фактором для возделывания тех или иных видов являются почвенно-климатические условия, а также внутренняя потребности страны и мирового рынка.

В общем объеме зернобобовых культур, возделываемых в РФ, лидирующее место (более 70%) длительное время занимал горох, основные площади которого сосредоточены в Центральном, Сибирском и Приволжском федеральных округах [1]. Однако, согласно данным сайта Федеральной службы государственной статистики, в Российской Федерации в 2022 году общая посевная площадь, занятая под посевами гороха, составила 1621,7 тыс. га, тогда как под посевами сои было занято 3506,5 тыс. га [2].

Соя это культура, которую относят как к бобовым, так и к масличным культурам [3, 4, 5]. Активное наращивание производства сои в России в последнее десятилетие обусловлено тем, что культура отличается высоким содержанием рас-

тительного протеина и девятью незаменимыми аминокислотами. Основными районами-лидерами по возделыванию сои значительное время был Дальний Восток, а также юг страны, так как природно-климатические условия идеально подходят для получения соевых бобов с оптимальными показателями протеина и масличности [6].

Недостаток объема производства растительного белка для удовлетворения внутренних потребностей рынка, а также появление новых сортов, адаптированных под различные природно-климатические условия, позволили расширить ареал возделывания сои, посевные площади которой активно увеличиваются как в Центральном, так и Приволжском федеральном округе [7, 8].

В Нижегородской области среди зернобобовых культур главную роль играет посевной горох, площадь которого составляет 29,7 тыс. га. Соя в структуре посевов занимает незначительную долю: согласно данным Росстата, в 2022 году соя возделывалась на площади 1,5 тыс. га, при этом в 2021 году культура занимала всего около 200 га.

Отличительной особенностью зернобобовых культур является и то, что они имеют высокое агротехническое преимущество перед другими культурами, так как обогащают почву органическим веществом, оптимизируют ее азотный режим, являются отличными предшественниками в севообороте [9].

Основной задачей отрасли растениеводства является реализация урожайного потенциала сорта через качество посевного материала и агротехнические приемы, к которым в первую очередь относят удобрения. Поэтому технология возделывания зернобобовых культур должна обязательно предусматривать сбалансированное питание растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами, так как большинство физиологических процессов, протекающих в растении, координируются микроэлементами [10].

Цель исследований — изучение влияния способов внесения жидких комплексных минеральных удобрений, содержащих разное количество макро- и микроэлементов, на урожайность гороха и сои в условиях лесостепной зоны



Нижегородской области. В задачи исследований входили: 1) оценка влияния удобрений на структуру урожая зернобобовых культур; 2) учет урожайности зерна.

Методика исследования. Полевые опыты по изучению влияния жидких комплексных минеральных удобрений на зернобобовые культуры заложены в 2022 и 2023 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО Нижегородский ГАУ. Опыты заложены в 4-кратной повторности по единой для обеих культур схеме, приведенной в таблице 1. Общая площадь делянки 50 м², уборочная — 35 м².

Объекты исследований: горох посевной сорта Джепот (Опыт № 1) и соя СК Артика (опыт № 2). Почва опытного участка — светло-серая лесная легкосуглинистая, сформированная на лессовидных суглинках, с очень низким содержанием гумуса (1,3-1,5%), кислой реакцией среды (4,5-4,6 ед. pH), повышенным содержанием подвижных форм фосфора (129-140 мг/кг) и низким содержанием калия (83-88 мг/кг), степень насыщенности основаниями чуть более 70%. Погодные условия вегетационных периодов исследований были неустойчивы, но в целом соответствовали среднепогодным данным. Предшественник зернобобовых культур — озимая пшеница. Весной было проведено боронование, под культивацию перед посевом были внесены минеральные удобрения (диаммофоска): под горох в дозе 120 кг/га физической массы (N₁₂P₃₁K₃₁), под сою — 100 кг/га (N₁₀P₂₆K₂₆).

Сев гороха проведен в первой декаде мая, норма высева — 1,1 млн. шт./га; сои — в начале второй декады мая, норма высева — 1,4 млн. шт./га. Для посева использовалась сеялка СН-16. Уборку проводили в фазу полной спелости зерна поделочно комбайном SAMPO-500 при благоприятных погодных условиях: горох — в середине августа, сои на месяц позднее.

Для исследования использовали жидкие комплексные минеральные удобрения производства ООО «Волски Биохим» (г. Нижний Новгород). Предприятие специализируется на разработке составов удобрений которые применяются как для обработки семян при посеве, так и для листовых подкормок. В опыте изучали следующие препараты:

1. Микромак (далее — MM) содержит: азот не менее 44 г/л, фосфор не менее 4,27 г/л, калий 34 г/л (в пересчете на K₂O), серу, магний и 12 микроэлементов: Cu, Zn, B, Mn, Fe, Co, Mo, Se, Cr, Li, Ni, V.
2. Экомак (далее — ЭМ) содержит: азот 30 г/л, фосфор 7,6 г/л, калий 22,1 г/л (в пересчете на K₂O), серу, магний и 7 микроэлементов: Cu, Zn, B, Mn, Fe, Co, Mo.

3. Микроэл (далее — МЭ) содержит: азот 4 г/л, калий 0,3 г/л (в пересчете на K₂O), серу, магний и 11 микроэлементов: Cu, Zn, B, Mn, Fe, Co, Mo, Se, Cr, Li, Ni.

4. Страда Р (далее — С-Р) содержит: азот 65 г/л, фосфор 258 г/л, калий 65 г/л (в пересчете на K₂O), магний, серу и 8 микроэлементов: Cu, Zn, B, Mn, Fe, Co, Mo, Se.

5. Диформа Кобальт-Селен (далее — Co-Se). Препарат содержит макроэлементы: азот, фосфор и серу, количество которых составляет 10, 13 и 70 г/л соответственно, микроэлементы: Se — 1 г/л, Co — 50 г/л.

6. Диформа Кремний-Калий (далее — Si-K). В составе препарата присутствует азот, массовая доля которого составляет 2,3 г/л, калий — 160 г/л, кремний — 340 г/л (в пересчете на SiO₂).

7. Диформа Бор-Молибден (далее — B-Mo). Препарат содержит максимальную массовую долю молибдена из всех выше названных удобрений — 40 г/л, в состав входят также бор — 100 г/л, азот — 70 г/л.

Изучали два способа применения удобрений: обработка семян и двукратная листовая подкормка. Обработку семенного материала проводили непосредственно перед посевом полусухим способом. Листовую подкормку гороха проводили в фазу 7-8 настоящих листьев и в фазу бутонизации — начала цветения; сои — в фазу 3-5 тройчатых листьев и в фазу бутонизации — начала цветения.

Анализ структуры урожая выполнен по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, математическая обработка результатов исследований — в соответствии с методикой полевого опыта с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2010 [11, 12].

Результаты исследований. Минеральное питание — один из ключевых факторов, который в первую очередь влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Для увеличения производства сельскохозяйственной продукции, наряду с основными макроэлементами, важны и микроэлементы, поэтому все большую актуальность приобретают комплексные удобрения, особенно с учетом факта низкой обеспеченности светло-серой лесной почвы подвижными соединениями бора, цинка и молибдена на дату закладки опытов (табл. 2).

Кроме того, с учетом факторов риска, таких как кислая реакция среды и легкосуглинистый гранулометрический состав почвы, при возделывании зернобобовых культур и их высокой потребности в микроэлементах весьма высока вероятность дефицита элементов со средней

степенью обеспеченности (медь, кобальт, марганец). Следовательно, в данных почвенных условиях весьма эффективными и целесообразными приемами являются обработка семян и применение листовых подкормок жидкими комплексными минеральными удобрениями, в составе которых присутствуют макро- и микроэлементы.

При оценке продуктивности посевов важным показателем является структура урожая, изучение которой позволяет выявить закономерности его формирования. К основным элементам структуры урожая, позволяющим оценить уровень развития агрофитоценоза зернобобовых культур, относят густоту растений к уборке, количество бобов с одного растения, количество семян в бобе и массу 1000 семян.

В результате наших исследований установлено (рис. 1), что густота стояния растений гороха к уборке варьировала от 88 до 102 шт./м², растений сои — от 91 до 103 шт./м², при этом явно выраженного влияния одного и того же сочетания удобрений на зернобобовые культуры не выявлено. Максимальная сохранность растений сои к уборке была отмечена при использовании комплекса препаратов Микромак и Микроэл (+4% по отношению к контролю), на горохе — в варианте с удобрением Диформа Кобальт-Селен (+6,3%).

Самые низкие растения гороха выявлены в контрольном варианте — 71,6 см (рис. 2), в вариантах с обработкой семян и применением листовой подкормки выявлена только тенденция к увеличению высоты на 3,6-9,9%, так как наблюдаемые изменения находились в пределах ошибки опыта.

Более высокорослыми растения сои были в варианте с применением обработки семян препаратом Экомак и использованием листовой подкормки удобрением Диформа Бор-Молибден (вариант 3), где прирост высоты габитуса составил 17,4%. Во всех остальных вариантах изменения были незначительны.

Следует отметить, что бобов на растениях сои формируется в 1,6-2,0 раза больше по сравнению с горохом (табл. 3, 4). В первую очередь, число бобов и семян в одном бобе зависит от биологических особенностей культур, но немаловажную роль при этом играет обеспеченность растений элементами питания. Установлено, что максимальное количество бобов гороха — 9,3-9,5 шт. на одно растение — получено в вариантах, когда семена перед посевом обрабатывали удобрениями Диформа Бор-Молибден, Страда Р и Диформа Кремний-Калий, а также проводили листовую подкормку удобрениями Диформа Бор-Молибден, Страда Р и Диформа Кремний-Калий. С учетом густоты стояния растений количество бобов, собираемых с 1 м², в этих вариантах достигало 865-930 шт.

Таблица 1. Условное обозначение и содержание вариантов в опытах
Table 1. Symbols and content of variants in the experiments

Условное обозначение	Содержание варианта
1. Контроль	Фон НРК
2. MM + МЭ*	Фон НРК + обработка семян Микромак 2 л/т + 2 листовые обработки Микроэл в дозе по 0,4 л/га
3. ЭМ + B-Mo*	Фон НРК + обработка семян Экомак 0,5 л/т + 2 листовые обработки Диформа Бор-Молибден в дозе по 1 л/га
4. С-Р + С-Р*	Фон НРК + обработка семян Страда Р 1 л/т + 2 листовые обработки Страда Р в дозе по 3 л/га
5. Co-Se + Co-Se*	Фон НРК + обработка семян Диформа Кобальт-Селен 0,5 л/т + 2 листовые обработки Диформа Кобальт-Селен в дозе по 1 л/га
6. Si-K + Si-K*	Фон НРК + обработка семян Диформа Кремний-Калий 0,5 л/т + 2 листовые обработки Диформа Кремний-Калий в дозе по 0,5 л/га

Примечание: * — двукратная листовая подкормка растений удобрениями

Таблица 2. Обеспеченность почвы опытного участка микроэлементами, интервал данных за 2022-2023 гг.
Table 2. Soil availability of trace elements in the experimental plot, data interval for 2022-2023

Микро-элементы	Содержание в почве, мг/кг	Обеспеченность микроэлементами		Нормативный документ
		степень	градация	
Бор	0,1-0,29	низкая	< 0,33	ГОСТ Р 50688-94
Медь	3,1-3,2	средняя	1,6-3,3	ГОСТ Р 50684-94
Цинк	0,3-0,6	низкая	< 2,0	ГОСТ Р 50686-94
Кобальт	1,5-1,8	среднее	1,1-2,2	ГОСТ Р 50687-94
Марганец	61-63	среднее	31-70	ГОСТ Р 50682-94
Молибден	0,03-0,19	низкое среднее	< 0,11 0,11-0,22	ГОСТ Р 50689-94

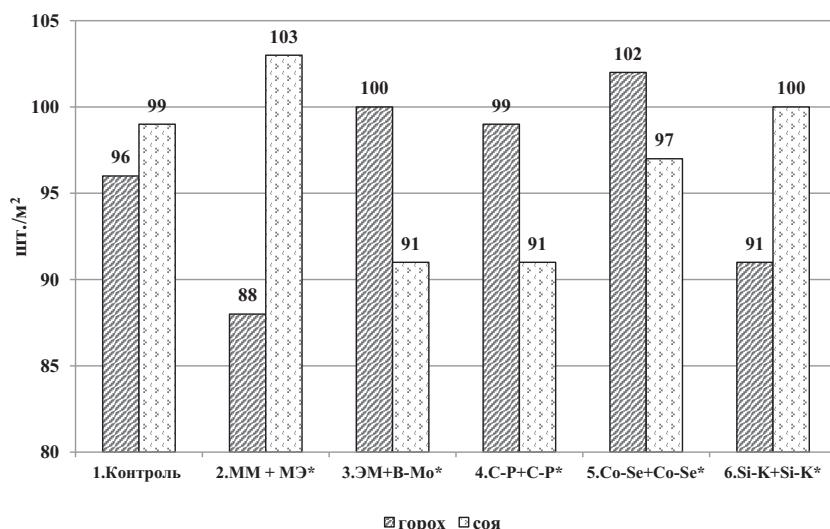


Рисунок 1. Влияние жидких комплексных минеральных удобрений на густоту посева к уборке, шт./м² ($HCP_{05 \text{ горох}} = 7,7$; $HCP_{05 \text{ соя}} = 7,8$)
Figure 1. Effect of liquid complex mineral fertilizers on sowing density by harvesting, units/m² ($LSD_{05 \text{ peas}} = 7,7$; $LSD_{05 \text{ soy}} = 7,8$)

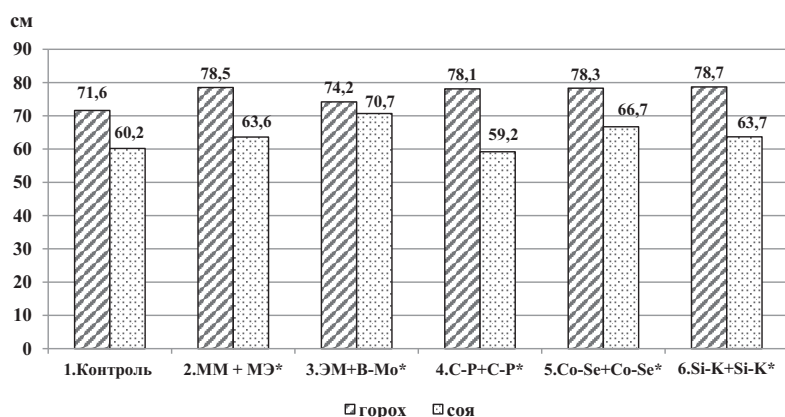


Рисунок 2. Влияние жидких комплексных минеральных удобрений на высоту растений, см ($HCP_{05 \text{ горох}} = 4,8$; $HCP_{05 \text{ соя}} = 3,6$)
Figure 2. Effect of liquid complex mineral fertilizers on plant height, cm ($LSD_{05 \text{ peas}} = 4,8$; $LSD_{05 \text{ soy}} = 3,6$)

Наименее показательными для гороха оказались варианты с использованием удобрения Диформа Кобальт-Селен и Микромак-Микроэл. В этих вариантах отмечается только тенденция к увеличению числа бобов на одном растении (7,9-13,2%).

Использование изучаемой линейки жидких комплексных удобрений на сое позволило дополнительно получить от 5,1 до 7,7 шт. бобов на 1 растение или от 1547 до 1950 бобов с 1 м².

Установлено, что при возделывании сои без обработки семян и листовых подкормок в среднем на одном растении формируется 11,9 бобов, тогда как при применении препаратов, содержащих макро- и микроэлементы в своем составе, их число существенно увеличивается (в 1,4-1,6 раза). Тенденция заметного влияния на формирование дополнительных бобов сои отмечена в вариантах с применением удобрений Страда Р и Диформа Кремний-Калий при

использовании их для обработки семян, листовой подкормки в фазу 3-5 тройчатых листьев и в фазу бутонизации-цветения, однако достоверных различий между изучаемыми препаратами не отмечено.

Одним из важнейших элементов структуры урожая является количество семян (зёрен) в бобе, так как этот показатель имеет наибольшее влияние на семенную продуктивность.

Обработка семян и посевов препаратами Экомак и Диформа Бор-Молибден, Страда Р и Диформа Кобальт-Селен математически доказуемо увеличили озёрненность бобов сои на 5,9-8,1% (варианты 3, 4 и 5), тогда как для гороха достоверное увеличение на 5,6% числа зерен в бобе выявлено только на варианте с удобрением Диформа Кремний-Калий. В остальных вариантах озёрненность боба была на уровне значений контрольного варианта и даже ниже.

Еще одним показателем структуры урожая является масса 1000 семян, характеризующая семенную и продовольственную значимость сорта, и является сортовой спецификой в сочетании с условиями среды [13].

Исследованиями 2022-2023 гг. установлено, что в опыте с горохом масса 1000 семян варьирует от 233,3 до 241,7 г, что вполне соответствует величине, заявленной в характеристике сорта гороха Джепот (210-245 г).

Самые выполненные семена гороха были получены в варианте с обработкой семян удобрением Микромак и двумя листовыми подкормками удобрением Микроэл — 241,7 г, а также на контрольном варианте, где было сформировано наименьшее количество зёрен в бобе (241,3 г). Во всех остальных вариантах показатель крупности зерна гороха на 1,8-1,9% был ниже контрольного значения, но статистически доказуемое уменьшение массы 1000 семян установлено только при использовании удобрения Диформа Кремний-Калий, где отмечается максимальное число семян в бобе.

Достоверный положительный эффект на формирование более крупных и выполненных семян сои оказали все изучаемые жидкие комплексные минеральные удобрения, что позволило увеличить массу 1000 семян на 5,0-11,2%. При этом максимальная эффективность установлена от сочетания препаратов Микромак и Микроэл — 133,5 г (+13,4 г). Однако, несмотря на положительное влияние линейки изучаемых удобрений, масса 1000 семян сои в опыте на 6,0-11,2% ниже заявленных значений сорта СК Артика (142 г), но в сравнении с контролем (15,4%), отклонение от сортовой величины здесь значительно ниже.

Таблица 3. Влияние жидких комплексных минеральных удобрений на структуру урожая гороха, опыт № 1, среднее значение за 2022-2023 гг.
Table 3. Effect of liquid complex mineral fertilizers on pea yield structure, experiment 1, average for 2022-2023

Вариант опыта	Количество бобов				Количество семян в 1 бобе, шт.		Масса 1000 семян, г	
	шт./м²		на 1 растение, шт.		шт.		г	
	среднее	± к вар.1	среднее	± к вар.1	среднее	± к вар.1	среднее	± к вар.1
1.Контроль	730	-	7,6	-	4,82	-	241,3	-
2.MM+МЭ	757	+27	8,6	+1,0	4,95	+0,13	241,7	+0,4
3.ЭМ+В-Мо	930	+200	9,3	+1,7	4,73	-0,09	236,9	-4,4
4.С-Р+С-Р	921	+191	9,3	+1,7	4,81	-0,01	236,7	-4,6
5.Со-Се+Со-Се	836	+106	8,2	+0,6	4,95	+0,13	236,7	-4,6
6.Si-K+Si-K	865	+135	9,5	+1,9	5,09	+0,27	233,3	-8,0
HCP_{05}	137		1,2		0,21		5,4	

Таблица 4. Влияние жидких комплексных минеральных удобрений на структуру урожая сои, опыт № 2, среднее значение за 2022-2023 гг.
Table 4. Effect of liquid complex mineral fertilizers on soybean yield structure, experiment 2, average for 2022-2023

Вариант опыта	Количество бобов				Количество семян в 1 бобе, шт.		Масса 1000 семян, г	
	шт./м²		на 1 растение, шт.		шт.		г	
	среднее	± к вар.1	среднее	± к вар.1	среднее	± к вар.1	среднее	± к вар.1
1.Контроль	1178	-	11,9	-	1,85	-	120,1	-
2.MM+МЭ	1844	+666	17,9	+6,0	1,84	-0,01	133,5	+13,4
3.ЭМ+В-Мо	1547	+369	17,0	+5,1	1,99	+0,14	131,0	+10,9
4.С-Р+С-Р	1784	+606	19,6	+7,7	1,96	+0,11	129,4	+9,3
5.Со-Се+Со-Се	1785	+607	18,4	+6,5	2,00	+0,15	128,7	+8,6
6.Si-K+Si-K	1950	+772	19,5	+7,6	1,80	-0,05	126,1	+6,0
HCP_{05}	419		2,8		0,11		4,8	





Таблица 5. Влияние жидких комплексных минеральных удобрений на урожайность гороха и сои, в среднем за 2022-2023 гг.
Table 5. Effect of liquid complex mineral fertilisers on pea and soybean yields, averaged over 2022-2023

Вариант опыта	Урожайность, т/га					
	Горох, опыт №1			Соя, опыт №2		
	в среднем по варианту	± к контролю		в среднем по варианту	± к контролю	
	т/га	%		т/га	%	
1. Контроль	4,29	-	-	1,22	-	-
2. MM + МЭ	4,40	0,11	2,6	1,37	0,15	12,3
3. 3М+В-Мо	4,44	0,15	3,5	1,56	0,34	27,9
4. С-Р+С-Р	4,40	0,11	2,6	1,31	0,08	6,6
5. Со-Се + Со-Се	4,35	0,06	1,4	1,31	0,09	7,4
6. Si-K+Si-K	4,41	0,12	2,8	1,27	0,05	4,1
НСР ₀₅	-	0,13	-	-	0,18	-

Любой агроприём оценивают, как правило, через урожайность сельскохозяйственной культуры (табл. 5). Исследования 2022-2023 гг. показали, что урожайность зерна сои в опыте в 2,8-3,5 раза ниже урожайности гороха, и значительно ниже урожайности сорта сои (3,18 т/га), полученного на Большеболдинском ГСУ Нижегородской области в 2021 году [14].

Использование линейки жидких комплексных минеральных удобрений оказывает положительное влияние на урожайность семян сои, а прибавка по отношению к контролю варьировала от 50 до 340 кг/га. При этом достоверное увеличение урожайности сои выявлено только при использовании удобрений Экомак и Диформа Бор-Молибден (27,9%), на остальных вариантах отмечается только лишь тенденция к росту урожайности зерна.

В опыте с горохом аналогичное сочетание удобрений (вариант 3) также позволило дополнительно получить 150 кг/га зерна. Кроме того, выявлена тенденция увеличения урожайности гороха в вариантах, где применяли сочетание удобрений Микромак и Микроэл, Страда Р, Диформа Кремний-Калий для обработки семян и листовых подкормок (увеличение на 2,6-2,8% к контролю).

Выводы.

1. В условиях лесостепной зоны Нижегородской области на светло-серых лесных почвах из всей изучаемой линейки жидких комплексных минеральных удобрений наиболее эффективным для зернобобовых культур оказалось сочетание обработки семян удобрением Экомак

и листовые подкормки удобрением Диформа Бор-Молибден, где прибавка урожайности семян гороха составила 0,15 т/га, а сои — 0,34 т/га.

2. Все испытываемые удобрения оказали влияние на элементы структуры урожая гороха. Одновременное достоверное увеличение количества бобов (на 25%) и их зернёности (на 5,6%) при минимальном снижении массы 1000 зерен (на 8%) в сравнении с контролем установлено только на варианте с использованием Диформы Кремний-Калий. Достоверный положительный эффект на формирование дополнительного количества бобов сои (42,9-64,7%) и увеличение массы 1000 семян (5,0-11,2%) оказали все изучаемые жидкие комплексные минеральные удобрения. Наибольший достоверный прирост числа зерен в бобе (7,6-8,1%) установлен при использовании сочетания препаратов Экомак, Диформа Бор-Молибден и Диформа Кобальт-Селен.

Список источников

1. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Сидоренко В.С. Зернобобовые культуры в экономике России // Земледелие. 2014. № 4. С. 6-8.
2. Posev_2022.xlsx. Яндекс Документы. URL: <http://clck.ru/38MCdH>.
3. Тарчоков Х.Ш., Тутукова Д.А. Соя различных групп спелости в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии // Аграрная Россия. 2020. № 6. С. 27-32.
4. Толоконников В.В., Кошкарлова Т.С. Новый сорт сои Волгоградка 2 // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2021. Т. 11, № 1. С. 14-23. DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-14-23.
5. Aditya Pratap, S.K. Gupta, Jitendra Kumar, R.K. Solanki. Soybean // Technological Innovations in Major World Oil Crops, Volume 1. P.293-321. DOI: 10.1007/978-1-4614-0356-2_12.
6. Козлова Е.И., Новак М.А., Яндю В.В. Региональные аспекты развития рынка сои на современном этапе // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 1(76). С. 213-220.
7. Неверова А., Жукова О. Селекция сои: сорта высокого полета // Агропрофи. 2021. № 8 (111). С. 18-25. URL: <http://clck.ru/38ZQE5>.
8. Титова В.И., Чудоквасов А.А. Влияние удобрений на продуктивность сои в Нижегородской области // Агрохимия. 2017. № 6. С. 39-44.
9. Москвичев А.Ю., Агапова С.А. Отзывчивость зернобобовых культур на применение бишофита и его аналога в условиях Нижней Волги на светло-каштановых почвах // Орошаемое земледелие. 2021. № 4. С. 28-31.
10. Титова В.И. Агрохимия-2021 ю Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2021. 208 с.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 194 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
13. Анисков Н.И., Сафонова И.В. Сравнительная оценка показателей пластичности, стабильности и гоме-

остатичности сортов озимой ржи селекции ВИР по признаку «масса 1000 зерен» // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181 (3). С. 56-63.

14. ГлавАгроном. Соя СК АРТИКА Режим доступа: <http://clck.ru/38ZFaV>

References

1. Zotikov V.I., Naumkina T.S., Sidorenko V.S. (2014). *Zernobobovyye kul'tury v ekonomike Rossii* [Grain legumes in the Russian economy]. *Zemledelie*, no. 4, pp. 6-8.
2. Posev_2022.xlsx. Yandex Dokumenty URL: <http://clck.ru/38MCdH>
3. Tarchokov K.H.S.H., Tutukova D.A. (2020). *Soya razlichnykh grupp spelosti v usloviyakh predgornoi zony Kabardino-Balkarii* [Soybean of different ripeness groups under conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], no. 6, pp. 27-32.
4. Tolokonnikov V.V., Koskharova T.S. (2021). *Novyy sort soi Volgogradka 2* [New soy variety Volgogradka 2]. *Nauchnyi zhurnal Rossiiskogo NI problem melioratsii* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 11, no. 1. pp. 14-23.
5. Aditya Pratap S.K. Gupta, Jitendra Kumar, R.K. Solanki. Soybean. Technological Innovations in Major World Oil Crops, Volume 1. P.293-321. DOI: 10.1007/978-1-4614-0356-2_12.
6. Kozlova E.I., Novak M.A., Yand'o V.V. (2023). *Regional'nye aspekty razvitiya rynka soi na sovremennom etape* [Regional aspects of soybean market development at the present stage]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Voronezh state agrarian university], vol. 16, no. 1(76), pp. 213-220.
7. Neverova, A., Zhukova, O. (2021). *Seleksiya soi: sorta vysokogo poleta* [Soybean breeding: high-flying varieties]. *Agroprofi*, no. 8(111), pp. 18-25. URL: <http://clck.ru/38ZQE5>.
8. Titova V.I., Chudokvasov A.A. (2017). *Vliyaniye udobrenii na produktivnost' soi v Nizhegorodskoi oblasti* [Effect of fertilizers on soybean productivity in Nizhny Novgorod region]. *Agrokimiya* [Agrochemical], no., pp.9-44.
9. Moskvichev A.YU., Agapova S.A. (2021). *Otzyvchivost' zernobobovykh kul'tur na primeneniye bishofita i ego analoga v usloviyakh Nizhnei Volgi na svetlo-kashtanovykh pochvakh* [Responsiveness of leguminous crops to the application of biophyte and its analogue in kastnozem (light-chestnut) soils in the Nizhny Novgorod region]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 4, pp. 28-31.
10. Titova V.I. (2021). *Agrokimiya-2021* [Agrochemical], Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy press, 208 p.
11. Golovachev V.I., Kirilovskaya E.V. (ed.) (1989). *Methodology for state variety testing of agricultural crops: Cereals, cereals, legumes, corn and fodder crops*, Moscow, 194 p.
12. Dospikhov, B.A. (1985) *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experiments with the basics of statistical processing of research results], Moscow, Agropromizdat, 351 p.
13. Aniskov N.I., Safonova I.V. (2020). *Sravnitel'naya otsenka pokazatelei plastichnosti, stabil'nosti i gomeostatichnosti sortov ozimoi rzi seleksii VIR po priznaku «massa 1000 zeren»* [Comparative evaluation of plasticity, stability and homeostaticity of winter rye varieties of VIR selection for 1000 grain weight trait]. *Tруды по прикладной ботанике, генетике и селекции* [Proceedings on applied botany, Genetics, and breeding], no. 181(3), pp. 56-63.
14. GlavAgnom. Soya SK ARTIKA. URL: <http://clck.ru/38ZFaV>

Информация об авторах:

Муралев Сергей Григорьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры почвоведение и природообустройство, Нижегородский государственный агротехнологический университет, руководитель направления исследований и разработок ООО «Волски Биохим», ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-4291-1362>, muraljov@yandex.ru;

Володина Евгения Николаевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры почвоведение и природообустройство, Нижегородский государственный агротехнологический университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9957-5896>, volod-evgenia@yandex.ru

Белкин Ярослав Григорьевич, специалист по агрономическому сопровождению, ООО «Волски Биохим», магистрант, Нижегородский государственный агротехнологический университет, ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-5993-6972>, y.g.belkin@mail.ru

Information about the authors:

Sergey G. Muraliev, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of soil science and environmental management, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, head of research and development at Volsky Biochem LLC, ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-4291-1362>, muraljov@yandex.ru

Evgenia N. Volodina, candidate of biological sciences, associate professor of the department of soil science and environmental management, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9957-5896>, volod-evgenia@yandex.ru

Yaroslav G. Belkin, agronomic support specialist at Volsky Biochem LLC, undergraduate student, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-5993-6972>, y.g.belkin@mail.ru



Научная статья

УДК 635.63+635.044

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_557

ВЛИЯНИЕ ВЕРИКОМПОСТА НА ПЛОЩАДЬ ЛИСТА И УРОЖАЙНОСТЬ ОГУРЦА В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ

Д.И. Степанова¹, М.Ф. Григорьев^{2,3}, А.И. Григорьева⁴, Т.Г. Дмитриева¹

¹Арктический государственный агротехнологический университет, Якутск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирск, Россия

³Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкого, Кемерово, Россия

⁴Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

Аннотация. Цель исследования изучить влияние вермикомпоста из навоза крупного рогатого скота на фотосинтетический аппарат и урожайность огурца в условиях закрытого грунта Западной Якутии. Методы исследований: опыт был проведен в условиях в теплицах Малыкайской агрошколы Нюрбинского района Республики Саха (Якутия) (2020-2021 гг.). Изучен агрохимический состав почвогрунта (ЦИНАО, 1993), биометрические показатели растения (ВАСХНИЛ, 1970), количественные показатели продуктивности (В.Ф. Белик, 1970). В качестве обоснование исследований проанализированы климатические особенности Западной Якутии. Для исследования была выбрана норма внесения вермикомпоста 200 г на растение. Результаты: исследования показали, что использование вермикомпоста из навоза крупного рогатого скота в дозе 200 г/растение способствовало улучшению ряда изучаемых показателей таких как площадь листа, урожай и массы плодов огурца с учетом влияния температуры окружающей среды. В итоге среднее значение по площади листа за период опыта в первом варианте равнялась 28,23 кв. дм., а во втором варианте (с вермикомпостом) 36,35 кв. дм., разница составила 8,12 в пользу варианта с вермиудобрением. Анализ урожайности огурца показало, что в первом варианте (без вермикомпоста) средний сбор плодов за опыт составил 2,30 кг, а во втором варианте данный показатель 4,78 кг (или больше чем в первом варианте на 2,48 кг). Выводы: сопоставленные данные исследования показывают, что растения со второго варианта (с вермикомпостом) более пластичнее реагировали на изменения (перепады суточных) температур в условиях неотапливаемой теплицы. Таким образом, было обосновано практическое использование вермикомпостов при выращивании огурцов в условиях Западной Якутии.

Ключевые слова: вермикомпост, огурцы, урожайность, рост, эффективность

Original article

THE INFLUENCE OF VERICOMPOST ON LEAF AREA AND CUCUMBER YIELD IN WESTERN YAKUTIA

D.I. Stepanova¹, M.F. Grigorev^{2,3}, A.I. Grigoreva⁴, T.G. Dmitrieva¹

¹Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia

²Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

³Kuzbass State Agricultural University, Kemerovo, Russia

⁴Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

Abstract. Purpose of the study: to study the effect of vermicompost from cattle manure on the photosynthetic apparatus and cucumber yield in closed ground conditions in Western Yakutia. Research methods: the experiment was carried out in the greenhouses of the Malykai agricultural school in the Nyurbinsky district of the Republic of Sakha (Yakutia) (2020-2021). The agrochemical composition of the soil has been studied (TsINAQ, 1993), biometric indicators of the plant (VASKHNIL, 1970), and quantitative indicators of productivity (Belik V.F., 1970). As a basis for the research, the climatic features of Western Yakutia were analyzed. For the study, the rate of application of vermicompost was 200 g per plant. Results: studies have shown that the use of vermicompost from cattle manure at a dose of 200 g/plant contributed to the improvement of a number of studied indicators such as leaf area, yield and weight of cucumber fruits, taking into account the influence of environmental temperature. As a result, the average value of leaf area during the experimental period in the first variant was 28.23 square meters. dm., and in the second option (with vermicompost) 36.35 sq. m. dm., the difference was 8.12 in favor of the option with vermicompost. An analysis of cucumber yield showed that in the first variant (without vermicompost), the average fruit harvest per experiment was 2.30 kg, and in the second variant this figure was 4.78 kg (or 2.48 kg more than in the first variant). Conclusions: the compared research data show that plants from the second option (with vermicompost) responded more flexibly to changes (differences in daily) temperatures in an unheated greenhouse. Thus, the practical use of vermicomposts when growing cucumbers in Western Yakutia was rationale.

Keywords: vermicompost, cucumbers, productivity, growth, efficiency

Актуальность исследования. При интенсивном использовании почв выращивание овощных культур способствует снижению содержания в них органического вещества, в том числе макро- и микроэлементов. В итоге это отрицательно влияет на качественные и количественные характеристики урожая. Этим обосновано практическое использование органических, органоминеральных и минеральных удобрений в растениеводстве. Оптимизация питания растения за счет внесения различных удобрений и биопрепаратов позволяет улучшить биометрические показатели и повысить урожайность. В данном случае особенно важной задачей является вопрос обеспечения органическим веществом [1, 2, 3].

Имеется сведения об эффективности вермикомпостов которые характеризуются высоким содержанием органоминеральных веществ. В зависимости от исходного материала для вермикомпостирования в полученном вермикомпосте может быть разный состав и содержание органических и минеральных веществ. Известно, что хорошим материалом для производства вермикомпоста является навоз сельскохозяйственных животных и помета птиц. При использовании вермикомпоста увеличиваются влагоудерживающие свойства почвосмесей. Другое преимущество вермикомпостов (вермиудобрений) в сравнении со стандартными компостами — это обеззараживание и дезодорирование субстрата, оптимальное содержание

органических и минеральных веществ, большое содержание нитратного азота и сравнительно меньше аммонийного азота, и др. Отмечаем, что практически для всех вермикомпостов характерно оптимальное содержание в биоусвояемой форме минеральных веществ особенно кальция и фосфора. По эффективности вермикомпостов имеется много сведений, но результативность использования вермикомпостов зависит от многих факторов в том числе от исходника и технологии вермикомпостирования, в том числе отличие в нормах внесения вермиудобрений [4, 5, 6].

Научная новизна. Ранее проведенные опыты в условиях Центральной Якутии показали результативность использования вермикомпостов при выращивании огурцов. В связи с этим был



организован опыт по изучению влияния вермикомпоста из навоза крупного рогатого скота на биометрические показатели и урожайность огурцов в условиях Западной Якутии.

Цель исследований. Цель изучить влияние вермикомпоста на развитие огурца в условиях неотапливаемой теплицы Западной Якутии.

Задачи исследований:

- обоснование использования вермикомпостов в условиях неотапливаемой теплицы Западной Якутии;
- изучить влияние вермикомпоста на фотосинтетический аппарат огурца;
- определить влияние вермикомпоста на показатели развития и урожайности огурца.

Материал и методы исследований. Опыты по изучению влияния вермикомпоста на развитие огурца были проведены в условиях теплиц Малыкайской агрошколы Нюрбинского района Республики Саха (Якутия) (2020-2021 гг.). Для опыта выбран сорт огурца «Апрельский». Посев семян — 5 мая; первые всходы через 3 дня — 8-9 мая. Появление первых настоящих листьев — 18-19 мая. Организация посадки на постоянное место в теплице — 5 июня. Растения высажены по 3 шт. на кв.м. Площадь теплицы — 70 м², чистая площадь опытов — по 17,1 м². По условиям опыта было сформировано два варианта, в первом варианте не добавляли биогумус, а во втором варианте использовали вермикомпост (биогумус) нормой 200 г/растение.

В течение вегетации проводились подкормки настоящим на сутки жидким вермикомпостом из расчета вермикомпоста на 10 л воды, нормой по 1 л на растение, через 2-3 недели. Наблюдения проводились на 4-5 растениях. Первые плоды сняли 22 июня. Анализ почвы проведен в Якутской агрохимстанции [7]. Проводился анализ наружной и дневной внутритепличной температуры воздуха. Исследования проведены с учетом методик [8, 9].

Результаты исследований и их обсуждение. Климат Республики Саха (Якутия) является резко-континентальным но фактически не является одинаково однородным. Регион разделяют на центральную, южную, западную, северо-восточную и арктические зоны. При этом считается, что климат в западной и южной частях региона характеризуется сравнительно мягким по сравнению с другими районами республики. Западная Якутия является крупным экономическим кластером, где интенсивно развивается добывающая промышленность. В западной части региона входят такие районы как Верхневилуйский, Вилюйский, Нюрбинский, Сунтарский и Мирнинский районы. Зимний период в Нюрбинском районе, как и в других улусах характеризуются такими особенностями как длинным зимним периодом и соответственно коротким летним. Амплитуда средних значений температур в январе месяце составляет от –36 до –40 °С, а температура в июле месяце варьируется в пределах от

+16 до +33 °С, а разница между ними составляет более 73 градусов. При этом абсолютный минимум в январе месяце составляет –61 °С, а средняя температура в этом месяце составляет –35 °С. Зимний период характеризуется продолжительным периодом и малоснежным. Холодный период начинается с конца октября месяца, среднемесячная температура составляет –7,6 °С, при этом средний максимум и минимум в пределах –3,5 и –12,9 °С соответственно, а выпадение осадков уменьшается до 48,3 мм. Усредненная температура в ноябре месяце составляет –25,3 °С, при этом средние максимальные и минимальные значения колеблется в пределах –21,0 и –30,9 °С соответственно, выпадение осадков доходит до 30,4 мм. Схожая картина по средним температурным значениям в декабре месяце, где средняя месячная температура составляет –33,4 °С, абсолютный минимум –60,8 °С, средние значения максимальной и минимальной приходится в пределах –29,5 и –38,2 °С соответственно, выпадение осадков уменьшается в два раза (до 15,8 мм). Начиная с февраля месяца происходит постепенное потепление, где среднемесячная температура составляет –30,9 °С, при этом максимальные и минимальные значения колеблются в пределах от –25,5 до –37,5 °С, а выпадение осадков доходит до 11,9 мм, что является минимальным в течение года. В марте месяце среднемесячная температура составляет –20,0 °С, а выпадение осадков до 15,8 мм [10].

Таблица 1. Погода в Нюрбинском районе
Table 1. Weather in Nyurbinsky district

Дата	первый год				второй год				
	июнь	июль	август	сентябрь	май	июнь	июль	август	сентябрь
1	-	29/+21	22/+18	16/+10	14/-1	23/+9	25/+15	13/+9	17/+11
2	-	25/+20	25/+15	14/+10	13/+6	17/+9	27/+15	18/+13	9/+4
3	-	22/+17	25/+16	15/+7	11/+6	17/+9	28/+17	22/+9	11/0
4	-	22/+18	19/+13	15/+9	7/0	21/+7	25/+17	16/+14	8/+4
5	-	22/+17	23/+11	12/+7	4/0	27/+11	27/+19	18/+10	11/0
6	-	20/+13	23/+12	10/+9	8/-1	29/+17	26/+20	19/+8	6/+3
7	+7/+2	23/+11	23/+12	10/+7	9/+2	28/+18	27/+18	21/+9	5/+1
8	10/+3	20/+14	26/+15	12/+5	7/+2	27/+18	19/+14	21/+14	4/0
9	18/+6	24/+16	27/+17	14/+4	11/-2	29/+18	20/+13	18/+11	8/-4
10	19/+10	22/+16	22/+20	14/+9	6/+1	27/+17	23/+15	17/+10	8/+1
11	22/+13	20/+15	22/+18	10/+7	2/0	21/+15	22/+16	17/+9	9/-3
12	29/+17	21/+16	23/+18	10/+5	4/-4	23/+12	21/+16	18/+12	10/-1
13	24/+17	18/+16	24/+16	11/+6	5/-5	19/-13	22/+13	21/+13	10/+1
14	20/+12	20/+14	28/+17	12/+2	7/-1	20/+11	23/+13	23/+14	10/0
15	19/+13	22/+14	25/+20	10/+5	8/-2	24/-14	21/+13	23/+15	9/+4
16	25/+11	16/+13	19/+16	7/+4	9/+2	26/+15	19/+14	24/+18	8/+5
17	27/+14	14/+11	18/+13	7/+2	12/0	20/+14	18/+14	20/+17	11/+4
18	23/+17	19/+11	17/+11	7/-1	11/+5	15/+14	18/+11	19/+13	12/+1
19	20/+13	-	18/+11	6/+2	9/+2	22/+14	22/+12	19/+14	10/0
20	25/+15	-	20/+11	5/-1	10/+3	19/+13	21/+13	22/+15	12/0
21	29/+18	-	18/+11	6/-1	12/+2	20/+12	18/+14	23/+14	11/0
22	33/+23	-	17/+11	8/-3	10/+5	23/+12	14/+8	18/+15	10/+2
23	32/+24	-	17/+10	4/+1	18/+5	25/+15	17/+7	17/+14	13/+7
24	22/+20	-	16/+9	4/+2	18/+9	24/+16	17/+9	15/+11	13/+2
25	22/+14	20/+12	15/+8	2/0	18/+7	26/+16	18/+9	16/+8	12/+3
26	24/+17	24/+12	11/+5	2/-3	25/+9	24/+17	20/+9	18/+11	14/+2
27	21/+17	24/+16	8/+5	0/-4	20/+16	19/+15	17/+13	19/+8	13/+4
28	28/+17	18/+12	6/+4	1/1	18/+9	22/+15	14/+12	20/-11	9/-5
29	25/+16	16/+8	11/+3	1/-3	13/+7	23/+15	18/+12	21/+11	9/+1
30	29/+17	18/+7	14/+2	0/-4	15/+5	25/+15	20/+12	21/+14	8/+3
31	-	26/+11	16/+7	-	21/+8	-	19/+12	19/+12	-
min	+2	+7	+2	-4	-5	+7	+7	+8	-4
max	+33	+29	+28	+16	+25	+28	+28	+24	+17



Отмечаем, что апрель является последним месяцем зимы, среднемесячная температура составляет $-6,4^{\circ}\text{C}$, а средние значения максимума и минимума приходится $-0,2$ и $-15,1^{\circ}\text{C}$ соответственно, количество осадков выпадает до 15,3 мм. В конце этого месяца происходит активное снеготаяние, начинается весенний период. Преодоление холодного барьера приходится на май месяц, где средняя температура составляет $+5,5^{\circ}\text{C}$, при этом увеличивается выпадение осадков до 53,6 мм. Весенний период отчетливый и характеризуется солнечной погодой, интенсивно тает снег, начинается ледоход. В середине мая месячная дневная средняя температура превышает $5,5^{\circ}\text{C}$, а максимальные значения доходят до $10,6$ и минимальные значения до $-1,3^{\circ}\text{C}$, выпадение осадков увеличиваются и доходят до 53,6 мм [10].

Летний период начинается с июня месяца, где среднее месячное значение температуры

составляет $14,3^{\circ}\text{C}$, при этом средний максимум и минимум в пределах $20,2$ и $6,5^{\circ}\text{C}$ соответственно. В этом месяце фиксируется максимальное количество выпадение осадков (66,6 мм). Наиболее жаркий период приходится на июль месяц, где значение среднемесячной температуры составляет $17,2^{\circ}\text{C}$, а средние значения максимума и минимума равняются $23,3$ и $9,4^{\circ}\text{C}$ соответственно. В этом месяце также фиксируется большое количество осадков до 65,5 мм. В августе месяце температура начинает постепенно снижаться, и среднемесячные значения составляют $13,4^{\circ}\text{C}$, при этом средние максимальное и минимальные значения температур колеблется в пределах от $19,7$ до $6,0^{\circ}\text{C}$, также выпадение осадков снижается (до 60,8 мм). Следовательно, летний период характеризуется как короткое и жаркое с отличительной сменой суточных температур. Сравнительно большое количество осадков выпадает в июнь и июль месяцах. При этом существует вероятность заморозков [10].

Осенний период отчетливый с характерным изменением температуры окружающей среды. Активное начало осеннего периода начинается с сентября месяца, где среднемесячная температура составляет $5,0^{\circ}\text{C}$, при этом средний максимум и минимум в пределах $10,5$ и $-1,1^{\circ}\text{C}$ соответственно, а выпадение осадков уменьшается до 50,6 мм. В октябре происходит наиболее активный переход к холодному периоду, среднемесячная температура составляет $-7,6^{\circ}\text{C}$, а средние максимальные и минимальные значения достигают $-3,5$ и $-12,9$ соответственно. При этом снижается количество осадков [10].

Необходимо отметить, что выпадение осадков в течение года неравномерно и представленные данные являются максимальными значениями. Общее количество осадков выпадает 200-250 мм в год. Переходные периоды как осень и весна отчетливые и короткие.

Наши опыты были организованы с учетом природно-климатических условий. Данные анализ изменения суточной температуры в период опыта представлено в табл. 1.

В первом году переход температуры через барьер в 10°C начался в 10 июня и закончился 24 августа. В сентябре фиксировались низкие положительные температуры. Сумма активных дней составило 75 суток. Минимальная и максимальная температура в июне составило $+2$ и $+33^{\circ}\text{C}$. В июле месяце эти показатели равнялись значениям $+7$ и $+29^{\circ}\text{C}$. В августе эти значения составили $+2$ и $+28^{\circ}\text{C}$, а в сентябре месяце -4 и $+16^{\circ}\text{C}$ соответственно [11].

Во втором году вегетационный период продолжился с 5 июня по 1 сентября. Сумма активных дней составило 87 дней.

Минимальная и максимальная средние значения температур в мае месяце составили -5 и $+25^{\circ}\text{C}$. Эти значения в июне и июле месяцах составляли $+7$ и $+29^{\circ}\text{C}$. В августе данные значения составляли $+8$ и $+24^{\circ}\text{C}$, а в сентябре месяце -4 и $+17^{\circ}\text{C}$. Отмечаем, что отопительный сезон начинается с 1 сентября [11].

Таким образом, анализ данных природно-климатических условий Западной Якутии позволяет обосновывать использование теплиц в овощеводстве. Перепады температур вынуждают использовать теплицы. В данном случае обосновано использование вермиудобрений в составе почвосмесей для оптимизации корневого питания огурца в условиях ограниченного гумуса. С другой стороны, представленные данные температур свидетельствуют об изменении вегетативного периода. Отмечено продление вегетативного периода по температурам на несколько недель в сентябре (до середины сентября), но при этом сохранились все сроки ранних и поздних заморозков. Поэтому это не дает растениям удлинения срока вегетации на открытом грунте, но вполне благоприятно влияет на сроки развития растения в условиях защищенного грунта.

Проведены серии опытов по изучению влияния вермиудобрений на биометрические показатели и урожайность огурца в условиях Нюрбинского района. В табл. 2 представлен анализ почвосмеси на содержания тяжелых металлов.

Результаты анализа показывают, что вермикомпост позволяет снизить концентрацию тяжелых металлов в почвосмеси. Концентрация меди снизилась с 0,45 до 0,24 мг/кг, а цинка с 21,50 до 11,14 мг/кг. Значительное уменьшения зафиксировано по кадмию (с 0,04 до 0,02 мг/кг) и свинцу (с 3,21 до 0,67 мг/кг). С другой стороны, незначительно увеличилась концентрация магния (с 76,2 до 88,0 мг/кг). Следовательно применение вермикомпоста позволяет оптимизировать минеральный состав почвосмеси.

Далее сопоставлены данные по биометрическим показателям (площадь листа), продуктивности (урожайность), температуры окружающей среды (воздуха на улице и внутри теплицы)

Данные свидетельствуют (рис. 1, 2) об взаимосвязи продуктивности, площади листа с температурой окружающей среды. Более детальная информация по продуктивности огурца представлена в табл. 3.

Наступление пика плодоношения приходится на период теплого вегетационного периода (июль — август). В начале вегетации на холодных почвах теплиц растения медленно развивались и плодоношение началось только в конце июня, то есть почти через два месяца после посева.

Таблица 2. Анализ почв защищенного грунта пришкольного участка Малайской средней школы Нюрбинского района
Table 2. Analysis of soils in protected soil at the school site of the Malykai secondary school in the Nyurba district

Показатель	НП*	Результат испытания, мг/кг	
		без вермикомпоста	с вермикомпостом
Медь	3,0	0,45	0,24
Цинк	23,0	21,50	11,14
Кадмий	0,3	0,04	0,02
Свинец	6,0	3,21	0,67
Марганец	140,0	76,20	88,00

*НП — нормативные показатели по методике испытаний (ЦИАНО, 1993)

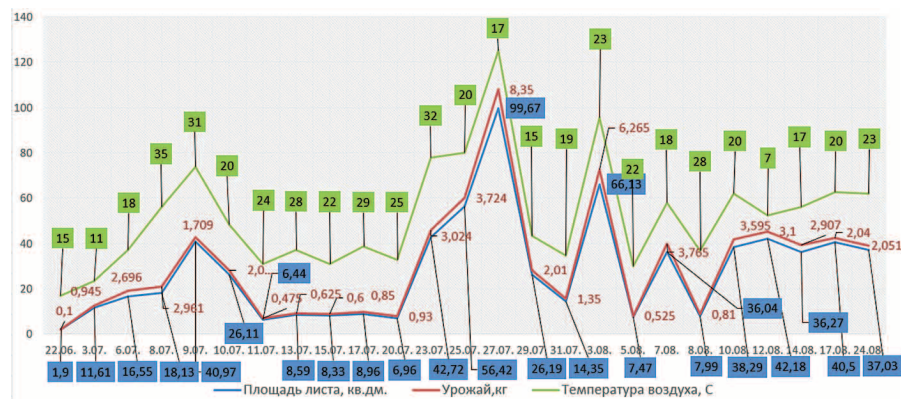


Рисунок 1. Показатели без вермикомпоста
Figure 1. Indicators without vermicompost

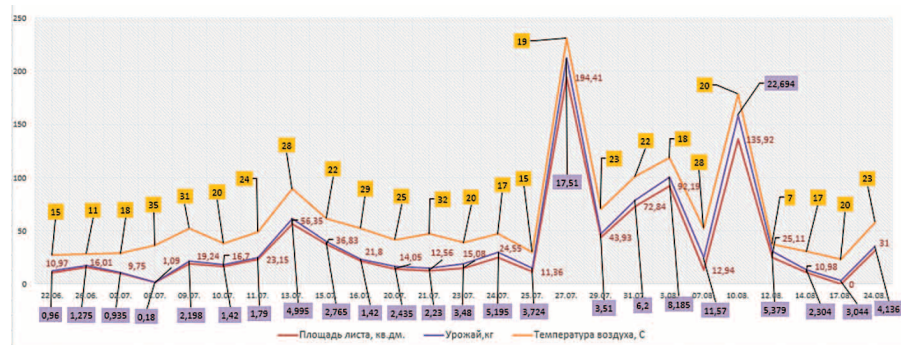


Рисунок 2. Показатели с вермикомпостом
Figure 2. Indicators with vermicompost





Таблица 3. Влияние вермикомпоста на формирования огурца в условиях защищенного грунта Западной Якутии
Table 3. The influence of vermicompost on the formation of cucumber in protected soil conditions in Western Yakutia

Дата	Количество плодов огурца					
	без внесения вермикомпоста		при внесении вермикомпоста		разница	
	шт.	кг	шт.	кг	шт.	кг
22.06	1	0,1	3	0,96	2	0,86
26.06	-	-	5	1,28	-	-
02.07	4	0,95	5	0,94	1	-0,01
08.07	13	3,0	1	0,2	-12	-2,8
09.07	12	1,7	6	2,2	-6	0,5
10.07	8	2,1	5	1,4	-3	-0,7
11.07	2	0,5	7	1,8	5	1,3
13.07	3	0,63	15	5,0	12	4,37
15.07	3	0,6	11	2,8	8	2,2
16.07	3	0,85	8	1,42	5	0,57
20.07	2	0,93	5	2,44	3	1,51
21.07	-	-	4	2,23	-	-
23.07	12	3,02	4	3,48	-8	0,46
24.07	-	-	5	5,2	-	-
25.07	14	3,7	4	3,7	-10	0
27.07	29	8,4	50	17,5	21	9,1
29.07	9	2,01	14	3,5	5	1,49
31.07	6	1,35	23	6,2	17	4,85
03.08	29	6,3	31	8,2	2	1,9
07.08	17	4,2	38	11,6	21	7,4
10.08	16	4,2	46	22,7	30	18,5
12.08	11	3,1	9	5,4	-2	2,3
14.08	9	2,9	3	2,3	-6	-0,6
17.08	10	2,04	4	3,0	-6	0,96
24.08	7	2,05	10	4,1	3	2,05
Всего за сезон	220	54,63	316	118,59	96	63,96
Вес 1 огурца	0,248 кг		0,375 кг			0,127

Закключение. Спад температуры в августе вызвало замедление роста и отдачи на урожай, особенно низкие ночные температуры. Данные показывают, что в условиях сравнительно теплой Западной Якутии температура в неотапливаемых теплицах зависит от наружной. Ночные низкие температуры служат лимитирующим фактором в получении урожая. В опыте установлено, что использование вермикомпоста ускоряет появление плодов огурца. Сумма активных температур в Западной Якутии не превышает 72-80 суток и интенсивное плодоношение огурца проходит только в этот период. Отмечаем, что максимальный урожай не соответствовал максимальному накоплению листового аппарата. Урожайность при применении вермикомпоста достиг — 13,95 кг/м², а без вермикомпоста составил — 6,4 кг/м², такая же картина наблюдалась по весу одного плода огурца. Таким образом, использование вермикомпоста позволяет улучшить биометрические показатели, урожайность огурца в условиях Западной Якутии.

Информация об авторах:

Степанова Дария Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры энергообеспечения в АПК, Арктический государственный агротехнологический университет, dariv08@mail.ru

Григорьев Михаил Федосеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, докторант, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, ведущий научный сотрудник научно-инновационного управления, доцент высшей аграрной школы, Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полежакова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5910-9268>, grig_mf@mail.ru

Григорьева Александра Ивановна, соискатель, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5968-2400>, shadrina_ai@mail.ru

Дмитриева Тамара Григорьевна, старший преподаватель кафедры информационных и цифровых технологий, Арктический государственный агротехнологический университет, dariv08@mail.ru

Information about the authors:

Daria I. Stepanova, candidate of agricultural sciences, associate professor, Arctic State Agrotechnological University, dariv08@mail.ru

Mikhail F. Grigoriev, candidate of agricultural sciences, associate professor, researcher, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences; leading researcher of the Scientific and Innovation Department, Kuzbass State Agricultural University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5910-9268>, grig_mf@mail.ru

Aleksandra I. Grigoreva, researcher, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5968-2400>, shadrina_ai@mail.ru

Tamara G. Dmitrieva, senior lecturer at the Department of information and digital technologies, Arctic State Agrotechnological University, dariv08@mail.ru

Список источников

1. Степанова Д.И., Григорьев М.Ф., Григорьева А.И. Влияние вермикомпоста и подкормок йодом на продуктивность огурца в условиях защищенного грунта арктической зоны Якутии // Вестник аграрной науки. 2019. № 2 (77). С. 47-53.
2. Антоненко Д.А., Белюченко И.С., Гукалов В.В., Корунчикова В.В., Мельник О.А., Никифорова Ю.Ю., Ткаченко Л.Н. Сложный компост и его влияние на свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур: монография. Краснодар, 2015. 181 с.
3. Пронько В.В., Пронько Н.А. Экологические аспекты применения удобрений в земледелии степного Поволжья // Проблемы агрохимии и экологии. 2022. № 3-4. С. 3-9.
4. Tomati U., Grappelli A., Galli E.T. The hormone-like effect of earthworm casts on plant growth // Biol. Fertil. Soils. 1988. vol. 5. pp. 288-294.
5. Chew K.W., Chia S.R., Yen H.W., Nomanbhay S., Ho Y.C., Show P.L. Transformation of Biomass Waste into Sustainable Organic Fertilizers // Sustainability. 2019. № 11. p. 2266. <https://doi.org/10.3390/su11082266>
6. Basak B.B., Jat R.S., Gajbhiye N.A., Saha A., Manivel P. Organic nutrient management through manures, microbes and biodynamic preparation improves yield and quality of Kalmegh (*Andrographis paniculata*), and soil properties // J. Plant Nutr. 2020. vol. 43. pp. 548-562. doi: 10.1080/01904167.2019.1685100
7. Методические указания по определению тяжелых металлов в кормах и растениях и их подвижных соединений в почвах. М.: ЦИНАО, 1993. 26 с.
8. Белик В.Ф. Методика физиологических исследований в овощеводстве и бахчеводстве. М., 1970.
9. Коняев Н.Ф. Математический метод определения площади листьев растений. М., доклад ВАСХНИЛ, 1970. № 9. С. 5-6.
10. Архив климатических данных. URL: <http://web.archive.org/web/20160818085741/http://climatebase.ru/station/24639/>
11. Все о погоде в России. URL: <http://pogoda1.ru/nyurba/>

References

1. Stepanova D.I., Grigorev M.F., Grigoreva A.I. (2019). *Vliyaniye vermikomposta i podkormok yodom na produktivnost' ogurtsa v usloviyakh zashchishchennogo grunta arkticheskoy zony Yakutii* [Effect of vermicompost and iodine supply on the productivity of a cucumber in the conditions of a greenhouses ground of the arctic zone of Yakutia]. *Vestnik agrarnoy nauki* [Bulletin of agrarian science], no. 2 (77), pp. 47-53.
2. Antonenko D.A., Belyuchenko I.S., Gukalov V.V., Korunchikova V.V., Melnik O.A., Nikiforenko Y.Y., Tkachenko L.N. (2015). *Slozhnyy kompost i yego vliyaniye na svoystva pochvy i produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: monografiya* [Complex compost and its effect on soil properties and crop productivity: monograph], Krasnodar, 181 p.
3. Pronko V.V., Pronko N.A. (2022). *Ekologicheskiye aspekty primeneniya udobreniy v zemledelii stepnogo Povolzh'ya* [Ecological aspects of fertilizers application in agriculture of the steppe Volga region]. *Problemy agrokhimii i ekologii* [Agrochemistry and ecology problems], no. 3-4, pp. 3-9.
4. Tomati U., Grappelli A., Galli E.T. (1988). The hormone-like effect of earthworm casts on plant growth. *Biol. Fertil. Soils*, vol. 5, pp. 288-294.
5. Chew K.W., Chia S.R., Yen H.W., Nomanbhay S., Ho Y.C., Show P.L. (2019). Transformation of Biomass Waste into Sustainable Organic Fertilizers. *Sustainability*, no. 11. p. 2266. <http://doi.org/10.3390/su11082266>
6. Basak B.B., Jat R.S., Gajbhiye N.A., Saha A., Manivel P. (2020). Organic nutrient management through manures, microbes and biodynamic preparation improves yield and quality of Kalmegh (*Andrographis paniculata*), and soil properties. *J. Plant Nutr.* vol. 43. pp. 548-562. doi: 10.1080/01904167.2019.1685100
7. TSINAO (1993). *Metodicheskiye ukazaniya po opredeleniyu tyazhelykh metallov v kormakh i rasteniyakh i ikh podvizhnykh soyedineniy v pochvakh* [Guidelines for the determination of heavy metals in feed and plants and their mobile compounds in soils], 26 p.
8. Belik V.F. (1970). *Metodika fiziologicheskikh issledovaniy v ovoshchevodstve i bakhchevodstve* [Methods of physiological research in vegetable and melon growing].
9. Konyayev N.F. (1970). Matematicheskiy metod opredeleniya ploshchadi list'yev rasteniy [Mathematical method for determining plant leaf area]. Moscow, *doklad VASKHNIL* [Reports of VASKHNIL], no. 9, pp. 5-6.
10. *Arkhiv klimaticheskikh dannykh* [Climate data archive]. URL: <http://web.archive.org/web/20160818085741/http://climatebase.ru/station/24639/>
11. *Vse o pogode v Rossii* [All about the weather in Russia]. URL: <http://pogoda1.ru/nyurba/>



Научная статья
УДК 631.8:57.084
doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_561

ВЛИЯНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ПЛОДОВ ЯБЛОК И ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, СФОРМИРОВАННОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИЕМА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ПОЧВЫ, НА ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КРЫС В БИОЛОГИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Ю.К. Альтудов¹, И.Х. Борукаева¹, А.Х. Занилов¹, М.А. Конов²

¹Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия

²Научно-производственное предприятие «Радий», Москва, Россия

Аннотация. Незаменимые аминокислоты как компонент белковых молекул определяют ценность сельскохозяйственной продукции. Организм млекопитающих, в том числе человека, не приспособленный к синтезу достаточного количества незаменимых аминокислот компенсирует их дефицит потреблением пищи. В условиях интенсификации земледелия отмечается снижение качества продовольствия. Причиной является деградация естественного плодородия. Существующие агротехнологии направлены преимущественно на повышение валовой урожайности. Потребность почв в восстановительных мероприятиях на практике учитывается значительно реже. Известно, что плодородие почвы тесно связано с активностью ее микрофлоры. Признанными приемами компенсации (биоактивация) численности полезных микроорганизмов являются внесение в почву органических, органо-минеральных почвоудобрительных средств и агрономически ценных штаммов микроорганизмов. В качестве объектов исследования использовались культуры — лидеры по потреблению населением — яблоки и озимая пшеница. В технологию их производства были включены: органо-минеральный комплекс АКМ (смесь серпентинита и бурого угля) под яблоневые деревья в норме 1 т/га и консорциум почвенных микроорганизмов, внесенный в почву перед высевом озимой пшеницы в дозе 2 л/га. Исследования проводились в условиях Кабардино-Балкарской республики в 2023-2024 гг. В результате исследования было установлено, что представленные средства повышали концентрацию в плодах яблок 5 из 8 незаменимых аминокислот на 10,2-32,3%, и всех незаменимых аминокислот в зерне озимой пшеницы — на 23,7-57,5%. Фаза эксперимента, связанная со скормливанием яблок (45 мг/сутки/особь) и зерна озимой пшеницы (30 мг/сутки/особь) на протяжении 54 дней, продемонстрировала улучшение показателей крови лабораторных крыс. Клинический и биохимический анализы выявили достоверное увеличение содержания гемоглобина и эритроцитарного гемоглобина, улучшившими кислородное обеспечение организма. Была отмечена нормализация системы гемостаза у опытных крыс за счет увеличения изначально сниженного уровня тромбоцитов. Было улучшено морфо-функциональное состояние печени, что связано со уменьшением содержания в крови АЛТ и АСТ, достигнутым за счет антиоксидантного действия аминокислот.

Ключевые слова: средства биоактивации почвы, качество продукции, незаменимые аминокислоты, показатели крови, эритроциты, гемоглобин

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ (FZZR-2023-0010).

Original article

THE EFFECT OF THE AMINO ACID COMPOSITION OF APPLE FRUITS AND WINTER WHEAT GRAINS FORMED UNDER THE INFLUENCE OF SOIL BIOLOGICAL ACTIVATION AGENTS ON RAT BLOOD PARAMETERS IN A BIOLOGICAL EXPERIMENT

Yu.K. Altudov¹, I.Kh. Borukaeva¹, A.Kh. Zanirov¹, M.A. Konov²

¹Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, Russia

²Scientific and production enterprise «Radium», Moscow, Russia

Abstract. Essential amino acids as a component of protein molecules determine the value of agricultural products. The mammalian body, including humans, which is not adapted to synthesize a sufficient amount of essential amino acids, compensates for their deficiency by consuming food. In conditions of agriculture intensification, there is a decrease in the food quality. The reason is the degradation of natural fertility. The existing agricultural technologies are mainly aimed at increasing the gross yield. In practice, the need of soils for restoration measures is taken into account much less often. It is known that soil fertility is closely related to the activity of its microflora. Recognized methods of compensation (bioactivation) of the number of beneficial microorganisms are the introduction of organic, organo-mineral soil fertilizers and agronomically valuable strains of microorganisms into the soil. The leading crops in terms of consumption by the population — apples and winter wheat — were used as objects of research. The technology of their production included: the organo-mineral complex (a mixture of serpentinite and brown coal) for apple trees at a rate of 1 t/ha and a consortium of soil microorganisms introduced into the soil before sowing winter wheat at a dose of 2 l/ha. The research was conducted in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic in 2023-2024. As a result of the study, it was found that the presented products increased the concentration of 5 out of 8 essential amino acids in apple fruits by 10.2-32.3%, and all essential amino acids in winter wheat grain by 23.7-57.5%. The phase of the experiment associated with feeding apples (45 mg/day/individual) and winter wheat grains (30 mg/day/individual) for 54 days demonstrated an improvement in blood parameters of laboratory rats. Clinical and biochemical analyses revealed a significant increase in the content of hemoglobin and erythrocyte hemoglobin, which improved the oxygen supply of the body. Normalization of the hemostasis system in experimental rats was noted due to an increase in the initially reduced platelet level. The morpho-functional state of the liver was improved, which is associated with a decrease in the blood content of ALT (Alanine Aminotransferase) and AST (Aspartate Aminotransferase), achieved due to the antitoxic effect of amino acids.

Keywords: soil bioactivation agents, product quality, essential amino acids, blood counts, erythrocytes, hemoglobin

Acknowledgments: the article was prepared within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (FZZR-2023-0010).

Введение. Обеспечение населения Земли белком является одной из ключевых проблем, связанных с обеспечением человечества качественным продовольствием. К началу XXI от дефицита пищевого белка страдало не менее половины населения планеты [1].

Оценка белковой полноценности пищевой продукции тесно связана с важнейшей характеристикой ее биологической ценности — аминокислотным составом, так как аминокислоты являются важными компонентами молекул белков [2, 3].

Из более, чем 200 аминокислот, только 20 входят в состав белков и 8 из них являются незаменимыми, а 1 условно незаменимой, которые не синтезируются в организме человека. Их недостаток ограничивает процесс регенерации в клетках [4] и обуславливает снижение



иммунитета, умственной и физической работоспособности человека [5].

Биологическая ценность протеиногенных аминокислот, часть которых синтезируется в организме, заключается в поддержании роста животных и человека посредством образования белков в нем. Те же аминокислоты, которые не синтезируются в организме или интенсивность синтеза которых недостаточна для обеспечения регенеративных процессов в клетке, называются незаменимыми [4]. К таким аминокислотам относятся: треонин, дефицит которого вызывает задержку роста организма; валин, недостаток которого сопровождается нарушением координации движений; изолейцин входит в состав иммуноглобулинов; лейцин активизирует эндокринную систему, повышает иммунитет; фенилаланин повышает умственную активность, улучшает работу печени и поджелудочной железы; гистидин отвечает за когнитивное развитие детей, входит в состав нуклеиновых кислот, участвует в синтезе гемоглобина; лизин обеспечивает рост костной ткани, повышает устойчивость к вирусам; метионин, дефицит которого сопровождается ожирением, анемией, атрофией мышц, риском развития цирроза печени. Условно незаменимой аминокислотой является аргинин, ответственный за регенерацию тканей и повышение иммунной системы. [3].

Одной из основных причин белкового голода на Земле является деградация естественного плодородия и снижение качества почвы — основного средства сельскохозяйственного производства [6]. Ухудшение почвенных характеристик связано со сформировавшейся инерционностью интенсивного землепользования, целью которого в первую очередь является рост валовых сборов урожая и в меньшей степени уделяется внимание физиологическим показателям произведенной продукции.

Из всех продуктов растительного происхождения к наиболее распространенным продуктами массового потребления относятся яблоки [7] и пшеничная мука [8]. Следовательно, повышение качества фруктов и зерна озимой пшеницы по аминокислотному составу посредством использования соответствующих технологий в процессе производства (биофортификация) отвечает целям и задачам повышения качества пищи, что способствует профилактике и контролю неинфекционных заболеваний населения [9].

Восстановление естественного и реализация эффективного плодородия почвы во многом связано с активностью почвенной микрофлоры [10–11]. Следовательно, приемы и средства, повышающие уровень биологической активности почвы, могут рассматриваться в качестве эффективных элементов технологий биофортификации, которые в итоге могут стать основой технологий здоровьесбережения.

Целью исследования является оценка влияния повышенного содержания незаменимых аминокислот в плодах яблок и зерне озимой пшеницы, сформированного под влиянием средств и приемов биологической активации почвы на показатели клинического и биологического анализа крови крыс.

Материалы и методы. Оценка влияния приема биологической активации почвы на изменение аминокислотного состава яблок (сорт Гала Шнико ред) проводилось в производственных условиях на базе ООО «Центр «Питомник» (Баксанский р-н, Кабардино-Балкарской республики). В качестве средства биоактивации почвы использовался органо-минеральный комплекс АКМ (анионит-катионт-мелиорант) [12; 13].

Внесение производилось в приствольные круги деревьев из расчета 1 тонна на 1 га.

Зерно озимой пшеницы (сорт Южанка) было произведено на участке многолетних наблюдений (№ 82) Института сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра РАН, входящий в географическую сеть опытов с удобрениями (Геосеть). Почва представлена обыкновенным мицеллярно-карбонатным остаточным луговым черноземом с содержанием гумуса 3,23–3,32% [14; 15].

Контрольная партия зерна произведена на фоне с $\frac{1}{2}$ расчетной дозы минеральных удобрений (N57; P12,5; K24,5). Опытная партия произведена с тем же количеством минеральных удобрений и с предварительным внесением комплекса почвенных микроорганизмов (*Pseudomonas fluorescens* (um. A-33), *Azotobacter vinelandii* ИБ-4, *Trichoderma viridae* и *Trichoderma harzianum*). Концентрация живых клеток более 1×10^9 . Внесение в почву осуществлялось в вечернее время штанговым опрыскивателем из расчета 2 л/га.

Содержание независимых аминокислот в плодах яблок и зерне озимой пшеницы определялось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии по ГОСТ 32195–2013 на базе учебно-научного центра коллективного пользования — «Сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений» РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева.

Содержание и кормление крыс проводилось на базе медицинской академии Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова. Экспериментальные животные представлены крысами линии Wistar, по 10 шт. в каждой группе. Первая группа — опытная получали яблоки и зерно озимой пшеницы с повышенным содержанием незаменимых аминокислот в норме 45 и 30 мг в сутки на каждую особь. Особи контрольной группы получали яблоки и зерно, произведенные на участках без внесения средств биоактивации почвы.

Клинический анализ крови крыс (уровень лейкоцитов, лимфоцитов, промежуточных клеток, гранулоцитов в крови, процентное содержание лимфоцитов, промежуточных клеток и др. показателей (табл.1) проводился на автоматическом гематологическом анализаторе MicroCC-20Plus.

Биохимический анализ крови (АлАТ, АсАТ, альбумин, билирубин общий, глюкоза, креатинин, мочевины, кальций) проводился в клинике Vet Union (г. Нальчик, ул. Байсултанова, д. 25) на базе ИНВИТРО (ветеринарная лаборатория, г. Ессентуки). Продолжительность кормления 54 дня. Исследования проводились в период 2023–2024 годы.

Результаты и обсуждение. Анализ содержания незаменимых аминокислот в плодах яблок и зерне озимой пшеницы продемонстрировал возможность повышения физиологической ценности пищевой продукции за счет использования средств биоактивации почвы — органо-минеральных удобрений и агрономически ценных штаммов микроорганизмов (рис. 1, 2).

Как видно из диаграммы (рис. 1) 5 незаменимых аминокислот из 8 (треонин, валин, изолейцин, лейцин, гистидин) демонстрируют рост концентрации в плодах под влиянием внесенного био-органоминерального комплекса АКМ. Особенно эффективно под действием АКМ синтезируются лейцин, изолейцин и гистидин, концентрация которых в плодах опытного участка выше, чем контрольного на 10,2%; 32,3% и 19,3%, соответственно.

Две аминокислоты метионин и лизин не претерпевают существенного изменения. Разница между вариантами находится в пределах погрешности — 1,5–3,7%. Снижение содержания отмечается по одному показателю — фенилаланину — на 13,4%.

Анализ зерна оз. пшеницы демонстрирует ярко выраженное влияние средства биоактивации почвы на содержание аминокислот (рис. 2).

Содержание всех рассматриваемых аминокислот в зерне, произведенном на биоактивированном участке оказалось существенно выше чем в зерне контрольного варианта. Разброс составил 23,7–57,5%. Максимальному росту были подвержены метионин, ответственный на липидный обмен, мышечный тонус, состояние печени и аргинин, чья функция сводится к регенерации тканей, повышению иммунной системы и высвобождению гормонов. [3]. Было отмечено повышение их концентрации на 57,5% и 40,7% соответственно.

Концентрация треонина, валина, изолейцина, лейцина, фенилаланина, гистидина и лизина выросла на 27,5; 23,7; 29,1; 32,4; 32,0; 24,8; 25,3% соответственно.

Влияние рациона на показатели крови крыс. За период кормления лабораторных крыс яблоками и зерном озимой пшеницы (02.12.2023г. — 24.01.2024г.) у опытных крыс отмечалось статистически значимое изменение следующих показателей (табл. 1): уменьшилось изначально повышенное содержание лейкоцитов в крови ($p < 0,05$), процентное содержание промежуточных форм ($p < 0,001$), что привело к нормализации лейкоцитарной формулы. Статистически значимо увеличилось содержание гранулоцитов в крови ($p < 0,01$), что свидетельствовало об усилении неспецифического клеточного иммунитета и повышении резистентности крыс к различным повреждающим факторам.

Важным результатом опыта стало достоверное увеличение содержания гемоглобина в крови ($p < 0,01$), что привело к повышению кислородной емкости крови опытных крыс и улучшению кислородного обеспечения организма крыс. Увеличение среднего эритроцитарного гемоглобина ($p < 0,001$) свидетельствовало о том, что после опыта гипохромные эритроциты стали нормохромными, что, несмотря на отсутствие достоверного возрастания количества эритроцитов в крови, улучшило кислородный баланс организма. Достоверно увеличился изначально сниженный уровень тромбоцитов в крови ($p < 0,01$), тромбоцитокрит ($p < 0,01$) и коэффициент больших тромбоцитов ($p < 0,001$), что привело к нормализации системы гемостаза у опытных крыс.

В контрольной группе отмечалось статистически значимое увеличение эритроцитов в крови ($p < 0,01$) без достоверного возрастания уровня гемоглобина в крови, в результате чего средняя концентрация гемоглобина в эритроците и средний эритроцитарный гемоглобин остались без изменений, что не привело к улучшению кислородного обеспечения организма. Несмотря на достоверное увеличение ширины распределения эритроцитов по объему ($p < 0,05$), его значение оставалось в пределах нормы и не являлось признаком патологии. Статистически значимое увеличение количества тромбоцитов в крови ($p < 0,05$) привело к возрастанию гематокрита ($p < 0,05$). Снижение коэффициента больших тромбоцитов ($p < 0,01$) свидетельствовало о повышении риска развития кровотечений и кровоизлияний.



Рисунок 1. Влияние биоактивации почвы на содержание незаменимых аминокислот в плодах яблок
Figure 1. The effect of soil bioactivation on the content of essential amino acids in apple fruits

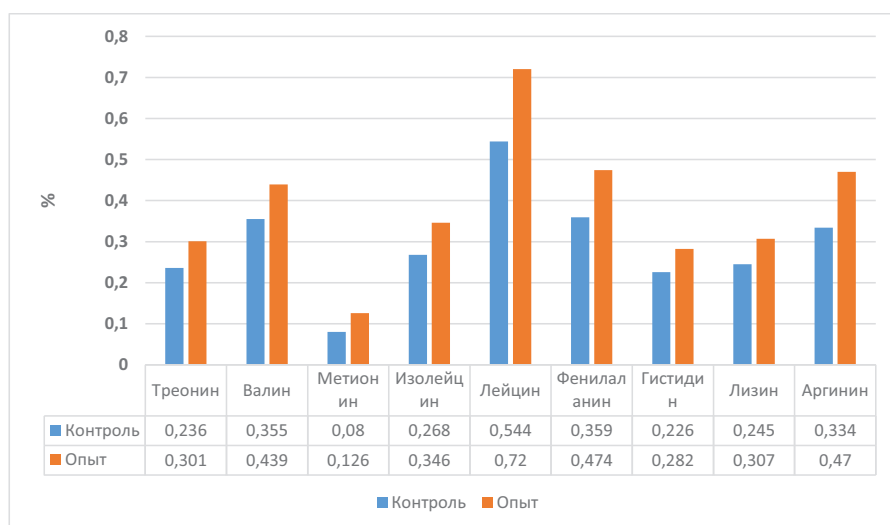


Рисунок 2. Влияние биоактивации почвы на содержание аминокислот в зерне озимой пшеницы
Figure 2. The effect of soil bioactivation on the amino acid content in the grain of winter wheat

Таблица 1. Данные клинического анализа крови крыс ($M \pm m$)
Table 1. Data from clinical blood analysis of rats ($M \pm m$)

Показатели	Опытная группа n=10		Контрольная группа n=10		Референсные значения
	До	После	До	После	
Уровень лейкоцитов в крови, $10^9/\text{л}$	11,36 $\pm$ 2,15	6,45 $\pm$ 1,07*	6,24 $\pm$ 0,75	7,41 $\pm$ 0,76	6-10
Уровень лимфоцитов в крови, $10^9/\text{л}$	5,96 $\pm$ 0,76	3,64 $\pm$ 0,75	1,83 $\pm$ 0,62	3,35 $\pm$ 0,62*	2,5-16,1
Уровень промежуточных клеток в крови, $10^9/\text{л}$	2,33 $\pm$ 0,10	0,73 $\pm$ 0,05	0,82 $\pm$ 0,10	0,61 $\pm$ 0,11	1-3
Уровень гранулоцитов в крови, $10^9/\text{л}$	3,66 $\pm$ 0,96	4,28 $\pm$ 0,62	0,82 $\pm$ 0,18	1,67 $\pm$ 0,19	0,5-11,6
Процентное содержание лимфоцитов, %	45,14 $\pm$ 4,39	45,08 $\pm$ 5,44	52,66 $\pm$ 4,68	53,92 $\pm$ 4,69	50-70
Процентное содержание промежуточных клеток, %	20,64 $\pm$ 2,72	6,18 $\pm$ 0,84***	22,22 $\pm$ 3,26	37,32 $\pm$ 3,27	3,00-10,0
Процентное содержание гранулоцитов, %	30,90 $\pm$ 3,80	51,88 $\pm$ 3,37**	31,92 $\pm$ 3,93	29,04 $\pm$ 3,94	10-51
Уровень эритроцитов в крови, $10^{12}/\text{л}$	4,92 $\pm$ 0,39	5,18 $\pm$ 0,46	4,71 $\pm$ 0,62	7,00 $\pm$ 0,63**	7,0-10,0
Уровень гемоглобина в крови, г/л	106,40 $\pm$ 5,67	123,62 $\pm$ 2,62**	104,54 $\pm$ 12,76	112,80 $\pm$ 9,55	120-160
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	304,80 $\pm$ 1,46	303,54 $\pm$ 14,20	277,86 $\pm$ 42,01	297,84 $\pm$ 42,02	320,00-360,00
Средний эритроцитарный гемоглобин, пг	18,62 $\pm$ 0,26	31,14 $\pm$ 2,44***	19,46 $\pm$ 0,24	19,72 $\pm$ 0,24	34,3-35,5
Средний объем эритроцитов, фл	61,06 $\pm$ 0,94	66,44 $\pm$ 0,86	59,47 $\pm$ 2,66	62,94 $\pm$ 2,66	45-50
Ширина распределения эритроцитов по объему, КВ, %	13,22 $\pm$ 0,31	14,96 $\pm$ 0,51	12,37 $\pm$ 0,63	14,46 $\pm$ 0,73*	10,00-15,00
Ширина распределения эритроцитов по объему, СКВ, фл	32,88 $\pm$ 2,31	37,91 $\pm$ 2,26	29,38 $\pm$ 1,51	31,98 $\pm$ 1,51	35,00-56,00
Гематокрит, %	32,94 $\pm$ 1,97	37,08 $\pm$ 6,28	30,96 $\pm$ 3,63	36,02 $\pm$ 3,64*	35-45
Уровень тромбоцитов, $10^9/\text{л}$	275,00 $\pm$ 62,69	522,64 $\pm$ 62,29**	189,67 $\pm$ 31,67	346,45 $\pm$ 31,68*	400-570
Средний объем тромбоцитов, фл	6,48 $\pm$ 0,26	6,82 $\pm$ 0,48	6,66 $\pm$ 0,28	5,98 $\pm$ 0,28	7,00-11,00
Ширина распределения тромбоцитов по объему, %	12,82 $\pm$ 0,61	11,44 $\pm$ 0,27	11,72 $\pm$ 0,52	11,42 $\pm$ 0,53	10,00-18,00
Тромбоцитокрит, %	0,17 $\pm$ 0,03	0,37 $\pm$ 0,03**	0,2134 $\pm$ 0,08	0,30 $\pm$ 0,08	0,10-0,50
Коэффициент больших тромбоцитов, %	6,62 $\pm$ 1,03	15,16 $\pm$ 0,92***	7,425 $\pm$ 0,78	4,63 $\pm$ 0,78**	13,00-43,00

Примечание. *, **, *** - наличие статистически значимых различий между показателями основной группы до и после гипокситерапии ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$ соответственно)

У крыс опытной группы после опыта отмечалось статистически значимое уменьшение содержания в крови АЛТ ($p < 0,05$) и АСТ ($p < 0,05$), что являлось результатом улучшения морфофункционального состояния печени (табл. 2).

В контрольной группе достоверных изменений показателей не было; уменьшение содержания общего билирубина не имело клинического значения, так как было в пределах нормы (Таблица 2).

Добавление опытным крысам в пищевой рацион продуктов с повышенным содержанием незаменимых аминокислот привело к статистически значимому повышению содержания гемоглобина в крови. Это стало возможным благодаря повышенному содержанию изолейцина в зерне, который, являясь протеиногенной аминокислотой, оказывает стимулирующее влияние на синтез гемоглобина. Повышение содержания тромбоцитов и коэффициента больших тромбоцитов, также можно объяснить протеиногенным действием изолейцина. Нормализация лейкоцитарной формулы после опыта связана, по-видимому, с действием лейцина, который необходим для повышения иммунитета.

Статистически значимое уменьшение содержания в крови АЛТ и АСТ можно объяснить антиоксидантным действием изолейцина, в результате чего произошло улучшение морфофункционального состояния печени.

Закключение. В результате исследования было установлено, что повышение аминокислотного статуса пищевой растительной продукции как показателя его белковой ценности возможно достичь посредством модификации традиционной системы удобрения сельскохозяйственных культур органико-минеральными и микробиологическими средствами биологической активации почвы. Данные средства и приемы могут быть рассмотрены в качестве элементов технологии биофортификации и здоровьесбережения, так как установлено достоверное влияние растительной продукции с улучшенным аминокислотным составом на показатели крови лабораторных крыс; в частности, на улучшение кислородного обеспечения





Таблица 2. Данные биохимического анализа крови крыс (M±m)
Table 2. Data of biochemical analysis of rat blood (M±m)

Показатели	Опытная группа n=10		Контрольная группа n=10		Референсные значения
	До	После	До	После	
АлАТ, Ед/л	91,64±4,10	69,83±5,18*	54,86±7,57	54,86±7,57	20-92
АсАТ, Ед/л	285,42±16,71	196,62±37,37*	164,82±84,67	164,82±84,67	72,3-196
Альбумин, г/л	33,21±0,81	33,61±0,82	30,81±1,30	30,81±1,30	38-48
Билирубин общий, ммоль/л	2,22±0,12	1,82±0,27	1,72±0,04*	1,72±0,04*	<17,0
Глюкоза, ммоль/л	5,08±0,21	5,61±0,47	7,97±1,22	7,97±1,22	2,7-7,4
Креатинин, ммоль/л	45,81±5,73	48,65±12,81	58,84±5,73	58,84±5,73	20-88
Мочевина, ммоль/л	7,24±0,53	7,42±1,19	5,92±1,98	5,92±1,98	2,4-3,4
Кальций, ммоль/л	1,57±0,06	1,58±0,14	1,49±0,10	1,49±0,10	1,2-3,2

организма крыс, повышение иммунологической реактивности и резистентности к повреждающим факторам, нормализацию системы гемостаза и улучшение морфофункционального состояния печени.

Фактором, обеспечивающим прорывную модель развития региона в современных условиях, являются фундаментальные институциональные преобразования [16]. Создание технологий здоровьесбережения и их внедрение в агропромышленный комплекс может стать основой модернизации экономики аграрно развитых регионов и перспективным направлением, способным повысить конкурентоспособность аграрной отрасли и обеспечить прорывную модель развития.

Список источников

1. Гумеров Р. Как обеспечить продовольственную безопасность страны? // Российский экономический журнал. 2009. С. 6-11.
2. Кондратенко Е.П., Константинова О.Б., Соболева О.М., Ижмулкина Е.А., Вербицкая Н.В., Сухих А.С. Содержание белка и аминокислот в зерне озимых культур, произрастающих на территории лесостепи юго-востока Западной Сибири // Химия растительного сырья. 2015. № 3. С. 143-150.
3. Лысков Ю.А. Аминокислоты в питании человека // ЭИГ. 2012. № 2. С. 88-105.
4. Гигиена питания / Под ред. К.С. Петровского. М.: Медицина, 1971. Т. 1. 511 с.
5. Gad Galili, Rachel Amir // The Regulation of Essential Amino Acid Synthesis and Accumulation in Plants. Annual Review of Plant Biology 67(1). DOI: 10.1146/annurev-arplant-043015-112213.
6. Николаева М.А., Лебедева Т.П. Состояние и перспективы развития российского рынка яблок // СТЭЖ. 2016. № 2 (23). С. 106-109.
7. Dwyer, J.T. Fortification and Health: Challenges and Opportunities / J.T. Dwyer, K.L. Wiener, O. Dary, C.L. Keen, J.C. King, K.B. Miller, M.A. Philbert, V. Tarasuk, C.L. Taylor, P.C. Gaine, A.B. Jarvis, R.L. Bailey // Advanc

8. Кулабухова Д.Ю. Глобальная проблема обеспечения человечества белком // Теория и практика современной науки. 2015. № 6 (6).

9. Рождественская Л.Н., Рогова О.В. О необходимости обеспечения физической и экономической доступности здорового питания населения // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. № 1. С. 94-110.

10. Никитин Д.А. и др. Микробиологические индикаторы экологических функций почв (обзор) // Почвоведение. 2022. № 2. С. 228-243. DOI: 10.31857/S0032180X22020095.

11. Anderson, T. H. Soil microbial biomass: The eco-physiological approach / T.H. Anderson, K.H. Domsch // Soil Biol. Biochem. 2010. V. 42. Issue 12. P. 2039-2043.

12. Гринев Л.В., Сенькова Л.А., Мингалев С.К. Биологическая активность почвы // Аграрное образование и наука. 2019. № 2. С. 14.

13. Конов М.А. Комплексное удобрение: патент РФ № RU 2762361, заявка № 2021114146 от 19.05.2021: опубликована 20.12.2021. 11 с.

14. Занилов А.Х., Таов Р. Х., Азнаева М.А., Хашхоев И.Т., Бакуев Ж.Х., Сатбалов А.В. Влияние био-органоминерального комплекса АКМ на биологическую активность почвы, продуктивность яблони и качество плодов // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2023. № 4(6). С. 121-135.

15. Фиашев Б.Х., Хачетлов Р.М., Шацева С.Х. О влиянии длительного удобрения на элементы плодородия обыкновенного мицелиарно-карбонатного остаточного лугового (предкавказского рерасового) чернозема. Материалы конференции «Научные основы рационального использования почв Северного Кавказа и пути повышения их плодородия» 24-27 июля 1969г. Нальчик. 1971. с. 31-325.

16. Боров А.Х. Экономика Кабардино-Балкарской Республики в контексте пространственной дифференциации российского общества // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 5(115). С. 95-115. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-5-115-95-115.

References

1. Gumerov R. (2009). How to ensure the country's food security? Russian Economic Journal, pp. 6-11.

2. Kondratenko E.P., Konstantinova O.B., Soboleva O.M., Izhmulkina E.A., Verbitskaya N.V., Sukhoi A.S. (2015). The content of protein and amino acids in grain of winter crops growing in the territory of the forest-steppe of the south-east of Western Siberia. Chemistry of plant raw materials, no. 3, pp. 143-150.

3. Lysikov Yu.A. (2012). Amino acids in human nutrition. EikG, no. 2, pp. 88-105.

4. Food hygiene. Edited by K.S. Petrovsky (1971). Moscow, Medicine, vol. 1, 511 p.

5. Gad Galili, Rachel Amir // The Regulation of Essential Amino Acid Synthesis and Accumulation in Plants. Annual Review of Plant Biology 67(1). DOI: 10.1146/annurev-arplant-043015-112213.

6. Nikolaeva M.A., Lebedeva T.P. (2016). The state and prospects of development of the Russian apple market, no. 2 (23), pp. 106-109.

7. Dwyer J.T. (2015). Fortification and Health: Challenges and Opportunities. Advances in Nutrition, no. 6 (1): 124-131.

8. Kulabukhova D.Y. (2015). The global problem of providing humanity with protein. Theory and practice of modern science, no. 6 (6).

9. Rozhdestvenskaya L.N., Rogova O.V. (2020). On the need to ensure the physical and economic accessibility of a healthy diet for the population. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology, no.1, pp. 94-110.

10. Nikitin D.A. (2022). Microbiological indicators of ecological functions of soils (review) / D.A. Nikitin, M.V. Semenov, T.I. Chernov, N.A. Ksenofontova, A.D. Zhelezova, E.A. Ivanova, N.B. Khitrov, A.L. Stepanov. Soil Science, no. 2, pp. 228-243. DOI: 10.31857/S0032180X2202009.

11. Anderson T.H. (2010). Soil microbial biomass: The eco-physiological approach. Soil Biol. Biochem, vol. 42, issue 12, P. 2039-2043.

12. Grinets L.V., Senkova L.A., Mingalev S.K. (2019). Biological activity of soil. Agrarian education and science, no. 2, p. 14.

13. Konov M.A. Complex fertilizer: patent of the Russian Federation No. RU 2762361, application no. 2021114146 dated 05/19/2021: publ. 12/20/2021. 11 p.

14. Zanirov A.H., Taov R.H., Aznaeva M.A., Khashkhodev I.T., Bakuev Zh.Kh., Satibalov A.V. (2023). The influence of the bio-organomineral complex of AKM on the biological activity of the soil, productivity of apple trees and fruit quality. Fruit growing and viticulture of the South of Russia, no. 84(6), pp. 121-135.

15. Fiapshv B.H., Khachetlov R.M., Shkhatseva S.H. (1971). On the effect of long-term fertilizer on the fertility elements of ordinary micellar-carbonate residual meadow (pre-Caucasian terraces) chernozem. Materials of the conference «Scientific foundations of rational use of soils of the North Caucasus and the way to increase their fertility» July 24-27, 1969, Nalchik, pp.31-325.

16. Borov A.H. (2023). The economy of the Kabardino-Balkarian Republic in the context of spatial differentiation of Russian society. Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, no. 5(115), pp. 95-115. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-5-115-95-115.

Информация об авторах:

Альтудов Юрий Камбулатович, доктор экономических наук, доктор технических наук, исполняющий обязанности ректора Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-2520-8267>, yka@kbsu.ru

Борукаева Ирина Хасанбиевна, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии человека Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1180-228X>, irborukaeva@yandex.ru

Занилов Амиран Хабидович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник центра декарбонизации АПК и региональной экономики Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-8635-6501>, amiran78@inbox.ru

Конов Магомед Абубекирович, генеральный директор Научно-производственного объединения «Радий», info@npp-radiy.ru

Information about the authors:

Yuri K. Altudov, doctor of economics, doctor of technical sciences, acting rector of Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-2520-8267>, yka@kbsu.ru

Irina K. Borukaeva, doctor of medical sciences, head of the department of normal and pathological human physiology of Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1180-228X>, irborukaeva@yandex.ru

Amiran K. Zanirov, candidate of agricultural sciences, senior researcher at the center for decarbonization of agriculture and regional economy of Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-8635-6501>, amiran78@inbox.ru

Magomet A. Konov, general director of the scientific and production association «Radium», info@npp-radiy.ru



Научная статья

УДК 631.8

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_565

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИЙ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЭЛИСИТОРА НА РОСТ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ПРИМЕНЕНИЯ

И.А. Быковская¹, Л.В. Осипова¹, К.Р. Матевосян², Д.С. Хачатрян³

¹Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Москва, Россия

²Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

³Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты исследования элиситорной активности производных 2-арил-1,3-L-тиазолин-4-карбоновой кислоты на физиолого-биохимический статус ростков пшеницы сорта Тризо. Опыты проводили в 2021-2023 гг. в ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» совместно с Национальным исследовательским центром «Курчатовский институт». Схема опыта включала различные приемы воздействия на растения: предобработка семян (ПОС), фолиарная обработка (ФО) вегетирующих растений и оценка последствий модификаций элиситора — Sf-40, Sf-45, Sf-50, Sf-51, в концентрациях — 0,01; 0,1; 0,8 мМ. Физиолого-биохимический статус проростков оценивали по интенсивности перекисного окисления липидов мембран (ПОЛ), который определяли по накоплению малонового диальдегида (МДА) и фотосинтетических пигментов. Полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии всех изученных в исследовании приемов обработки элиситором на устойчивость растений к осмотическому стрессу на первых этапах онтогенеза. Обработка семян растворами модификаций элиситора (Sf-40, Sf-45, Sf-50, Sf-51) в концентрациях — 0,01; 0,1; 0,8 мМ перед проращиванием показала, что элиситор не увеличивает прирост ростков по сравнению с контрольным вариантом, но стимулирует линейные размеры корней на 10-12% всеми модификациями препарата. Исследование фолиарной обработки вегетирующих растений показало, что реакция роста и корневой системы проростков была различной и зависела от концентрации элиситоров. Оценка последствий модификаций элиситора, показала, что эта обработка тормозит ростовую функцию надземной части проростков, в большей степени, чем корней. Репарационные способности более выражены у проростков, выращенных при самой низкой концентрации элиситора — 0,01 мМ. Оптимальной концентрацией при предпосевной обработке семенного материала, является 0,1 мМ, при фолиарной обработке и оценке последствий препарата концентраций 0,01 мМ.

Ключевые слова: элиситор, пшеница, малоновый диальдегид, абиотический стресс

Original article

THE EFFECT OF SYNTHETIC ELICITOR MODIFICATIONS ON THE GROWTH AND STABILITY OF SPRING WHEAT IN VARIOUS APPLICATIONS

I.A. Bykovskaya¹, L.V. Osipova¹, K.R. Matevosyan², D.S. Khachatryan³

¹All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, Russia

²Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

³National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia

Abstract. The article presents the results of a study of the elicitory activity of derivatives of 2-aryl-1,3-L-thiazoline-4-carboxylic acid on the physiological and biochemical status of wheat germ of the Trizo variety. The experiments were conducted in 2021-2023 at the Federal State Budgetary Scientific Institution «Research Institute of Agrochemistry» together with the National Research Center «Kurchatov Institute». The scheme of the experiment included various methods of exposure to plants: seed pretreatment (STP), foliar treatment (FO) of vegetative plants and evaluation of the aftereffect of the elicitor modifications — Sf-40, Sf-45, Sf-50, Sf-51, in concentrations — 0.01; 0.1; 0.8 mM. The physiological and biochemical status of seedlings was assessed by the intensity of membrane lipid peroxidation (POL), which was determined by the accumulation of malondialdehyde (MDA) and photosynthetic pigments. The data obtained indicate a positive effect of all the elicitor treatment techniques studied in the study on the resistance of plants to osmotic stress at the first stages of ontogenesis. Seed treatment with solutions of elicitor modifications (Sf-40, Sf-45, Sf-50, Sf-51) in concentrations — 0.01; 0.1; 0.8 mM before germination showed that the elicitor does not increase the growth of sprouts compared to the control variant, but stimulates the linear dimensions of the roots by 10-12% with all modifications of the drug. A study of foliar treatment of vegetative plants showed that the reaction of the sprout and the root system of seedlings was different and depended on the concentration of elicitors. Evaluation of the aftereffect of the elicitor modifications showed that this treatment inhibits the growth function of the aboveground part of the seedlings, to a greater extent than the roots. The reparative abilities are more pronounced in seedlings grown at the lowest concentration of the elicitor — 0.01 mM. The optimal concentration for pre-sowing treatment of seed material is 0.1 mM, for foliar treatment and evaluation of the aftereffect of the drug concentrations of 0.01 mM.

Keywords: elicitor, wheat, malondialdehyde, abiotic stress

Введение. Биосферные изменения за последние десятилетия привели к увеличению погодных аномалий и повышению климатических рисков для продовольственной безопасности страны [1,2]. В связи с этим интересы научного сообщества направлены на поиск веществ, способных снижать негативное влияние абиотических стрессов и повышать устойчивость зерновых культур.

Повышение устойчивости к стресс факторам различной природы решается наряду с подхо-

дами классической селекции и генной инженерии, путем применения различных биогенных и синтетических соединений, которыми обрабатывают семена до посева или проводят некорневые подкормки на отдельных этапах онтогенеза. Предобработка семян и фолиарная обработка — распространенный прием в практике производства зерна, которые направлены на стимуляцию прорастания, равномерное развитие растений в агроценозе, что обеспечивает эффективное использование почвенной

влаги и солнечной энергии, активизирует формирование фотосинтетического аппарата и начало фотосинтеза,

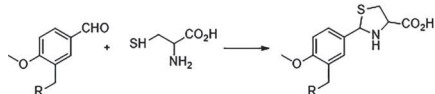
При поиске экологически безопасных и агрохимически эффективных препаратов, повышающих стрессоустойчивость яровых зерновых культур, широко применяются элиситоры, вещества активизирующие у растений собственные защитные механизмы. Элиситоры применяются в низких концентрациях, не обладают биотическим действием, не загрязняют окружающую

среду. Считается, что элиситоры воспринимаются растениями и являются триггером для активации синтеза эндогенных антиоксидантов и запуска протекторных механизмов [3-7].

В проведенных экспериментах изучали действие элиситоров синтетических аналогов природного соединения — ингибитора образования нейрозендокринных опухолей, синтезированных в ЦКП «Исследовательский химико-аналитический центр НИЦ «Курчатовский институт».

Основанием для изучения этих соединений явился постулат современной биохимии об общности всех живых организмов на молекулярном уровне, использовании одних и тех же метаболических путей для синтеза компонентов клетки, сходстве последовательностей генов и структуры белков (8).

Для исследования физиологических свойств элиситоров были синтезированы новые производные 2-арил-1,3-тиазолин-4-карбоновых кислот:



Цель работы заключалась в изучении влияния различных способов обработки и концентраций модификаций элиситора на физиологический статус проростков пшеницы, характеризующий их рост и устойчивость к осмотическому стрессу, индуцированному раствором сахарозы.

Методика исследований. Лабораторные опыты проводили с яровой пшеницей (*Triticum aestivum*) сорта Тризо.

Родословная сорта: Kadett x Weihenstephan Stamm. Включен в Госреестр в 2004 году. Разновидность лютеценс. Сорт среднеспелый с вегетационным периодом 85-90 дней. Куст промежуточной формы. Соломина с сильным восковым налетом на верхнем междоузлии. Колос пирамидальный, плотный, белый. Зерно окрашенное. Масса 1000 зерен 33-40 грамм. Средняя урожайность пшеницы Тризо 2,97 тонн с гектара.

Оценивали четыре образца представляющие собой сухие порошки или кристаллы: Sf-45, Sf-41, Sf-86, Sf-130 с молекулярным весом, г/моль: 418,55; 392,43; 395,42; 343,83, соответственно.

Отмечено, что образцы растворимы в этаноле, водном растворе соды и диметилсульфоксиде. Согласно рекомендациям для приготовления растворов образцы растворяли в 0,8 мМ растворе соды. Однако в таком растворе образцы Sf-86, Sf-130 образовывали мутный осадок и растворение было неполным. При использовании спирта в качестве растворителя оценивали его влияние на всхожесть семян.

Комбинированное применение элиситора и спирта не повлияло на всхожесть зерна ярового ячменя, однако стимулировало рост проростка на 15, 51,9, 100% при концентрациях Sf-45 — 0,01; 0,1 и 0,8%, соответственно. Поэтому от использования спирта в качестве растворителя отказались. Плохо растворимые образцы, Sf-86, Sf-130, были заменены на образцы: Sf-40, Sf-50 с молекулярным весом, г/моль: 364,38; 309,77, соответственно.

В серии лабораторных опытов изучали влияние трех концентраций -0,01мМ, 0,1мМ, 0,8мМ, каждого препарата — Sf-40, Sf-45, Sf-50, Sf-51 на физиологические показатели яровой пшеницы на первых этапах органогенеза. Оценивали влияние предобработки семян, фолиарное

воздействие и проращивание на среде культивирования с элиситором. Растения, выращивали в рулонной культуре (ГОСТ 120038-84) в климатической термокамере (при поддержании постоянной температуры и влажности воздуха) в оптимальных условиях в среде культивирования (7 суток) и при действии стресса, индуцированного осмотическим раствором сахарозы (2-е суток на воде, затем 5 суток на осмотике). Затем проростки переносили на световую площадку на 45 минут. При освещении проростка активируется процесс дестигмации, подавляется вытягивание побега, перестраивается гормональный статус, формируются фотосинтетически активные листья и начинается фотосинтез. Первый период развития растений является критическим и во многом определяет дальнейшую стратегию формирования продуктивности пшеницы.

Физиологический статус проростков оценивали по интенсивности перекисного окисления липидов мембран (ПОЛ) и активности синтеза фотосинтетических пигментов. Уровень окислительных процессов определяли по накоплению малонового диальдегида (МДА), содержание которого определяли по реакции с тиобарбитуровой кислотой. Содержание хлорофиллов а, в и каротиноидов определяли по Хальмену-Ветштейну в ацетоновой вытяжке спектрометрическим методом при длинах волн 662, 644, 440,5 нм. соответственно [9]. Определяли линейные размеры проростков и оценивали депрессию роста при осмотическом стрессе, индуцированном раствором сахарозы.

Предобработку семян проводили различными концентрациями элиситора.

Фолиарную обработку проводили путем опрыскивания проростка до полного увлажнения.

О влиянии элиситора на ростовую функцию судили по изменению длины ростка и определяли относительную скорость роста.

Депрессию роста первичных корешков и проростков при проращивании на осмотике в условиях стресса рассчитывали по отношению к контролю без стресса и/или с применением элиситора.

Повторность опытов четырехкратная, данные на рисунках и таблицах представлены в виде средних, оценка достоверности различий устанавливалась по t-критерию Стьюдента [10].

Результаты и их обсуждение. В проведенных исследованиях было установлено, что в оптимальных условиях культивирования предобработка семян всеми модификациями элиситора не повлияла на всхожесть и энергию прорастания яровой пшеницы, но отдельные концентрации различных модификаций препарата стимулировали рост проростка. Линейные размеры подземной части увеличивались под действием 0,01 мМ Sf-40, длина первичных корешков возросла одинаково при ПОС всеми модификациями препарата на 10-12% наибольшее увеличение отмечалось при применении Sf-51 при концентрации 0,8 мМ (рис. 1, 2).

При действии абиотического стресса, индуцированного осмотически активным раствором сахарозы, наблюдалось снижение интенсивности ростовых процессов. Депрессия роста ростка в контрольном варианте составляла 69,7%. Торможение роста надземной части зависело от концентрации и вида препарата. Использование элиситора снижало негативное действие стрессора. Наибольшее протекание действия всех

модификаций элиситора отмечалось при концентрации 0,1 мМ (табл. 1).

Длина ростка уменьшалась на 7,8; 50,6; 8,8 и 45,4, соответственно при следующих модификациях Sf-40, Sf-45, Sf-50 и Sf-51. При более низких и высоких концентрациях депрессия роста была выше. Аналогичная закономерность наблюдалась и при анализе ростовой функции зародышевых корешков. Замедление роста при концентрации 0,1 мМ было выражено в меньшей степени и составляло, % от контроля — 19,2; 10,5; 19,2; 21,9, при концентрации 0,01 мМ — 30,5; 13,0; 30,5; 52,6, а при концентрации 0,8 мМ — 17,8; 34,6; 27,7 и 25,9 соответственно, при обработке семян Sf-40, Sf-45, Sf-50 и Sf-51 (табл. 1). Наиболее устойчивы к стрессовому воздействию оказались проростки, обработанные модификациями Sf-40 и Sf-50.

Изменение ростовых показателей при действии стрессового воздействия сопровождалось накоплением в проростках пшеницы малонового диальдегида (МДА), маркера окислительного стресса. К настоящему времени установлены неспецифические физиолого-биохимические ответы растений на любые неблагоприятные факторы — это увеличение окислительных процессов из-за повышенной генерации свободных радикалов и усиление перекисного окисления липидов мембран (ПОЛ), в результате накопления МДА (табл. 2).

Растения, семена которых были обработаны Sf-40 в анализируемых вариантах различались по накоплению МДА в надземной части и в корнях, где его содержание было приблизительно в два раза больше (табл. 2). Под воздействием элиситора интенсивность окислительного стресса в проростках снижалась при применении всех концентраций препаратов. Наиболее оптимальным оказался вариант, в котором растения обрабатывали препаратом с концентрацией 0,1 мМ.

Закономерности влияния модификаций препаратов Sf-45, Sf-50, Sf-51 на окислительный статус проростков были аналогичны действию Sf-40, наибольшая устойчивость растений отмечалась также при концентрации препарата 0,1 мМ.

Для оценки эффективности фолиарной обработки семена пшеницы проращивали в водной культуре семь суток далее половину проростков переносили на осмотический раствор сахарозы 3,8 атм., через 2 суток проводили опрыскивание модифицированными препаратами до полного смачивания листьев. Как показали проведенные исследования реакция роста и корневой системы проростков была различной и зависела от концентрации элиситоров. В оптимальных условиях фолиарная обработка незначительно повлияла на их ростовую функцию. Так линейные размеры ростка под действием элиситора Sf 40 при концентрации 0,01 мМ увеличились на 10,4%, и не изменились при концентрациях 0,1 и 0,8 мМ (рис. 3). Фолиарная обработка привела к значительному торможению роста у зародышевых корней.

Подобный ответ растений на внекорневое воздействие обусловлен взаимодействием ростка и корневой системы проростков в результате дальнего транспорта регуляторных молекул, передающих информацию от ростка к корню. Наличие таких молекул было предсказано, а позже и доказано [11-13]. Роль сигнальных молекул выполняют мобильные пептиды, состоящие из 12-15 аминокислот, которые могут

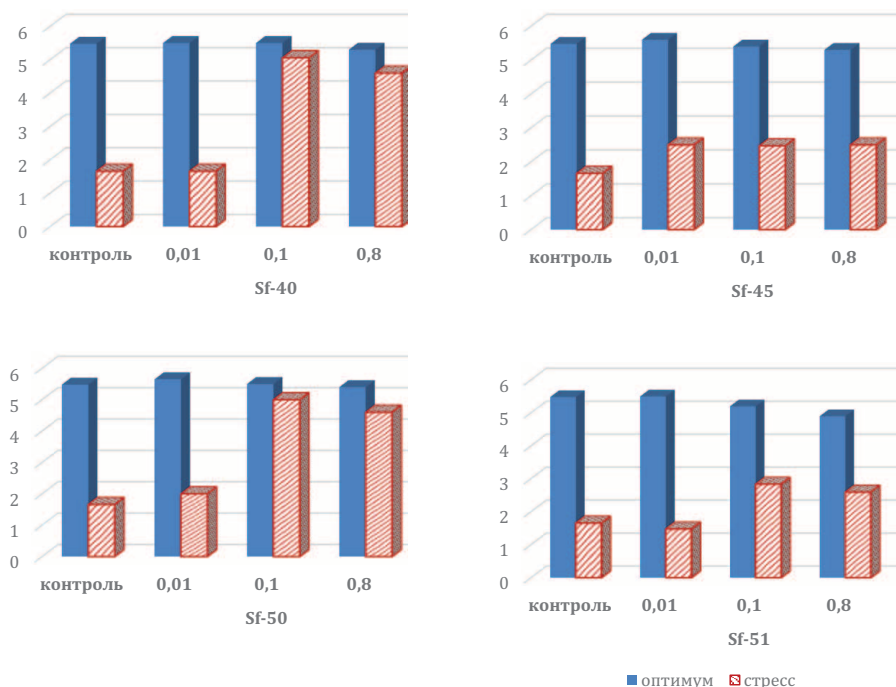


Рисунок 1. Влияние концентрации и модификации элиситора на длину ростка в оптимальных условиях и при осмотическом стрессе

Figure 1. The effect of elicitor concentration and modification on germ length under optimal conditions and under osmotic stress

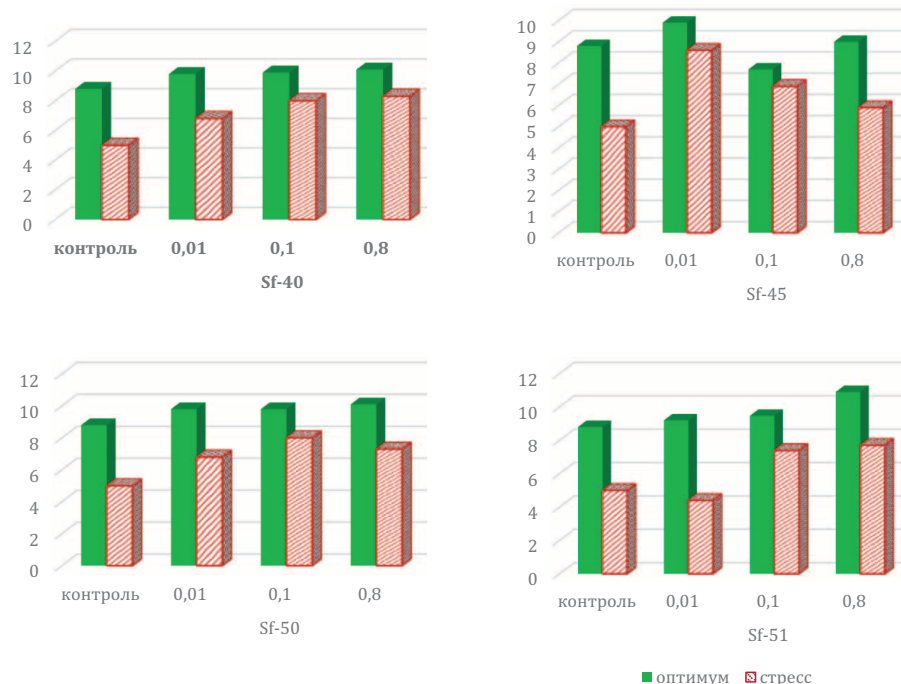


Рисунок 2. Влияние концентрации и модификации элиситора на длину корня в оптимальных условиях и при осмотическом стрессе

Figure 2. The effect of elicitor concentration and modification on root length under optimal conditions and under osmotic stress

Таблица 1. Депрессия роста проростков при действии осмотического стресса при ПОС различными модификациями элиситора, %
Table 1. Depression of the growth of seedlings under the action of osmotic stress in STP with various modifications of the elicitor, %

Показатели	Концентрация, мМ							
	ростки				корни			
	0	0,01	0,1	0,8	0	0,01	0,1	0,8
Sf 40	-	66,4	7,8	14,3	-	30,5	19,2	17,8
Sf 45	-	52,2	50,6	54,9	-	13,0	20,5	34,6
Sf 50	-	64,1	8,8	14,3	-	30,5	18,2	27,7
Sf 51	-	73,1	45,4	48,7	-	52,6	21,9	25,9
контроль	69,7				42,9			

действовать на месте синтеза или транспортироваться в другие органы, изменяя метаболизм и интенсивность ростовых процессов.

При культивировании проростков после фолиарной обработки на осмотике, имитирующем водный стресс, ростовые процессы были заторможены. Депрессия роста зависела от концентрации элиситора. Меньшее торможение было отмечено при концентрации 0,01 мМ и составило 35,3 и 53,2%, соответственно у листьев и корней по сравнению с аналогичным поливным вариантом, задержка роста у растений которого была 63,8 и 88,3% (табл. 3).

Все изученные концентрации элиситора снижали ингибирование роста корешков и проростка, по сравнению с необработанным контролем, что свидетельствует об их протекторном воздействии.

При изучении действия фолиарной обработки элиситором было установлено, что в условиях осмотического стресса с увеличением концентраций препарата возрастало содержание МДА в ростках и корнях, свидетельствующее об увеличении напряженности стресса. Прямой зависимости между накоплением МДА и линейными размерами проростка не прослеживалось (табл. 4).

Экспериментальные данные, полученные многочисленными исследователями за последнее десятилетие, свидетельствуют о транзитном повышении содержания определенных сигнальных молекул, в том числе и активных форм кислорода, приводящем к усилению ПОЛ при действии стрессоров различной природы. Как видно из данных таблицы 4 применение элиситора во всех концентрациях, снижает негативное стрессовое воздействие, о чем свидетельствуют меньшие значения этого параметра по сравнению с необработанным контролем. Возможно, различия по содержанию МДА в изученных вариантах концентраций связаны с различной активностью антиоксидантной системы.

При оценке действия фолиарной обработки модификациями Sf-45, Sf-50, Sf-51 установлены аналогичные закономерности изменения ростовых параметров: незначительное влияние или его отсутствие на линейные размеры наземной части, задержка роста корневой системы и протекторное действие элиситоров на ростовую функцию в стрессовых условиях. Изучение состояния пигментной системы растений пшеницы показало достоверное увеличение содержания каротиноидов при применении всех модификаций элиситора в оптимальных условиях и при действии стресса, что подтверждает защитную способность препарата (табл. 5).

Таким образом, фолиарная обработка пшеницы элиситором в оптимальных условиях культивирования привела к торможению роста корневой системы. При действии осмотического стресса оказывала протекторное действие на



Таблица 2. Влияние препарата Sf-40 на содержание МДА в проростках пшеницы в корнях и при стрессе, мкМ/г

Table 2. The effect of Sf-40 on the content of MDA in wheat seedlings in the roots and under stress, mcM/g

вариант	росток		корень	
	опт	стресс	опт	стресс
контроль	1,15±0,08	2,79±0,011	2,62±0,1	4,23±0,025
Элиситор 0,01мМ	0,96±0,02	2,33±0,09	2,04±0,095	3,41±0,17
Элиситор 0,1 мМ	1,21±0,086	1,18±0,07	2,41±0,012	3,05±0,15
Элиситор 0,8 мМ	1,34±0,091	2,11±0,10	2,35±0,011	2,95±0,14



Рисунок 3. Влияние концентрации элиситора на параметры роста пшеницы при фолитарной обработке в нормальных условиях культивирования и действии стресса

Figure 3. The effect of the concentration of the elicitor on wheat growth parameters during foliar processing under normal cultivation conditions and the effect of stress

Таблица 3. Влияние концентрации элиситора Sf-40 на параметры роста растений

Table 3. The effect of the concentration of the Sf-40 elicitor on plant growth parameters

Показатели	длина ростков, см				длина корней, см			
	конт-роль	Концентрация, мМ			конт-роль	Концентрация, мМ		
		0,01	0,1	0,8		0,01	0,1	0,8
оптимум	7,7	7,2	8,5	7,8	10,8	7,9	6,2	5,1
стресс	2,6	5,5	3,6	3,4	1,7	3,7	2,8	2,4
Процент снижения от оптимума, %	66,2	23,5	57,6	57,6	88,3	53,2	54,8	56,6

Таблица 4. Влияние элиситора Sf-40 на параметры физиолого-биохимического статуса пшеницы при осмотическом стрессе

Table 4. The effect of the Sf-40 elicitor on the parameters of the physiological and biochemical status of wheat under osmotic stress

Вариант обработки	ростки						корни			
	Длина		МДА		Содержание хлорофиллов a, b и каротиноидов, мг/г сыр массы		длина		МДА	
	см	% к контролю	мкМ/г сыр массы	% к контролю	каротиноиды	Σ хл а и хл в	см	% к контролю	мкМ/г сыр массы	% к контролю
Контроль	2,6	100	2,15±0,11	100	4,49±0,19	1,1±0,4	1,7	100	5,38±0,24	100
0,01мМ	5,5	110	0,77±0,03	-64	7,85±0,34	1,8±0,62	3,7	117	0,64±0,024	-88
0,1 мМ	3,6	38	1,4±0,055	-34	7,30±0,38	2,0±0,05	2,9	70	2,3±0,081	-57
0,8 мМ	3,4	31	1,28±0,81	-40	5,33±0,20	1,4±0,048	2,4	41	2,0±0,063	-63

Таблица 5. Содержание каротиноидов в листе при фолитарной обработке различными концентрациями изучаемых препаратов (мг/100 г сыр массы)

Table 5. The content of carotenoids in the leaf during foliar treatment with various concentrations of the studied drugs (mg /100 g of cheese weight)

концентрация	Контроль		0,01		0,1		0,8	
	оптимум	стресс	оптимум	стресс	оптимум	стресс	оптимум	стресс
контроль	7,63±0,31	4,49±0,22	-	-	-	-	-	-
Sf-40	-	-	9,64±0,42	7,70±0,35	9,02±0,41	7,35±0,29	9,51±0,40	5,33±0,28
Sf-45	-	-	11,88±0,49	5,65±0,26	7,81±0,36	3,92±0,16	10,08±0,51	3,54±0,15
Sf-50	-	-	8,73±0,36	6,22±0,029	7,96±0,38	5,29±0,21	5,46±0,23	6,6±0,35
Sf-51	-	-	11,76±0,52	4,75±0,22	9,54±0,46	3,77±0,15	8,93±0,39	3,73±0,17

ростовую функцию сохраняя активность роста ростка и корней.

При оценке действия различных концентраций элиситора лучшей оказалась концентрация 0,01 мМ по сравнению с 0,1 и 0,8 мМ, так как в оптимальных условиях культивирования она в меньшей степени тормозила рост корневой системы, а при действии стресса оказывала протекторное влияние на ростовую функцию проростка, уменьшала ПОЛ и увеличивала синтез пигментов.

Для оценки физиологического воздействия препарата, оценивали действие модификаций элиситора Sf-40. Зерновки пшеницы проращивали на растворах препарата Sf-40 с возрастающей концентрацией затем, на 4 сутки проростки пересаживали на плотки, в качестве которых служили полистироловые планшеты с отверстиями на раствор осмотика и/или воду. Как показали проведенные эксперименты ответная реакция растений заключалась в снижении скорости роста первичных корешков на 10,2-12,3% при всех концентрациях элиситора и торможении роста надземной части проростка на 51,2-58,1% от контроля — (без элиситора) (табл. 6).

При непосредственном контакте с элиситором изменения ростовых функций происходили у другой части растений. Так, обрабатываемый лист — тормозится рост корня, при контакте корневой системы с препаратом замедляется рост надземной части растения.

По данным литературных источников [14,15], взаимодействие надземной и корневой систем растения, через посредничество сигнальных молекул приводит к изменению содержания цитокинов и абсцизовой кислоты в соответствующих органах растений, что определяет интенсивность их роста.

Определение активности ростовых процессов после перестановки растений с раствора элиситора на воду выявили значительные различия изучаемых концентраций Sf-40. Наибольшая относительная скорость роста, оцениваемая, как величина прироста в сутки на единицу уже существующей массы, оказалось при самой низкой концентрации элиситора — 0,01 мМ (табл. 6).



Таблица 6. Действие и последствие различных концентраций элиситора Sf-40 на ростовые показатели
Table 6. Effect and aftereffect of various concentrations of the Sf-40 elicitor on growth indicators

Вариант	Снижение роста к контролю, %		Относительная скорость роста после перестановки, усл. Ед.			
	ростки	корни	на воду		на раствор осмотика	
			ростки	корни	ростки	корни
Контроль	100	100	0,298	0,135		
0,01мМ	58,1	10,6	0,104	0,096	0,98	0
0,1 мМ	44,8	12,3	0,058	0,053	0,039	0
0,8 мМ	51,2	10,2	0,085	0,023	0,059	0

При переносе растений с раствора элиситора на осмотически активный раствор сахарозы, рост корней остановился, а росток продолжал развиваться, наибольшая активность отмечалась у растений, ранее культивированных на растворе элиситора с концентрацией 0,01 мМ.

Необходимо отметить, что в отличие от элиситора, действие осмотического раствора прямо направлено на контактирующие с ним органы.

При культивировании растений на растворах элиситора тормозится ростовая функция надземной части проростков, в большей степени, чем корней. Репарационные способности более выражены у проростков, выращенных при самой низкой концентрации элиситора — 0,01 мМ.

Таким образом, все изученные в эксперименте способы применения элиситоров способствуют повышению устойчивости растений к осмотическому стрессу на первых этапах вегетации. Оптимальной концентрацией при предпосевной обработке семенного материала, является 0,1 мМ, при фоллиарной обработке и оценке последствие препарата концентрации 0,01 мМ.

Список источников

- Шкляров А.П. Аграрное производство в условиях глобального изменения климата // Аграрная экономика. 2021, № 6. С. 85-94.
- Порфирьев Б.Н. Изменения климата и экономика России: тенденции, сценарии, прогнозы. Монография. М.: «Научный консультант», 2022. 514 с.
- Bartels S., Boller T. Quo vadis, Pep? Plant elicitor peptides at the crossroads of immunity, stress, and development // Journal of Experimental Botany. V. 66. I. 17. August 2015. P. 5183-5193.
- Jones J.P.G., Dangl J.L. The plant immune system // Nature. 2006. Vol. 444. P. 323-329.
- Соколов Ю.А. Элиситоры и их применение в растениеводстве. : Минск: Белорусская наука, 2006. 203 с.

Информация о авторах:

Быковская Ирина Александровна, старший научный сотрудник, лаборатория физиологии минерального питания и устойчивости, Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6241-7520>, bykovskaya_irina@bk.ru
Осипова Людмила Владимировна, доктор биологических наук, заведующая лабораторией физиологии минерального питания и устойчивости, Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5375-4939>, legos4@yandex.ru
Матевосян Каринэ Рафаеловна, доцент кафедры органической химии, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-9447-9148>, karine.rafaelovna@gmail.com
Хачатрян Дереник Саркисович, кандидат химических наук, начальник лаборатории природных соединений, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5490-5652>, derenik-s@yandex.ru

Information about authors:

Irina A. Bykovskaya, senior researcher, laboratory of physiology of mineral nutrition and sustainability, All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6241-7520>, bykovskaya_irina@bk.ru
Lyudmila V. Osipova, doctor of biological sciences, head of the laboratory of physiology of mineral nutrition and sustainability, All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5375-4939>, legos4@yandex.ru
Karine R. Matevosyan, assistant professor in department of organic chemistry, D. Mendeleev University Chemical Technology of Russian, ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-9447-9148>, karine.rafaelovna@gmail.com
Derenik S. Khachatryan, candidate of chemical sciences, head of laboratory of natural compounds, National Research Center «Kurchatov Institute», ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5490-5652>, derenik-s@yandex.ru

2. Porfir'ev B.N. (2022). *Izmeneniya klimata i ehkonomika Rossii: tendentsii, stsennarii, prognozy*. Monografiya. [Climate change and the Russian economy: trends, scenarios, forecasts. Monograph.] Moscow: «Nauchnyi konsultant», 514 p.

3. Bartels S., Boller T. (2015). Quo vadis, Pep? Plant elicitor peptides at the crossroads of immunity, stress, and development. Journal of Experimental Botany, vol. 66, i. 17, pp. 5183-5193.

4. Jones J.P.G., Dangl J.L. (2006). The plant immune system. Nature, vol. 444, pp. 323-329.

5. Sokolov Yu.A. (2006). *Ehlsitory i ikh primeneniye v ras-tenievodstve*. [Elicitors and their application in crop production.] Minsk, Belorusskaya nauka, 203 p.

6. Yamaguchi Y., Huffaker A. (2011). Endogenous peptide elicitors in higher plants. Current opinion in plant biology, vol. 14, no. 4, pp. 351-357. DOI: 10.1016/j.pbi.2011.05.001

7. Tyuterev S.L. (2015). *Ehkologicheski bezopasnye induktory ustoichivosti rasteniy k boleznyam i fiziologicheskim stres-sam* [Environmentally safe inducers of plant resistance to diseases and physiological stresses]. Vestnik zashchity rasteniy, vol. 1, no. 83, pp. 3-13.

8. Nel'son D., Koks M. (2020). *Osnovy biokhimii Lenin-dzhera* [Fundamentals of biochemistry of Leningrad]. Moscow, Laboratoriya ZNANI, vol. 1, 694 p.

9. Bykovskaya I.A., Osipova L.V. (2023). Vliyaniye novogo poliehlementnogo agrokhimikata na rost i ustoichivost' yarovoi pshenitsy i gorokha na pervykh etapakh razvitiya [The influence of a new polyelement agrochemical on the growth and stability of spring wheat and peas at the first stages of development]. International Agricultural Journal, no. 1 (391), pp. 53-57.

10. Dospekhov B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Textbooks and studies. benefits for higher education. studies. establishments], Moscow, Agropromizdat, 351p.

11. Chirkova T.V. (2002). *Fiziologicheskie osnovy ustoichi-vosti rasteniy* [Physiological foundations of plant resistance]. Uchebnoe posobie studentov biologicheskikh fakul'tetov vuzov, Saint-PetersburgSPb, SPbGU, 244 p.

12. Oh E., Seo P.J., Kim J. (2018). Signaling peptides and receptors coordinating plant root development. Trends Plant Sci, vol. 23, no. 4, pp. 337-351. DOI: 10.1016/j.tplants.2017.12.007

13. Delves A.C. et al. (1986). Regulation of the soybean-Rhizobium nodule symbiosis by shoot and root factors. Plant Physiol, vol. 82, no. 4, pp. 588-90. DOI: 10.1104/pp.82.2.588

14. Davies W.J., Kudoyarova G., Hartung W. (2005). Long-distance ABA Signaling and Its Relation to Other Signaling Pathways in the Detection of Soil Drying and the Mediation of the Plant's Response to Drought. Journal of Plant Growth Regulation, vol. 24, no. 4, pp. 285-295. DOI: 10.1007/s00344-005-0103-1

15. Jeschke D.W., Hartung W. (2000). Root-shoot interactions in mineral nutrition. Plant and Soil, vol. 226, no.1, pp. 57-69.

References

- Shklyarov A.P. (2021). *Agrarnoe proizvodstvo v uslovi-yakh global'nogo izmeneniya klimata* [Agricultural production in the context of global climate change] Agrarnaya ehk-nomika, no. 6, pp. 85-94.





Научная статья

УДК 631.51: 633.853.483

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_570

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ГОРЧИЦЫ

Е.В. Кузина

Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.С. Немцова —
филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального
исследовательского центра Российской академии наук, Ульяновск, Россия

Аннотация. Горчица является ценным источником получения высококачественного масла, обладает фитомелиоративными и фитосанитарными свойствами, широко используется в разных отраслях промышленности. В данное время мало изучены требования горчицы к обработке почвы и уровню питания, поэтому целью наших исследований было определение продуктивности, экономической и энергетической эффективности возделывания горчицы в зависимости от систем обработки почвы на различных фонах питания. В статье приведены результаты комплексного исследования, проведенного в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Установлено, что наибольшая урожайность достигалась на удобренном фоне. Однако из-за низкой продуктивной влаги в почве минеральные удобрения не дали должного эффекта, в среднем по вариантам обработки увеличение урожайности относительно не удобренного фона не превышало 0,19 т/га. Наиболее эффективное сочетание удобрений и способов основной обработки проявилось на варианте с дифференцированной обработкой, где прибавка при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ составила 0,25 т/га, относительно естественного фона соответствующей обработки и 0,33 т/га, в сравнении с не удобренным вариантом вспашки. Показано, что наибольшая отзывчивость в сборе семян от удобрений, наблюдавшаяся на варианте с дифференцированной обработкой, обеспечила максимальную прибавку урожая от применения удобрений в размере 1,25 кг семян на каждый килограмм удобрений. И окупала денежные затраты, которые пошли на приобретение и внесение удобрений соответственно на 126%, против контроля, где окупаемость не превышала 90%. Экономически эффективной оказалась дифференцированная в севообороте обработка почвы, где с 1 га было получено 21863 руб. прибыли с уровнем рентабельности 199%, что на 32% и 71% выше показателей полученных на варианте с ежегодной отвальной обработкой. Коэффициент энергетической эффективности, возделывания горчицы по вариантам опыта изменялся от 0,95 до 1,33. Окупаемость энергетических затрат выходом валовой энергии была ниже на мелкой весенней обработке по сравнению с контрольным и другими вариантами на 0,14–0,38 ед., что было связано со сравнительно невысоким накоплением энергии в урожае. Наибольшие значения получены на вариантах с дисковой и дифференцированной обработкой почвы, где показатели были на 21–22% выше по сравнению со вспашкой.

Ключевые слова: обработка почвы, горчица, минеральные удобрения, экономическая эффективность, рентабельность, урожайность

Original article

EFFICIENCY OF SOIL TILLAGE SYSTEMS AT DIFFERENT BACKGROUND OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CULTIVATION OF MUSTARD

E.V. Kuzina

Ulyanovsk Scientific Research Institute of Agriculture named after N.S. Nemtsev —
Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Samara Federal
Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ulyanovsk, Russia

Abstract. Mustard is a valuable source of high-quality oil, has phytomeliorative and phytosanitary properties, and is widely used in various industries. At this time, the requirements of mustard for soil cultivation and nutrition levels have been little studied, so the purpose of our research was to determine the productivity, economic and energy efficiency of mustard cultivation depending on soil cultivation systems on different nutritional backgrounds. The article presents the results of a comprehensive study conducted in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region. It was found that the highest yield was achieved on a fertilized background. However, due to low productive moisture in the soil, mineral fertilizers did not give the desired effect; on average, for the treatment options, the increase in yield relative to the unfertilized background did not exceed 0.19 t/ha. The most effective combination of fertilizers and main treatment methods was evident in the variant with differentiated treatment, where the increase when applying $N_{30}P_{30}K_{30}$ was 0.25 t/ha relative to the natural background of the corresponding treatment and 0.33 t/ha in comparison with the unfertilized plowing variant. It was shown that the greatest responsiveness in the collection of seeds from fertilizers, observed in the variant with differentiated treatment, provided the maximum increase in yield from the use of fertilizers in the amount of 1.25 kg of seeds per kilogram of fertilizers. And it paid back the cash costs that went into purchasing and applying fertilizers by 126%, respectively, against the control, where the payback did not exceed 90%. Tillage differentiated in crop rotation turned out to be economically effective, where 21,863 rubles were received from 1 hectare. profits with a profitability level of 199%, which is 32% and 71% higher than the indicators obtained in the option with annual dump processing. The energy efficiency coefficient of mustard cultivation according to the experimental variants varied from 0.95 to 1.33. The return on energy costs in terms of gross energy yield was 0.14–0.38 lower in small-scale spring cultivation compared to the control and other options, which was due to the relatively low accumulation of energy in the crop. The highest values were obtained in variants with disk and differentiated tillage, where the indicators were 21–22% higher compared to plowing.

Keywords: tillage, mustard, mineral fertilizers, economic efficiency, profitability, productivity

Введение. Горчица белая может возделываться вплоть до полярного круга, давая высокие урожаи. Поэтому изучение горчицы белой, оценка ее урожайности и определение энерго-экономической эффективности имеет большое значение для сельскохозяйственного производства [1,2].

Складывающийся в последние годы переход к адаптивной интенсификации растениеводства ориентирует развитие земледелия на ресурсоэнергоэкономичность, экологическую безопасность и рентабельность. При этом не надо забывать, что самой энергоемкой операцией при возделывании сельскохозяйственных

культур — до 40% энергетических и 25% трудовых затрат — является основная обработка почвы [3,4,5], что вызывает необходимость дальнейшего совершенствования системы обработки почвы в направлении ее минимизации.

Особое значение в связи с этим приобретает разработка и освоение инновационных



технологий возделывания сельскохозяйственных культур и в том числе горчицы. Ресурсосбережение является важной составной частью адаптивной стратегии интенсификации растениеводства. Получение высоких стабильных урожаев сельскохозяйственных культур при максимально возможном снижении затрат на их возделывание и одновременном сохранении почвенного плодородия является приоритетной задачей современного земледелия [6].

Новые технологические приёмы, используемые в конкретных экологических условиях, требуют объективной экономической оценки их преимуществ или недостатков. Одним из основных путей её решения является совершенствование систем обработки почвы в направлении сокращения энергозатрат и уменьшения отрицательного механического воздействия на почву [7,8,9].

Многие ученые пришли к выводу, что система обработки почвы в севообороте должна быть дифференцированной, разноглубинной и строиться с учетом почвенно-климатических условий и биологических особенностей выращиваемых культур [10,11,12].

Горчица, исходя из биологических и генетических особенностей, предъявляет определенные требования, как к глубине обработки почвы, так и к условиям минерального питания. Поэтому важно не только определить подходящие системы обработки почвы, но и найти оптимальные уровни питания, чтобы реализовать максимальный потенциал культуры [13].

В научной литературе и производственных кругах нет единого мнения об эффективности и целесообразности минимализации обработки почвы под горчицу, мало изучены требования горчицы к уровню питания. Необходимость решения этих вопросов определяет актуальность наших исследований.

Условия и методика проведения исследований. Двухфакторный полевой опыт заложен на стационарных участках отдела земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур Ульяновского НИИСХ — филиала СамНЦ РАН в лесостепной зоне Среднего Поволжья. Исследования проводились в 2021–2023 гг.

Материалом для исследований служил сорт белой горчицы Ария (*Sinapis alba* L.) — Раннеспелый. Предназначен для возделывания на семена, зеленую массу, сидерат. Урожайность семян 6,2–12,1 ц/га, зеленой массы — 108–203 ц/га. Масса 1000 семян 5,6 г. Вегетационный период 74–81 день. Высота растений 102 см. Устойчивость к полеганию — 5 баллов, к осыпанию и засухе — 4 балла.

Двухфакторная схема опыта предусматривала изучение минимализации основной обработки почвы, как самого энергозатратного элемента технологии возделывания горчицы на различных фонах удобренности. Она включала в себя шесть систем основной обработки почвы: 1. Отвальная — (вспашка на 20–22 см ПЛН-4-35) **контроль**; 2. Дифференцированная разноглубинная — (чередование вспашки на 25–27 см ПЛН-4-35 и дискования на 6–8 см); 3. Без основной осенней обработки, весной мелкая мульчирующая обработка — (на 10–12 см АПК-3); 4. Мелкая гребнекульная (ОП-3С на 13–15 см); 5. Поверхностная дисковая — (БДМУ на 6–8 см); 6. Мелкая плоскорезная обработка — (КПШ-3 на 13–15 см).

Эффективность систем обработки почвы в полевом севообороте изучалась на удобрен-

ном ($N_{30}P_{30}K_{30}$ — под предпосевную культивацию) и не удобренном фонах. В качестве минеральных удобрений применялась азофоска (с дозировкой $NPK\ 16:16:16\%$ д.в.).

Площадь одной делянки — 250 м². Повторность в опытах четырехкратная.

Предпосевная обработка почвы состояла из ранневесеннего боронования в апреле и предпосевной культивации. Посев проводили в первых числах мая сплошным способом сева с шириной междурядий 15 см, на глубину 3–4 см, нормой высева 1,5–2,0 млн шт. всхожих семян/га, дисковой сеялкой СЗ-5,4. Учет урожая горчицы проводился комбайном Полесье GS 812.

Почва опытного участка — чернозем слабывщелоченный среднемогучий. По механическому составу она относится к тяжелым суглинкам. Содержание гумуса в слое 0–50 см составляет 5,8 до 6,1%. В пахотном слое содержится 226 мг/кг подвижного фосфора, 92 мг/кг почвы обменного калия.

Климат на территории проведения опыта умеренно-континентальный. Увлажнение приближается к нормальному. Территория Ульяновской области относится к лесостепной зоне, где средняя многолетняя годовая сумма осадков составляет 490 мм. В теплый период (апрель–октябрь) в среднем выпадает 292 мм, что более чем в полтора раза превосходит осадки холодного периода 198 мм (ноябрь–март). Среднегодовая температура воздуха составляет 4,3–5,1°C.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были контрастными. Вариация погодно-климатических условий за время проведения исследований позволила определить влияние, как удобрений, так и обработки почвы на рост и развитие растений изучаемой в опыте культуры.

Типизация лет периода исследований на основе ГТК теплого периода свидетельствовала о том, что 2021 и 2023 сельскохозяйственные годы были сложными: осадков выпало на 38 и 44% ниже многолетней нормы (252 мм), температурный режим был выше средне многолетних показателей (+14,8°C) на 1,6 и 2,7°C. Гидротермический коэффициент (ГТК) за май–июль составил 0,6 и 0,7 при норме 1,0. За вегетационный период 2020 года осадков выпало на 34% выше многолетней нормы с превышением температурного режима на 1,0°C. ГТК за май–июль составил 1,1.

Исследование проводили по общепринятым методикам. Структуру урожая определяли методом индивидуального анализа растений в снопах, отобранных с закрепленных площадок (по ГОСТ 28636–90). Математическую обработку урожайных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

Результаты и обсуждение. Опыты показали, что все элементы структуры урожая горчицы варьировали в той или иной степени под влиянием факторов внешней среды и в зависимости от технологии возделывания. Однако каждый из изучаемых факторов отличался своей спецификой влияния на тот или иной элемент структуры урожая горчицы. Число сохранившихся к уборке растений является основным показателем, определяющим структуру всего посева. В опытах, в зависимости от сочетания исследуемых факторов к уборке сохранялось, в среднем, от 120,2 до 146,4 раст./м². В наибольшей степени число сохранившихся к уборке растений горчицы зависело от способа обработки почвы. В среднем за годы исследований число

сохранившихся к уборке растений горчицы на контроле не превышало 127,1 шт./м² и составило 70%. На варианте с дифференцированной обработкой их число возрастало до 146 шт./м² или 79%. Применение плоскорезной, гребнекульной и дисковой обработки сопровождалось увеличением числа сохранившихся к уборке растений на 0,9–3,6–17,0 шт./м² относительно контроля. Различия, сравниваемых показателей между мелкой мульчирующей обработкой, проводимой весной и ежегодной отвальной вспашкой находились в пределах 6,9 шт./м² в пользу последней.

Внесение минеральных удобрений дозой $N_{30}P_{30}K_{30}$ в сравнении с вариантами, где минеральные удобрения не вносили, не обеспечило статистически значимого увеличения числа возшедших и сохранившихся к уборке растений. Различия между фонами по всхожести и сохранности растений горчицы не превышали 1%.

На массу 1000 семян статистически достоверное влияние оказывали только условия минерального питания, при внесении удобрений она возрастала на 8%. По вариантам обработки почвы, изменения этих показателей находились в пределах ошибки опыта. На беспашотных вариантах масса 1000 семян, в среднем за годы исследований, составила 3,8–4,0 г, на вариантах с дифференцированной и отвальной обработкой 4,0–3,9 г.

Совокупность элементов структуры урожая определяла уровень продуктивности масло семян горчицы в опытных посевах. Который существенно изменялся как по годам исследований, так и по вариантам опыта.

Анализ полученных нами экспериментальных данных позволяет заключить, что на урожайность горчицы оказывали влияние элементы технологии возделывания, которые проявлялись не в одинаковой степени. Если рассматривать урожайность в целом по двум фонам удобрения (средняя по фактору В), то видим, что максимальная продуктивность культуры формировалась на вариантах с дисковой и дифференцированной обработкой соответственно 1,08–1,09 т/га, что превышало показатель урожайности на контроле на 0,10–0,11 т/га. При этом все бесплужные обработки по величине урожая семян горчицы не уступали контролю (вспашке на 20–22 см) за исключением мелкой весенней обработки, где урожайность была ниже на 0,18 т/га при ($HCP_{0,05}\ AB=0,049\ т/га$).

Как известно, основные элементы питания растений оказывают существенное влияние на биохимические и физиологические процессы, протекающие в растениях на протяжении всего периода вегетации и, следовательно, на величину и качество урожая. Эффективность применяемых удобрений определяется уровнем содержания элементов питания в почве, условиями влагообеспеченности, температурным режимом и биологическими особенностями сортов горчицы.

Внесение удобрений дало достоверную прибавку урожайности изучаемой культуры. В среднем по способам обработки почвы урожайность горчицы на естественном фоне плодородия составила 0,90 т/га. При внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ продуктивность повысилась относительно естественного фона на 0,19 т/га (табл. 1).

Благодаря минеральным удобрениям происходило выравнивание уровня урожайности на всех системах обработки почвы. Разница в показателях между вариантами обычной отвальной





и мелкими осенними обработками была несущественной и колебалась в пределах 0,01-0,03 т/га, что не превышало показателей НСР. Существенная разница наблюдалась между такими вариантами обработки почвы, как вспашка, с одной стороны, и мелкая мульчирующая обработка проводимая весной, с другой (0,16 т/га).

Наибольшая отзывчивость в сборе семян от удобрений отмечалась на варианте с дифференцированной обработкой, где прибавка соста-

вила — 0,25 т/га относительно не удобренного фона соответствующей обработки. На контроле при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайность культуры повысилась на 0,18 т/га. На оставшихся вариантах результативность применения минеральных удобрений составила 0,13-0,22 т/га, относительно естественного фона.

Таким образом, применение различных приемов в технологии возделывания горчицы обеспечило неодинаковые прибавки урожая

масла семян, поэтому условно чистый доход, себестоимость и рентабельность имели разные значения. Лучшие экономические показатели достигались в технологии, основанной на дифференцированной в севообороте обработке, которая позволила значительно снизить трудовые, энергетические и материально-денежные затраты на основную обработку почвы и при этом получить урожай выше, чем на вспашке.

Общие затраты на производство семян горчицы при ежегодной отвальной обработке составили в среднем 12875 руб./га, себестоимость 1 тонны семян — 11913 руб., на варианте с дифференцированной обработкой эти показатели были ниже соответственно на 15-25%. Условно чистый доход и рентабельность по вспашке составили 16524 руб./га и 128%, на варианте с дифференцированной обработкой эти показатели были выше на 32% и 71% (табл.2).

Варианты гребнекульной, плоскорезной и поверхностной обработки дисковой бороной по эффективности несколько уступали дифференцированной обработке, однако имели показатели лучше, чем на контроле. Они обеспечили снижение производственных затрат по сравнению с традиционной вспашкой соответственно на 12-13-15%, что позволило снизить себестоимость полученной продукции на 15-16-24% и повысить рентабельность производства на 39-66%.

При одинаковой цене реализации стоимость продукции находится в прямой зависимости от величины урожайности. Снижение урожайности горчицы на варианте с мелкой весенней обработкой повлекло за собой снижение прибыли с гектара пашни в связи, с чем себестоимость масла семян повышалась на 6%, а рентабельность их производства снижалась на 17%, по сравнению с контролем.

При расчете экономической эффективности применения удобрений на сегодня одним из объективных показателей является окупаемость единицы действующего вещества удобрений соответствующим количеством прибавки получаемой продукции. Из-за низкой продуктивной влаги в почве минеральные удобрения не дали должного эффекта. Использование минеральных удобрений позволило поднять выход семян с единицы площади в среднем по вариантам обработки всего на 0,19 т/га, что увеличило стоимость продукции на 21% по сравнению с не удобренным фоном. В тоже время затраты на производство продукции на удобренном фоне увеличивались на 77%, поэтому уровень рентабельности здесь был ниже на 105%, по сравнению с не удобренным фоном. В среднем по фону $N_{30}P_{30}K_{30}$ прибавка урожая от применения удобрений составила 0,95 кг масла семян на каждый килограмм удобрений и не окупала денежные затраты, которые пошли на приобретение и внесение удобрений.

Так как на различных вариантах обработки удобрения обеспечивали, не равную дополнительную прибавку урожая они различались по окупаемости единицы внесенных удобрений, дополнительно полученной прибавкой урожая. Наибольшая отзывчивость в сборе семян от удобрений, наблюдавшаяся на варианте с дифференцированной обработкой, обеспечила максимальную прибавку урожая от применения удобрений в размере 1,25 кг семян на каждый килограмм удобрений. И окупала затраты, соответственно на 126%, против контроля, где окупаемость не превышала 90%.

Таблица 1. Изменение урожайности горчицы в зависимости от систем обработки почвы, и внесения удобрений, т/га (2021-2023 гг.)

Table 1. Change in mustard yield depending on soil tillage and fertilization systems, t/ha (2021-2023)

Варианты обработки	Фон		Ср. по варианту
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	
Отвальная на 20-22 см.	0,89	1,07	0,98
Дифференцированная	0,97	1,22	1,09
Мульчирующая на 10-12см (весной)	0,69	0,91	0,80
Гребнекульная на 13-15см	0,95	1,08	1,01
Дисковая на 6-8 см.	1,01	1,15	1,08
Плоскорезная на 13-15 см.	0,90	1,10	1,00
Среднее	0,90	1,09	-
НСР _{0,05}	A-0,035 (обработки)	B-0,020 (удобрения)	AB-0,049

Таблица 2. Экономическая эффективность возделывания горчицы в зависимости от систем обработки почвы и уровня удобрения (2021-2023 гг.)

Table 2. The economic efficiency of mustard cultivation depends on the tillage systems and the level of fertilization (2021-2023)

№ п/п	Фон	Урожайность, т/га	Стоимость продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость 1 т зерна, руб.	Чистый доход, руб./га
1	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,07	32100	16058	12764	16042
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	0,89	26700	9693	10891	17007
	Среднее	0,98	29400	12875	11913	16524
2	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,22	36600	14169	9646	22431
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	0,97	29100	7804	7303	21296
	Среднее	1,09	32700	10986	8981	21863
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$	0,91	27300	14556	13259	12744
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	0,69	20700	8191	11871	12509
	Среднее	0,80	24000	11373	12600	12626
4	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,08	32400	14581	11279	17819
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	0,95	28500	8216	8648	20284
	Среднее	1,01	30300	11398	10097	19051
5	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,15	34500	14169	10234	20331
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,01	30300	7804	7727	22496
	Среднее	1,08	32400	10986	9061	21413
6	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,10	33000	14422	10930	18578
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	0,90	27000	8057	8952	18943
	Среднее	1,0	30000	11239	10040	18760

Примечание под цифрами обозначены обработки почвы: 1-отвальная на 20-22 см; 2- дифференцированная; 3- мелкая мульчирующая на 10-12см (весной); 4- гребнекульная на 13-15см; 5-дисковая на 6-8 см; 6- плоскорезная на 13-15см.

Таблица 3. Энергетическая эффективность возделывания горчицы в зависимости от систем обработки почвы (2021-2023 гг.)

Table 3. Energy efficiency of mustard cultivation depending on soil treatment systems (2021-2023)

№ варианта	Средняя урожайность, т/га	Затраты совокупной энергии, МДж/га	Накопление основной и побочной энергии, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
1	0,98	38600	42385	1,09
2	1,09	35320	47143	1,33
3	0,80	36357	34601	0,95
4	1,01	36495	43683	1,20
5	1,08	35320	46711	1,32
6	1,00	36090	43251	1,20



Энергетическая оценка позволяет сравнивать различные технологии с точки зрения расхода топлива важнейшего вида ресурсов. Затраты совокупной техногенной энергии при возделывании горчицы по вариантам опыта изменялись от 35320 МДж/га, на варианте поверхностной обработки дисковой боронкой до 38600 МДж/га — на вспашке (табл. 3). Различия между этими вариантами составили 3280 МДж/га или 9%.

Максимальное количество биогенной энергии, накопленной в хозяйственно ценной части культуры, отмечалось на варианте с дифференцированной обработкой 47143 МДж/га. Различия в накоплении биогенной энергии между ежегодной отвальной и безотвальной обработками были в пределах 3-10%.

Мелкая весенняя обработка, несмотря на меньшие энергетические затраты на возделывания, снижала энергетическую эффективность, по сравнению со вспашкой, что объясняется недобором в накоплении энергии полученной продукции на 18%.

Коэффициент энергетической эффективности, возделывания горчицы с учетом затрат техногенной энергии по вариантам опыта изменялся от 0,95 до 1,33. Наибольшие значения были получены на варианте с дисковой и дифференцированной обработкой, что превысило его показатели по сравнению со вспашкой на 21-22%. Разница между отвальной, гребнекульной и плоскорезной обработками составила 10% в пользу последних.

Выводы. На основании проведенных исследований выявлено, что в условиях лесостепи Среднего Поволжья на выщелоченных черноземах более эффективной системой обработки почвы под горчицу является дифференцированная в севообороте обработка. Которая способствует наибольшей отзывчивости в сборе семян от удобрений, создает условия для увеличения урожая масла семян на 0,11т/га, и обеспечивает более высокую прибыль и уровень рентабельности на 32% и 71% по сравнению с ежегодной отвальной обработкой. Варианты гребнекульной, плоскорезной и поверхностной обработки дисковой боронкой по эффективности несколько уступают дифференцированной обработке, однако имеют показатели лучше, чем на контроле. Они обеспечивают снижение производственных затрат по сравнению с традиционной вспашкой соответственно на 12-13-15%, что позволяет снизить себестоимость, полученной продукции на 15-16-24% и повысить рентабельность производства на 39-66%.

Самые высокие коэффициенты энергетической эффективности были выявлены при дисковой и дифференцированной обработке почвы, где показатель был на 21-22% выше, чем на вспашке. Последний показатель был на 10% выше при опалубочной, гребневой и плоскорезной вспашке.

Наибольшие значения коэффициента энергетической эффективности были получены на вариантах с дисковой и дифференцированной обработкой, где показатели были на 21-22% выше, чем на вспашке.

Список источников

1. Велкова Н.И., Наумкин В.П. Комплексное использование горчицы белой в народном хозяйстве. Монография. Орел: Картуш, 2021. 312с.
2. Романцевич Д.И., Мастеров А.С. Влияние азотных удобрений на урожайность семян горчицы белой // Главный агроном. 2020. № 4. С. 15-17.
3. Кузыченко Ю.А., Кулинцев В.В., Кобозев А.К. Эффективность обработки почвы в севооборотах на различных типах почв Центрального Предкавказья // Земледелие. 2017. № 4. С. 19-22.
4. Kozhevnikov N.V. Ecological and economic efficiency of tillage resource-saving technologies / N.V. Kozhevnikov, A.V. Zashitsina, V.N. Romanov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. P. 537. DOI: 10.1088/1757-899X/537/6/062007
5. Поляков Д.Г. Обработка почвы и прямой посев: агрофизические свойства черноземов и урожайность полевых культур // Земледелие. 2021. № 2. С. 37-43. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10208
6. Ситдинов И.Г., Фомин В.Н., Нафиков М.М. Влияние приемов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность ячменя // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 36-39.
7. Ткачук О.А., Павликова Е.В. Сравнительная оценка энергетической эффективности агротехнических приемов в полевых севооборотах лесостепи Среднего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. <http://science-education.ru/ru/article/view?id=18807> (дата обращения: 02.04.2024).
8. Зудилин С.Н., Гниломедов Ю.А. Эффективность основной обработки почвы при возделывании яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 11-15.
9. Усовершенствование и новые методы механической обработки почвы и приемы применения удобрений в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Центрального Черноземья. Курс: ГНУ ВНИИЗиПЗ РАСХН. 2009. 42 с.
10. Казаков Г.И., Марковский А.А. Обработка почвы в лесостепи Заволжья // Земледелие. 2011. № 8. С. 28-29.
11. Новиков В.М. Эффективность систем основной обработки почвы в севообороте // Земледелие. 2008. № 1. С. 24-25.
12. Кузина Е.В. Дифференцированная система обработки почвы в лесостепной зоне Среднего Поволжья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 5-13.
13. Велкова Н.И., Наумкин В.П. Влияние элементов технологии возделывания на продуктивность горчицы белой // Зерновое хозяйство России. 2013. № 4. С. 55-58.

References

1. Velkova N.I., Naumkin V.P. (2021). *Kompleksnoe ispol'zovanie gorchicy beloј v narodnom khozyajstve* [Complex use of white mustard in the national economy], Orel, Kartush, 312p.

2. Romancevich D.I., Masterov A.S. (2020). *Vliyaniye azotny'x udobrenij na urozhajnost' semyan gorchicy beloј* [The influence of nitrogen fertilizers on the yield of white mustard seeds]. *Glavny'j agronom* [Chief Agronomist], no. 4, pp. 15-17.

3. Kuz'ychenko Yu.A., Kulincev V.V., Kobozev A.K. (2017). *E'fektivnost' obra-botki pochvy' v sevooborotax na razlichny'x tipax pochv Central'nogo Predkavkaz'ya* [Efficiency of soil cultivation in crop rotations on various types of soils in the Central Ciscaucasia]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 4, pp. 19-22.

4. Kozhevnikov N.V. (2019). Ecological and economic efficiency of tillage resource-saving technologies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. P. 537. DOI: 10.1088/1757-899X/537/6/062007.

5. Polyakov D.G. (2021). *Obработка почвы' i priamoy posev: agrofizicheskie svoystva chernozemov i urozhajnost' polevy'x kul'tur* [Soil cultivation and direct sowing: agrophysical properties of chernozems and the yield of field crops]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 2, pp. 37-43. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10208

6. Sidiinov I.G., Fomin V.N., Nafikov M.M. (2011). *Vliyaniye priyomov osnovnoј obrabotki pochvy', udobrenij i sredstv zashity rastenij na produktivnost' yachmenya* [The influence of basic soil cultivation techniques, fertilizers and plant protection products on barley productivity]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex], no. 8, pp. 36-39.

7. Tkachuk O.A., Pavlikova E.V. (2015). *Sravnitel' naya oцenka e'nergeticheskoy e'fektivnosti agrotexnicheskikh priemov v polevy'x sevooborotax lesostepi Srednego Povolzh'ya* [Comparative assessment of the energy efficiency of agricultural practices in field crop rotations in the forest-steppe of the Middle Volga region]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], no. 1-1. <http://science-education.ru/ru/article/view?id=18807> (access date: 04/02/2024).

8. Zudilin S.N., Gnolomedov Yu.A. (2017). *E'fektivnost' osnovnoј obrabotki pochvy' pri vozdelvaniy yarovoy pshenicy v lesostepi Srednego Povolzh'ya* [The effectiveness of basic tillage when cultivating spring wheat in the forest-steppe of the Middle Volga region]. *Izvestiya Samarskoј gosudarstvennoј sel'skoxozyajstvennoј akademii* [News of the Samara State Agricultural Academy], no. 4, pp. 11-15.

9. *Usovershenstvovaniye i novyye metody mexanicheskoy obrabotki pochvy' i priemy primeneniya udobrenij v adaptivno-landshaftny'x sistemax zemledeliya Central'nogo Chernozem'ya* [Improvement and new methods of mechanical tillage and methods of applying fertilizers in adaptive landscape farming systems of the Central Black Earth Region], *Kurs, GNU VNIIZiPE RASXN*, (2009), 42 p.

10. Kazakov G.I., Markovskij A.A. (2011). *Obработка почвы' v lesostepi Zavolzh'ya* [Soil cultivation in the forest-steppe of the Volga region]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 8, pp. 28-29.

11. Novikov V.M. (2008). *E'fektivnost' sistem osnovnoј obrabotki pochvy' v sevooborote* [Efficiency of primary tillage systems in crop rotation]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 1, pp. 24-25.

12. Kuzina E.V. (2023). *Differencirovannaya sistema obrabotki pochvy' v lesostepnoј zone Srednego Povolzh'ya* [Differentiated system of soil cultivation in the forest-steppe zone of the Middle Volga region]. *Sibirskij vestnik sel'skoxozyajstvennoј nauki* [Siberian Bulletin of Agricultural Science], vol. 53, no. 1, pp. 5-13.

13. Velkova N.I., Naumkin V.P. (2013). *Vliyaniye e'lementov tekhnologii vozdelvaniya na produktivnost' gorchicy beloј* [Influence of elements of cultivation technology on the productivity of white mustard]. *Zernovoe khozyajstvo Rossii* [Grain economy of Russia], no. 4, pp. 55-58.

Информация об авторе:

Кузина Елена Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2067-4507>, elena.kuzina@autorambler.ru

Information about the author:

Elena V. Kuzina, candidate of agricultural sciences, head of the department of agriculture and crop cultivation technologies, ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2067-4507>, elena.kuzina@autorambler.ru

✉ elena.kuzina@autorambler.ru





Научная статья

УДК 631.42

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_574

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПОЧВАХ ЭРОЗИОННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Д.В. Холодов¹, Л.Г. Смирнова^{1,2}¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия²Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук, Белгород, Россия

Аннотация. На основании экспериментальных данных была проведена оценка пространственного распределения содержания гумуса в эрозионных агроландшафтах с использованием ГИС-технологий. Исследования проводились в 2023 г. на части экспериментального поля опытного отделения ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» в Белгородском районе Белгородской области. Статистические вычисления проводились в программе SPSS Statistics, создание графических моделей и картограмм выполнено в программе ArcGIS Desktop. Проведенный анализ пространственных данных показал, что максимальное значение содержания гумуса составило 5,46%, минимальное — 2,05%. Коэффициент вариации составляет 12%, что указывает на однородность распределения показателей гумуса. Результаты теста U Манна-Уитни показали преобладание группы точек отбора с содержанием гумуса, относящихся к малогумусным почвам. По результатам теста Спирмена выявлена высокая зависимость содержания гумуса от высоты, уклона и вертикальной кривизны. Проведенный тест Краскела-Уоллиса показал, что на содержание гумуса в почвах статистически значимое влияние оказали уклон, высота и вертикальная кривизна склона. На основании данного теста было выделено 8 микрозон по группам зависимых морфометрических показателей. Наибольшее содержание гумуса (4,69%) отмечено в микрозоне, расположенной на высоте более 200 м с уклоном менее 5 градусов на положительных значениях вертикальной кривизны (H2S1V2), наименьшее — в условиях микрозоны, расположенной на высоте более 200 м с уклоном менее 5 градусов на положительных значениях вертикальной кривизны (3,79%). Исследования показали, что данный склон обладает сложным рельефом, поэтому для данного участка поля требуется более детальное обследование пространственных данных для внедрения технологии точного земледелия.

Ключевые слова: пространственное распределение показателей гумуса, точное земледелие, эрозионные агроландшафты, содержание гумуса, гумусированность почв, ArcGIS, SPSS Statistics

Original article

ASSESSMENT OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF HUMUS CONTENT IN THE SOILS OF EROSION AGRICULTURAL LANDSCAPES USING GIS-TECHNOLOGIES

D.V. Kholodov¹, L.G. Smirnova^{1,2}¹Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia²Belgorod Federal Agricultural Research Center of the Russian Academy of Sciences, Belgorod, Russia

Abstract. Based on experimental data, an assessment of the spatial distribution of humus content in erosional agrolandscapes was carried out using GIS technologies. The research was conducted in 2023 on part of the experimental field of the experimental department of the FGBSI "Belgorod FASC RAS" in the Belgorod region of the Belgorod region. Statistical calculations were carried out in the SPSS Statistics program, the creation of graphic models and cartograms was carried out in the ArcGIS Desktop program. The conducted analysis of spatial data showed that the maximum value of humus content was 5.46%, the minimum was 2.05%. The coefficient of variation is 12%, which indicates the uniformity of the distribution of humus indicators. The results of the Mann-Whitney U test showed a predominance of the group of sampling points with humus content, related to low-humus soils. According to the results of the Spearman test, a high dependence of humus content on height, slope and vertical curvature was revealed. The Kruskal-Wallis test showed that slope, height and vertical curvature of the slope had a statistically significant effect on the humus content in the soils. Based on this test, 8 microzones were distinguished by groups of dependent morphometric indicators. The highest humus content (4.69%) was noted in the microzone located at an altitude of more than 200 m with a slope of less than 5 degrees at positive values of vertical curvature (H2S1V2), the smallest in the conditions of the microzone located at an altitude of more than 200 m with a slope less than 5 degrees at positive values of vertical curvature (3.79%). The research showed that this slope has a complex relief, therefore, for this part of the field, a more detailed examination of spatial data is required to introduce precision farming technology.

Keywords: spatial distribution of humus indicators, precision farming, erosive agrolandscapes, humus content, humus percentage of soils, ArcGIS, SPSS Statistics

Актуальность. Процесс создания адаптивных ландшафтных систем земледелия включает в себя оценку природного и ресурсного потенциала агроландшафта, что дает представление о его текущем состоянии и особенностях. Однако существующие методы для отбора почвенных проб и агрохимического исследования не позволяют полноценно оценивать вариативность показателей почвенного плодородия в агроландшафте и определить необходимость регулирования питательного режима сельскохозяйственных культур. Важно отметить, что картографические данные, доступные на предприятиях по агрохимическому исследованию,

обычно не содержат информации о разумном использовании полей для различных культур, учитывая почвенные комбинации и специфические потребности в удобрениях на определенной территории.

Определение пространственной неоднородности позволит моделировать разнообразие плодородия почв, определить целесообразность дифференцированного внесения минеральных удобрений в агроландшафтах, улучшить методологические подходы к оценке изменчивости параметров почвенного плодородия, а также разработать меры по увеличению экологической устойчивости почв, оптимизации

продуктивности сельскохозяйственных культур и рационального использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов [1].

Одной из важнейших задач координатного земледелия является точное определение зон неоднородностей агрохимических и физико-химических показателей в пределах отдельного поля или земельного массива. Ее решение возможно с помощью применения разнообразных методов геостатистического анализа, которые позволяют найти пространственные закономерности в разнообразии почвенных характеристик и установить взаимосвязь между ними [2].



Мощным инструментом для реализации методов геостатистического анализа и визуализации их результатов является цифровое картографирование. Стоит учесть, что посредством использования возможностей геоинформационных технологий возможно не только создание современных интерактивных почвенных карт, но и проведение комплексной оценки показателей почвенного плодородия с учетом всех морфометрических характеристик агроландшафтов [3, 4].

Тем не менее на данный момент нет определенной методики, позволяющей наиболее точно определить реальное расположение неоднородности распространения агрохимических свойств с учетом морфометрических характеристик, что делает ее поиск весьма актуальной задачей.

И.А. Сахабиевым и С.С. Рязановым было проанализировано большое количество подходов для проведения геостатистического анализа, однако авторы утверждают, что в России их использование не пользуется популярностью. Также, в результате анализа, ученые пришли к выводу, что наиболее точными результатами обладают модели, основанные на методах интерполяции данных, в частности методе регрессионного кригинга [5].

Стоит отметить, что Т.Н. Мысловой, О.А. Куцаевой и А.А. Подлесным с целью прогнозирования пространственного распределения показателей гумуса в почве были проанализированы различные методы интерполяции в геоинформационной системе ArcGIS. Учеными было установлено, что лучшей моделью интерполяции является универсальный кригинг, так как он обладает более точными количественными показателями, чем многие другие [6].

К одним из наиболее простых методов интерполирования данных относятся методы обратно-взвешенных расстояний, радиальной базисной функции и эмпирический байесовский кригинг [7, 8]. Однако, несмотря на свою популярность, картограммы, полученные в результате их применения, уступают по точности более сложным моделям [5, 6].

В целях повышения качества прогнозируемых данных геостатистические методы часто комбинируют со статистическими [9]. Так, например, А.Г. Волков в рамках своего исследования, используя вариограммы, с помощью метода универсального кригинга строил картограммы обменной кислотности для отдельных горизонтов в небезызвестной геоинформационной системе ArcGIS, в то же время большинство статистических расчетов по выявлению пространственных неоднородностей pH в разных типах почв проводил в программной среде STATISTICA. Автор отмечает, что картограммы позволяют четко установить особенности пространственной структуры и изменчивости pH в почве [10].

Для аналогичных целей возможно использование и других программных средств статистических вычислений. В.П. Самсонова и Ю.Л. Мешалкина структуру пространственной изменчивости pH, фосфора и калия в почве также оценивали с помощью вариограмм, а процедуры множественной линейной и нелинейной регрессии и прочие статистические расчеты проводили с использованием программы Excel и пакета SURFER 8, результаты также визуализировали с помощью ГИС [11].

Для определения внутрипольных зон по содержанию подвижного фосфора и обменного калия Л.Г. Смирнова, А.А. Кувшинова и другие

соавторы проводили статистические расчеты, основанные на непараметрических тестах, в программной среде R. Результаты расчетов также были представлены в виде разнообразных картограмм, с помощью которых были определены микрозоны пространственного распределения почвенных элементов [12].

Использование смешанного подхода для определения неоднородности распространения показателей отражено в работах многих отечественных ученых [13, 14, 15, 16].

Идентифицирование однородностей почвенных показателей в пределах землепользований по одному или нескольким параметрам, а также определение их границ обретает особую значимость в условиях склоновых агроландшафтов, где, помимо факторов антропогенного воздействия, за счет интенсивных стоков талых и ливневых вод происходит активное вымывание почвенных масс, что в результате приводит к изменению агрохимических показателей почв [17, 18].

Учитывая, что гумус является ключевым индикатором плодородия почвы, понимание его пространственной изменчивости в почве может существенно уменьшить затраты на оценку его резервов и при расчете углеродного баланса. В этой связи проведение оценки пространственного распределения содержания гумуса в эрозионных агроландшафтах с использованием ГИС-технологий является **целью данного исследования**.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в 2023 г. в границах поля, расположенного на пологом склоне, крутизной от 1 до 8 градусов, опытного отделения ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» в Белгородском районе Белгородской области. Поле занимает юго-западную экспозицию и обладает выпукло-вогнутой формой рельефа. **Объект исследования** является частью данного поля и имеет площадь 8,5 га, с аналогичными характеристиками.

Почва представлена исключительно черноземами типичными среднесуглистыми среднесуглистыми слабосмытыми и среднесмытыми.

Гранулометрический состав почв тяжелосуглинистый и глинистый.

Цифровая модель рельефа создавалась на основе данных аэрофотосъемки, масштабом 1:500, полученных с БПЛА мультикоптерного типа Геоскан-401. Растры уклона, вертикальной (профильной) и горизонтальной (плановой) кривизны созданы на основе цифровой модели рельефа.

Использовался метод катены. Было заложено 8 трансект (катен) с 18-20 точками отбора в каждой, общим количеством 152 точек. Отбор образцов почвы проводился по регулярной сетке с ячейкой 15х30 м.

Расчет и математический анализ данных осуществлялся в программной среде для статистических вычислений SPSS Statistics. Моделирование и визуализация данных осуществлялись в ArcGIS Desktop.

Результаты и обсуждение. При реализации технологии точного земледелия в эрозионных агроландшафтах необходимо проводить внутрипольное зонирование с учетом ландшафтного подхода, поэтому в ходе проведенных исследований была рассмотрена модель, основанная на статистических методах и цифровом картографическом моделировании, позволяющая определить пространственную изменчивость гумуса и выделить зоны групп в зависимости от морфометрических характеристик.

В результате анализа почвенных показателей было выявлено, что максимальное значение содержания гумуса составило 5,46%, минимальное – 2,05%. По классификации [19] деление черноземов на виды по содержанию гумуса осуществлялось следующим образом: среднесуглистые — от 9% до 6%, малогумусные — от 6% до 4% и слабосуглистые — менее 4%. Рассматриваемые значения варьировали в пределах малогумусных и слабосуглистых почв (рис. 1). Среднее значение содержания гумуса в выборке составляет 4,23%, то есть в целом можно охарактеризовать почвы на исследуемой территории на склоне как малогумусные. Размах вариации показателей составляет 3,41%, среднестатистическое отклонение по выборке — 0,50.

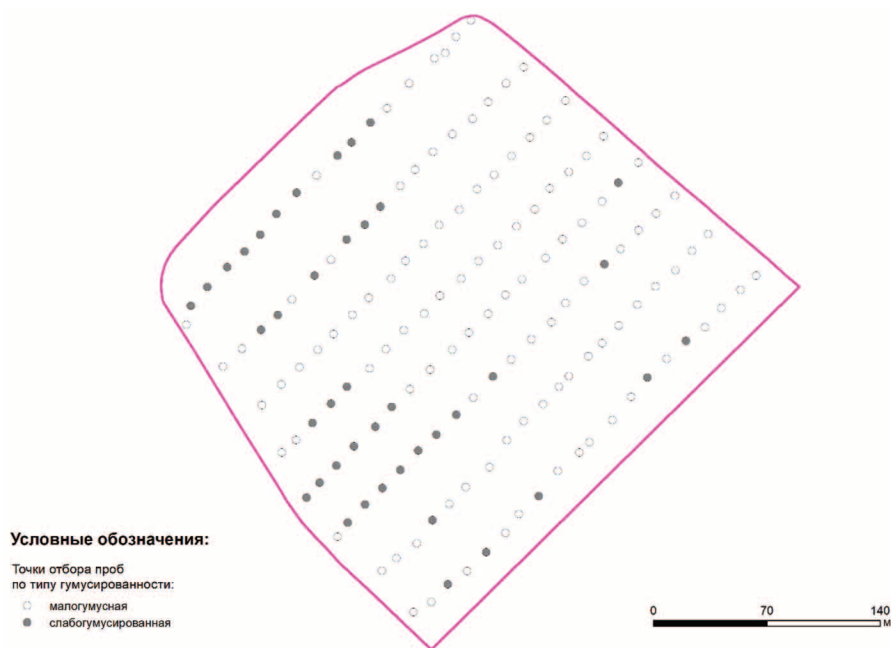


Рисунок 1. Распределение пространственных данных по классификационным признакам гумусированности на склоновом агроландшафте
Figure 1. Distribution of spatial data by classification features of humus on a slope agrolandscape

При расчете коэффициента вариации выяснилось, что совокупность содержания гумуса в местах отбора проб не превышает порог в 33% и является однородной, его показатель составляет 12%.

Однако, несмотря на однородность распределения данных, максимальный показатель практически в 2,5 раза превышает минимальное значение, это связано с тем, что склоновый участок имеет значительные перепады морфометрических характеристик, поэтому для установления более точной оценки необходимо использовать улучшенные методы статистического анализа.

По результатам аэрофотосъемки в ArcGIS Desktop были созданы цифровая модель рельефа, растры уклона, вертикальной (профильной) и горизонтальной (плановой) кривизны опытного склонового участка. Используя инструмент зональной статистики, были извлечены значения по каждому из четырех геоморфологических характеристик, включая значения высоты.

Для проведения статистического анализа в программе SPSS Statistics происходило разделение точек отбора по группам. По высоте выделено две группы: верхняя (более 200 м) и средняя (менее 200 м). По уклону выделялись группы с уклоном менее 5° и с уклоном более 5°. По вертикальной кривизне следующие группы точек: на выпуклых частях склона (положительные значения вертикальной кривизны) и на вогнутых частях склона (отрицательные значения вертикальной кривизны). По горизонтальной кривизне выделены две группы наблюдений: на собирающих частях склона (отрицательные значения горизонтальной кривизны) и на рассеивающих частях склона (положительные значения горизонтальной кривизны).

На первом этапе был проведен анализ непараметрических критериев с помощью теста U Манна-Уитни, в результате которого было выявлено преобладание группы точек отбора с содержанием гумуса, относящихся к малогумусным почвам — 111 шт. Количество точек, относящихся к слабогумусированным почвам — 41 шт. Поэтому в общей характеристике почвенного покрова исследуемого участка преобладают показатели с содержанием гумуса от 4 до 6%. При этом асимптотическая значимость не превышает 0,05 ед., что подтверждает гипотезу о том, что содержание гумуса для этих двух групп — малогумусных и слабогумусированных, отличается.

На втором этапе с помощью теста непараметрической корреляции Спирмена была определена высокая зависимость содержания гумуса от высоты, уклона и вертикальной кривизны, где единицы значимости не превышали нормированный показатель в 0,05 ед. Поэтому дальнейшие расчеты и сравнения проводились с тремя вышеперечисленными характеристиками. Значения горизонтальной кривизны не являются статистически значимыми, следовательно, она не влияет на распределение гумуса на территории исследуемого участка.

Третий этап заключался в проверке зависимости содержания гумуса от подгрупп высоты, уклона и вертикальной кривизны с помощью теста U Манна-Уитни, в результате которого было установлено, что значения в подгруппах различаются, также значительное расхождение рангов подтверждают эту гипотезу.

Для наглядности распределения точек отбора по геоморфологическим характеристикам

была создана таблица сопряженности, которая показывает взаимосвязь всех переменных между собой (табл. 1). Данная таблица показывает распределение точек отбора гумуса по группам и их подгруппам.

Четвертый этап заключался в проведении непараметрического теста Краскела-Уоллеса для сравнения средних ранговых значений по группам переменных [20]. Для проведения данного теста переменные разбивались на 8 групп: H1S1V1; H1S1V2; H1S2V1; H2S2V2; H2S1V1; H2S1V2; H2S2V1; H2S2V2, где H1 — высота менее 200 м, H2 — высота более 200 м, S1 — уклон менее 5°, S2 — уклон более 5°, V1 — вогнутые (отрицательные значения вертикальной кривизны), V2 — выпуклые (положительные значения вертикальной кривизны).

Результаты теста Краскела-Уоллеса показали, что для содержания гумуса влияние уклона, высоты и вертикальной кривизны является статистически значимым (рис. 2). Это говорит о том, что, как минимум, в одной из пар сравнений, выделенных по сочетанию высоты, уклона

и вертикальной кривизны, должны быть статистически значимые различия среднего ранга.

Также в процессе выполнения данного теста была проведена процедура попарных сравнений групп морфометрических показателей (рис. 3), где было установлено, что статистическое различие среднего ранга между сравниваемыми группами присутствует в 12 сочетаниях.

Большое количество попарных сравнений с различным средним рангом подтверждает результаты теста Краскела-Уоллеса и свидетельствует о том, что данный склон обладает сложным рельефом, поэтому для данного участка поля требуется особое внимание при проектировании и проведении агрономических мероприятий.

Для визуализации распределения групп на склоновом агроландшафте в ArcGIS Desktop была создана их графическая модель (рис. 4).

Также был проведен классический статистический анализ для групп по содержанию гумуса в программе Excel, где были установлены основные статистические показатели (табл. 2).

Таблица 1. Распределение точек отбора по группам переменных
Table 1. Distribution of sampling points by groups of variables

Вертикальная кривизна				Уклон		Итого от общей суммы выборки (без уклона)
				< 5°	> 5°	
Отрицательная	Высота	< 200 м	Счет	1	12	13
			%	4,2%	18,8%	14,8%
		> 200 м	Счет	23	52	75
			%	95,8%	81,3%	85,2%
	Итого		Счет	24	64	88
			%	100,0%	100,0%	100,0%
Положительная	Высота	< 200 м	Счет	3	23	26
			%	23,1%	45,1%	40,6%
		> 200 м	Счет	10	28	38
			%	76,9%	54,9%	59,4%
	Итого		Счет	13	51	64
			%	100,0%	100,0%	100,0%

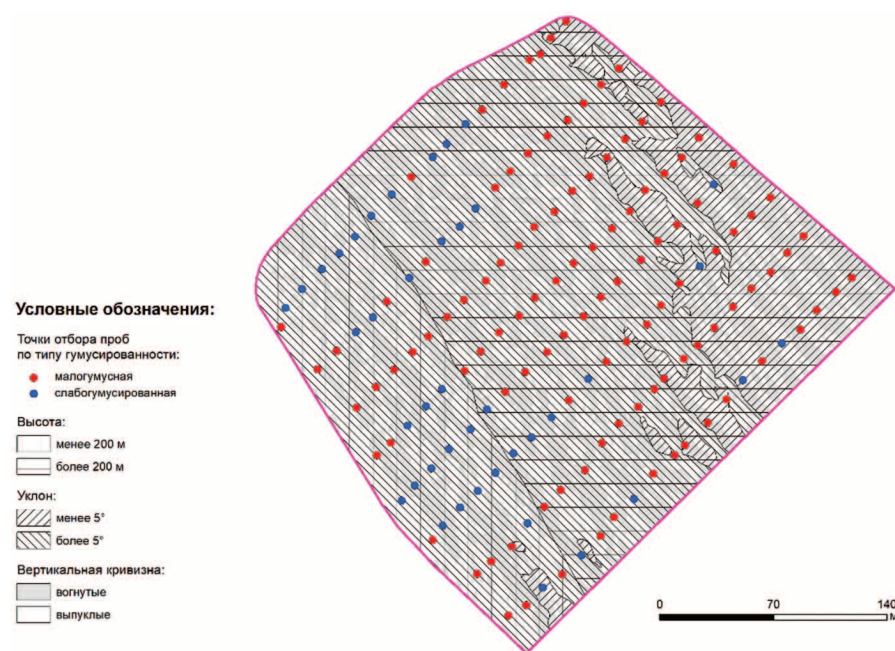


Рисунок 2. Графическая модель статистически значимых морфометрических показателей для содержания гумуса
Figure 2. Graphical model of statistically significant morphometric indicators for humus content

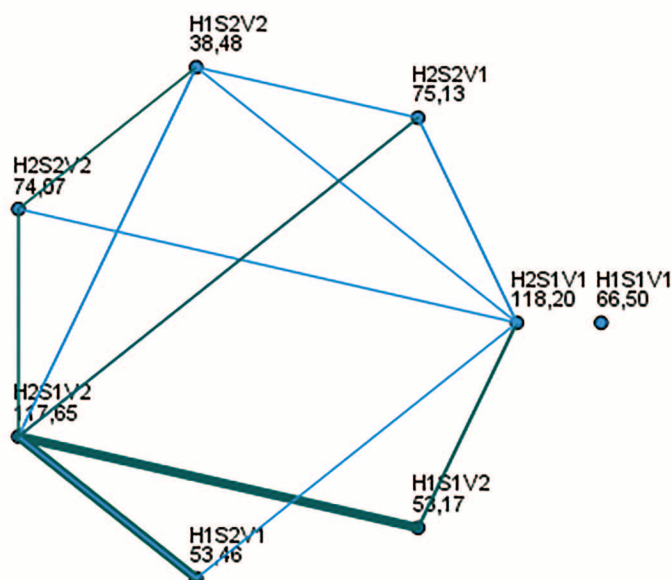


Рисунок 3. Гистограмма попарных сравнений статистически значимых выборок (в ячейках показывается выборочный средний ранг)

Figure 3. Histogram of pairwise comparisons of statistically significant samples (the sample average rank is shown in cells)

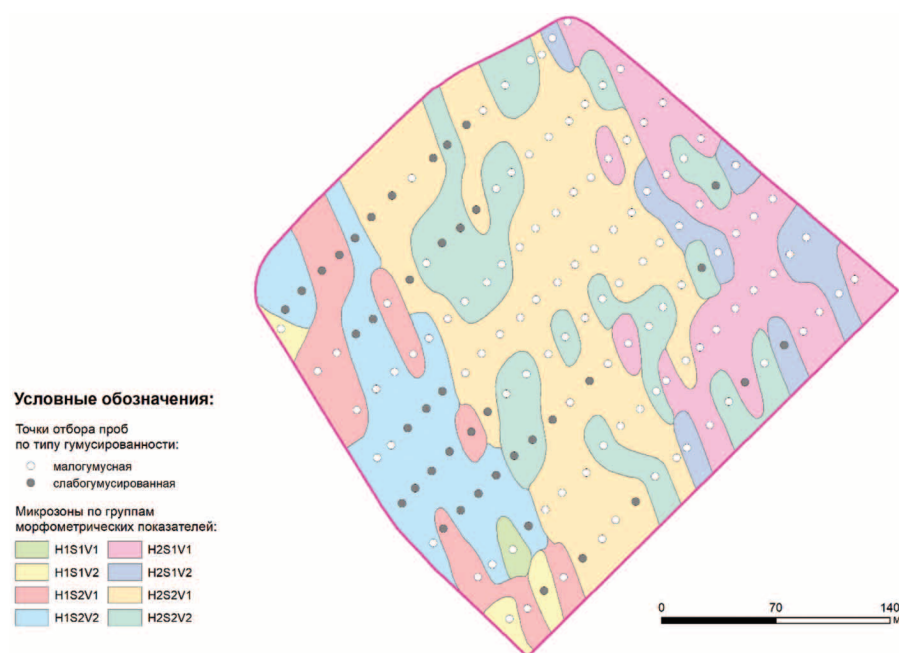


Рисунок 4. Графическая модель пространственного распределения гумуса по микрозонам групп морфометрических показателей

Figure 4. Graphical model of humus spatial distribution across microzones of groups of morphometric indicators

Таблица 2. Статистические показатели содержания гумуса в выделенных группах, %

Выделенные микрозоны	Количество точек	Максимум	Минимум	Среднее	Среднеквадратическое отклонение по выборке	Коэффициент вариации, %	Дисперсия по выборке
H1S1V1	1	4,24	4,24	4,24	-	-	-
H1S1V2	3	4,32	3,71	4,06	0,31	8	0,02
H1S2V1	12	4,57	3,47	4,07	0,31	8	0,07
H1S2V2	23	4,69	2,05	3,79	0,53	14	0,34
H2S1V1	23	5,01	3,72	4,63	0,29	6	0,12
H2S1V2	10	5,46	3,79	4,69	0,44	9	0,11
H2S2V1	52	4,84	2,64	4,22	0,48	11	0,23
H2S2V2	28	4,72	3,06	4,21	0,44	10	0,20

Анализ статистических показателей из таблицы 2 показал, что в выделенных микрозонах среднее содержание гумуса варьируется от 3,79 до 4,69%, где наибольшее среднее значение показателя наблюдается в зоне H2S1V2 — 4,69%, а наименьшее в зоне H1S2V2 — 3,79%. Графическая модель пространственного распределения гумуса, представленная на рисунке 4, показывает, что в микрозоне H1S2V2 также расположено наибольшее количество точек с показателями слабогумусированных почв. Однако обратная ситуация наблюдается в микрозоне H2S1V1, где расположены исключительно точки с показателями малогумусных почв, среднее значение содержания гумуса в данной микрозоне составляет 4,63% и является предпоследним по величине среди всех групп — эти значения подтверждают статистически значимое влияние уклона, высоты и вертикальной кривизны для распределения показателей содержания гумуса, несмотря на их однородность.

Заключение. В ходе исследования было определено, что распределение гумуса на территории опытного участка однородно и не превышает 33%. Однако, по результатам теста непараметрической корреляции Спирмена, его содержание в почве напрямую зависит от трех морфометрических характеристик: высоты, уклона и вертикальной кривизны, вследствие чего территория участка была поделена на 8 микрозон, где каждая зона была представлена сочетанием показателей этих трех характеристик. Наибольшее среднее значение показателя наблюдалось в зоне H2S1V2 и составило 4,69%, а наименьшее — 3,79% в зоне H1S2V2. Стоит отметить, что в зоне H1S2V2 расположено наибольшее количество точек с показателями слабогумусированных почв, а в H2S1V1 расположены только точки с показателями малогумусных почв, со средним значением содержания гумуса 4,63%, что подтверждает зависимость распространения показателей содержания гумуса от высоты, уклона и вертикальной кривизны.

Предложенный подход, а также полученные результаты, позволят не только оценить зависимость пространственного распределения гумуса в почве от морфометрических характеристик, но и спрогнозировать их, что облегчит оценку природно-ресурсного потенциала агроландшафтов при внедрении технологии точного земледелия.

Список источников

- Глазунов Г.П., Афонченко Н.В., Апухтин А.В. Анализ пространственного варьирования показателей плодородия черноземных почв в склоновых агроландшафтах // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 8. С. 23-31.
- Мыслыва Т.Н., Куцаева О.А. Создание менеджмент-зон для целей землеустройства при внедрении элементов системы точного земледелия // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 144-153.
- 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.
- Клебанович Н.В., Киндеев А.Л. Геоestatистическая оценка вариативности свойств почв // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2018. № 1. С. 91-102.
- Сахабиев И.А., Рязанов С.С. Исследование пространственной изменчивости свойств почв с использованием геоestatистического подхода // Российский журнал прикладной экологии. 2015. № 2 (2). С. 32-37.
- Мыслыва Т.Н., Куцаева О.А., Подлесный А.А. Сравнение эффективности методов оптимизации на основе



ГИС для оценки пространственного распределения гумуса в почве // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 146-152.

7. Ваганова Е.С. и др. Методические аспекты интерполяции пространственной неоднородности агрохимических свойств пахотных угодий Северного Казахстана // Российский журнал прикладной экологии. 2016. № 1 (5). С. 47-52.

8. Жуков А.В. и др. Байесовский подход для оценки гетерогенизации пространственного распределения почвенных свойств // Acta Biologica Sibirica. 2015. № 3-4. С. 76-91.

9. Симбатова А.Т., Рязанов С.С., Сахабиев И.А. Моделирование пространственного распределения органического вещества почв: обзор современных подходов // Российский журнал прикладной экологии. 2016. № 2 (6). С. 48-54.

10. Волков А.Г. Пространственная неоднородность кислотности почв в еловом биогеоценозе северной подзоны тайги // Arctic Environmental Research. 2015. № 1. С. 5-12.

11. Самсонова В.П., Мешалкина Ю.Л. Оценка роли рельефа в пространственной изменчивости агрохимически важных почвенных свойств для интенсивно обрабатываемого сельскохозяйственного угодья // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2014. № 3. С. 36-44.

12. Смирнова Л.Г. и др. Внутрипольное зонирование эрозийных агроландшафтов для использования в технологии точного земледелия // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 7. С. 14-18.

13. Мыслыва Т.Н., Кожеко А.В., Куцаева О.А. Особенности установления зон пространственной неоднородности в пределах землепользования для целей точного земледелия // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 192-199.

14. Шемняков Д.В., Налиухин А.Н. Изучение внутрипольной вариативности агрохимических показателей пахотных почв и определение потребности в удобрениях и мелиорантах в технологиях точного земледелия // Молокохозяйственный вестник. 2015. № 2 (18). С. 55-64.

15. Петросян Р.Д. и др. Пространственная неоднородность содержания органического вещества в серых лесных пахотных почвах владимирского ополья // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 12. С. 48-50.

16. Гиниятуллин К.Г. и др. Использование геостатистических методов для характеристики вариативности агрохимических свойств (на примере изучения пахотных угодий Северного Казахстана) // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2016. № 2. С. 259-276.

17. Масютенко Н.П. и др. Система показателей агроэкологической оценки эродированных черноземов // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 11. С. 7-11.

18. Масютенко Н.П. и др. Влияние степени эродированности на показатели экологического состояния черноземных почв // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 8. С. 19-23.

19. Классификация почв России / сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 1997. 236 с.

20. Гржибовский А.М., Иванов С.В., Горбатова М.А. Сравнение количественных данных трех и более независимых выборок с использованием программного обеспечения Statistica и SPSS: параметрические и непараметрические критерии // Наука и здравоохранение. 2016. № 4. С. 5-37.

References

1. Glazunov, G.P., Afonchenko, N.V., Apukhtin, A.V. (2019). Analiz prostranstvennogo varirovaniya pokazatelei plodorodiy chernozemnykh pochv v sklonovykh agrolandshaftakh [Analysis of spatial variation of indicators of fertility of chernozem soils in slope agricultural landscapes]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii* [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], no. 8, pp. 23-31.

2. Myslyva, T.N., Kutsaeva, O.A. (2020). Sozdanie menedzhment-zon dlya tselei zemleustroistva pri vnedrenii ehlementov sistemy tochnogo zemledeliya [Creating management zones for land management purposes when implementing elements of precision farming]. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii* [Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy], no. 1, pp. 144-153.

3. Glazunov, G.P., Afonchenko, N.V., Zolotukhin, A.N. (2021). Prostranstvennaya neodnorodnost' pokazatelei plodorodiy chernozemnykh pochv v sklonovykh agrolandshaftakh TSCHR [Spatial heterogeneity of fertility of chernozem soils in the slope agricultural landscapes of the Central Chernozem region]. *Zemledelie*, no. 7, pp. 3-9.

4. Klebanovich, N.V., Kindev, A.L. (2018). Geostaticheskaya otsenka variabel'nosti svoystv pochv [Geostatic assessment of variability of soil properties]. *Vestnik Udmurtskoi universiteta. Seriya biologiya. Nauki o zemle* [Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences], no. 1, pp. 91-102.

5. Sakhabiev, I.A., Ryzanov, S.S. (2015). Issledovanie prostranstvennoi izmenchivosti svoystv pochv s ispol'zovaniem geostatisticheskogo podkhoda [The study of the spatial variability of soil characteristics using geostatistical approach]. *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ehkologii* [Russian journal of applied ecology], no. 2 (2), pp. 32-37.

6. Myslyva, T.N., Kutsaeva, O.A., Podlesnyi, A.A. (2017). Svrannenie ehffektivnosti metodov interpolatsii na osnove GIS dlya otsenki prostranstvennogo raspredeleniya gumusa v pochve [Comparison of the effectiveness of GIS-based interpolation methods for assessing the spatial distribution of humus in the soil]. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii* [Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy], no. 4, pp. 146-152.

7. Vaganova, E.S. i dr. (2016). Metodicheskie aspekty interpolatsii prostranstvennoi neodnorodnosti agrokhimicheskikh svoystv pakhotnykh ugodii Severnogo Kazakhstana [Methodical aspects of spatial heterogeneity interpolation of agrochemical properties of croplands in Northern Kazakhstan]. *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ehkologii* [Russian journal of applied ecology], no. 1 (5), pp. 47-52.

8. Zhukov, A.V. i dr. (2015). Baiesovskii podkhod dlya otsenki geterogenizatsii prostranstvennogo raspredeleniya pochvennykh svoystv [Bayesian inference of the soil properties spatial distribution heterogenization]. *Acta Biologica Sibirica*, no. 3-4, pp. 76-91.

9. Simbatova, A.T., Ryzanov, S.S., Sakhabiev, I.A. (2016). Modelirovanie prostranstvennogo raspredeleniya organicheskogo veshchestva pochv: obzor sovremennykh podkhodov [Modeling of spatial distribution of a soil organic matter: a current state review]. *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ehkologii* [Russian journal of applied ecology], no. 2 (6), pp. 48-54.

10. Volkov, A.G. (2015). Prostranstvennaya neodnorodnost' kislota podzvy v elovom biogeotsenoze severnoi podzony taigi [Spatial heterogeneity of soil acidity in spruce biogeocenose in the northern taiga subzone]. *Arctic Environmental Research*, no. 1, pp. 5-12.

11. Samsonova, V.P., Meshalkina, Yu.L. (2014). Otsenka roli rel'efa v prostranstvennoi izmenchivosti agrokhimicheskikh vazhnykh pochvennykh svoystv dlya intensivno obrabatyvaemogo sel'skokhozyaystvennogo ugod'ya [Study of the

relief contribution in the spatial variability of the agrochemically important soil properties for an intensively processed agricultural field]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochвоведение* [Moscow University bulletin. Series 17. Soil science], no. 3, pp. 36-44.

12. Smirnova, L.G. i dr. (2023). Vnutripol'noe zonirovanie ehrozionnykh agrolandshaftov dlya ispol'zovaniya v tekhnologii tochnogo zemledeliya [Infield zoning of erosional agricultural landscapes for use in precision farming technology]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], vol. 37, no. 7, pp. 14-18.

13. Myslyva, T.N., Kozheko, A.V., Kutsaeva, O.A. (2021). Osobennosti ustanovleniya zon prostranstvennoi neodnorodnosti v predelakh zemlepol'zovaniya dlya tselei tochnogo zemledeliya [Features of establishing zones of spatial heterogeneity within land use for the purposes of precision farming]. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii* [Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy], no. 1, pp. 192-199.

14. Shemnyakov, D.V., Naliukhin, A.N. (2015). Izuchenie vnutripol'noi variabel'nosti agrokhimicheskikh pokazatelei pakhotnykh pochv i opredelenie potrebnosti v udobreniyakh i meliorantakh v tekhnologiyakh tochnogo zemledeliya [Studying the variability of agrochemical parameters of arable soils within the field and defining the need for fertilizers and land improvers in precision agriculture techniques]. *Molochnokhozyaystvennyi vestnik* [Dairy bulletin], no. 2 (18), pp. 55-64.

15. Petrosyan, R.D. i dr. (2016). Prostranstvennaya neodnorodnost' soderzhaniya organicheskogo veshchestva v serykh lesnykh pakhotnykh pochvakh vladimirovskogo opolya [Spatial heterogeneity of organic matter content in arable gray forest soils of vladimir opolie]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], no. 12, pp. 48-50.

16. Giniyatullin, K.G. i dr. (2016). Ispol'zovanie geostatisticheskikh metodov dlya kharakteristiki variabel'nosti agrokhimicheskikh svoystv (na primere izucheniya pakhotnykh ugodii Severnogo Kazakhstana) [Using geostatistical methods for characterization of variations in the agrochemical properties (based on the study of arable lands in Northern Kazakhstan)]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki* [Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series], no. 2, pp. 259-276.

17. Maslyutenko, N.P. i dr. (2016). Sistema pokazatelei agroekologicheskoi otsenki ehrodirovannykh chernozemov [System of indicators of agroecological evaluation of eroded chernozem soils]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], vol. 30, no. 11, pp. 7-11.

18. Maslyutenko, N.P. i dr. (2015). Vliyaniye stepeni ehrodirovannosti na pokazateli ehkologicheskogo sostoyaniya chernozemnykh pochv [Influence of the degree of erosion degradation on the indicators of ecological state of black soils]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], vol. 29, no. 8, pp. 19-23.

19. Shishov, L.L., Tonkonogov, V.D., Lebedeva, I.I. (eds.) (1997). *Klassifikatsiya pochv Rossii* [Classification of soils in Russia]. Moscow, Pochvennyi institut im. V.V. Dokuchaeva RASKHN, 236 p.

20. Grzibovskii, A.M., Ivanov, S.V., Gorbatova, M.A. (2016). Svrannenie kolichestvennykh dannykh trekh i bolee nezavisimykh vyborok s ispol'zovaniem programmnogo obespecheniya Statistica i SPSS: parametricheskie i neparametricheskie kriterii [Analysis of quantitative data in three or more independent groups using Statistica and SPSS software: parametric and non-parametric tests]. *Nauka i zdrazhovanie* [Science and healthcare], no. 4, pp. 5-37.

Информация об авторах:

Холодов Денис Витальевич, аспирант кафедры природопользования и земельного кадастра Белгородского государственного национального исследовательского университета, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-0870-6591>, holodow.denis2016@yandex.ru

Смирнова Лидия Григорьевна, доктор биологических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра Белгородского государственного национального исследовательского университета, ученый секретарь Белгородского федерального аграрного научного центра РАН, lidya.smirnova@yandex.ru

Information about the authors:

Denis V. Kholodov, postgraduate student of the department of environmental management and land cadastre of the Belgorod State National Research University, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-0870-6591>, holodow.denis2016@yandex.ru

Lidia G. Smirnova, doctor of biological sciences, professor of the department of environmental management and land cadastre of the Belgorod State National Research University, scientific secretary of the Belgorod Federal Agricultural Research Center of the Russian Academy of Sciences, lidya.smirnova@yandex.ru



Научная статья

УДК 631.51.01:633.358

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_579

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

А.Н. Морозов, Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.В. Шумаков

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

Аннотация. Исследования проводили в 2020-2023 гг. в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» с целью изучения влияния технологий с разным уровнем минимизации основной обработки почвы в зерновом севообороте на влагообеспеченность и засоренность посевов, формирование элементов структуры урожая и продуктивность гороха в почвенно-климатических условиях Курской области. Схема опыта включала следующие технологии: традиционная; дифференцированная; минимальная; прямой посев. При возделывании гороха по традиционной технологии установлено в критический для роста и развития культуры период снижение, относительно других технологий, общего количества сорняков в 1,9-2,0 раза и их сухой массы в 1,2-1,8 раза, перед уборкой урожая — в 2,1-2,5 и 1,3-2,0 раза соответственно, уменьшение коэффициента водопотребления культуры на 40-86 ед., свидетельствующее о наиболее эффективном использовании запасов продуктивной влаги на формирование урожая. При этом технология прямого посева способствовала накоплению и сохранению наиболее высоких весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы (141,1 мм), формированию максимальных значений густоты стояния растений (110,8 шт./м²), среднего числа зерен на растении (16,7 шт./растение) и единицы площади (1799 шт./м²), содержания белка в зерне (23,15%), что позволило получить наибольшую урожайность гороха (2,31 т/га) и сбор белка с гектара (460,6 кг/га). При применении традиционной, дифференцированной и минимальной технологий относительно прямого посева отмечалось снижение весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы на 12,8-22,0%, густоты стояния растений к уборке — на 5,4-9,3%, среднего числа зерен на 1 м² — на 4,2-22,6% и на одном растении — на 0,6-18,6%, содержания белка в зерне — на 0,25-0,90% абс., урожая зерна — на 4,3-10,8%, сбора белка с гектара — на 5,3-12,6%.

Ключевые слова: горох (*Pisum sativum*), технология, влагообеспеченность, засоренность посевов, структура урожая, урожайность, продуктивность

Original article

MOISTURE AVAILABILITY AND CONTAMINATION OF PEA CROPS DEPENDING ON THE CULTIVATION TECHNOLOGY

A.N. Morozov, D.V. Dubovik, E.V. Dubovik, A.V. Shumakov

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

Abstract. The research was carried out in 2020-2023 in the field stationary experiment of the Federal Agricultural Kursk Research Center in order to study the impact of technologies with different levels of minimization of basic tillage in grain crop rotation on the moisture supply and contamination of crops, the formation of elements of the crop structure and the productivity of peas in the soil and climatic conditions of the Kursk region. The scheme of the experiment included the following technologies: traditional; differentiated; minimal; direct seeding. When cultivating peas using traditional technology, a decrease in the total number of weeds by 1.9-2.0 times and their dry weight by 1.2-1.8 times was established in a critical period for the growth and development of culture, relative to other technologies, and a decrease in the coefficient of water consumption of crops by 40-86 units, indicating on the most effective use of productive moisture reserves for crop formation. At the same time, the technology of direct sowing contributed to the accumulation and preservation of the highest spring reserves of productive moisture in the meter layer of soil (141.1 mm), the formation of maximum values of plant density (110.8 pcs./m²), the average number of grains per plant (16.7 pcs./plant) and unit area (1799 pcs./m²), the content of protein in grain (23.15%), which allowed to obtain the highest yield of peas (2.31 t/ha) and protein harvesting per hectare (460.6 kg/ha). When using traditional, differentiated and minimal technologies for direct sowing, there was a decrease in spring reserves of productive moisture in the meter-long soil layer by 12.8-22.0%, the density of standing plants for harvesting by 5.4-9.3%, the average number of grains per 1 m² by 4.2-22.6% and per 1 plant by 0.6-18.6%, the content of protein in grain by 0.25-0.90% abs., grain harvest by 4.3-10.8%, protein harvest per hectare by 5.3-12.6%.

Keywords: peas (*Pisum sativum*), technology, moisture availability, crop contamination, crop structure, yield, productivity

Введение. Горох (*Pisum sativum*) является ценной продовольственной и кормовой зернобобовой культурой, возделываемой в Курской области. Несмотря на тенденцию прошлых лет (2012-2020 гг.) в сокращении посевных площадей под этой культурой, с 2021 г. в Курской области наблюдается их устойчивый рост, который в 2023 г. достиг 16,2 тыс. га [1]. Во многом это было обусловлено возросшей потребностью увеличения производства из гороха продуктов питания и кормов, а также агрономической необходимостью применения оптимального предшественника для озимой пшеницы. Следует также отметить важную роль этой зернобобовой культуры в повышении степени использования агроценозами биологического азота из атмосферы за счет симбиотической азотфиксации клубеньковыми бактериями, что имеет большое значение в повышении плодородия почв и получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур [2].

В зоне неустойчивого увлажнения, к которой относится Курская область, азотфиксирующая способность и в целом продуктивность гороха может быть ограничена нестабильным водным режимом почвы и проявлением засухи в период вегетации, а также снижением ее плодородия и ухудшением фитосанитарного состояния посевов в результате нарушения агротехники возделывания этой культуры [3]. Влагообеспеченность посевов является одним из наиболее значимых показателей, характеризующих условия вегетации и формирования урожая не только гороха, но и всех сельскохозяйственных культур. Наличие почвенной влаги влияет на протекание физических, химических и микробиологических процессов, определяющих содержание в почве элементов питания, их доступность и поступление с водой в растения [4]. Учитывая слабую способность гороха к подавлению сорной растительности, важным показателем, характеризующим условия его вегетации,

является засоренность посевов. Сорные растения составляют конкуренцию культуре за свет, продуктивную влагу и элементы питания в почве, что также оказывает влияние на формирование урожая гороха [5].

Для реализации потенциала продуктивности гороха в почвенно-климатических условиях Курской области необходимо выбрать технологию его возделывания, основанную на рациональном сочетании применяемых агротехнических приемов, в полной мере отвечающих требованиям этой культуры. При этом ключевым агротехническим приемом, позволяющим направленно регулировать такие основные показатели условий вегетации культуры, как влагообеспеченность и засоренность посевов, является основная обработка почвы [6, 7].

При переходе на ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии возделывания сельскохозяйственных культур основное направление включает снижение глубины

и интенсивности механической обработки почвы, включая полный отказ от нее — прямой посев. Ранее проведенные исследования в различных почвенно-климатических условиях свидетельствуют о неоднозначном действии минимизации основной обработки почвы и в том числе применении технологии прямого посева при возделывании гороха на влагообеспеченность, засоренность и урожайность посевов [8, 9, 10]. В связи с этим исследования влияния различных технологий, основанных на применении отвалных, безотвалных, поверхностных способов основной обработки почвы и прямого посева, на изменение условий вегетации, формирование урожая и качество зерна гороха, являются весьма актуальными.

Цель исследований — изучить влияние технологий с разным уровнем минимизации основной обработки почвы в зерновом севообороте на влагообеспеченность и засоренность посевов, формирование элементов структуры урожая и продуктивность гороха в почвенно-климатических условиях Курской области.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, Курский район, п. Черемушки) в 2020–2023 гг. с изучением различных агротехнологий возделывания гороха. Работа выполнялась во второй ротации четырехпольного зернового севооборота, развращенного в пространстве и времени, со следующим чередованием культур: горох — озимая пшеница — соя — яровой ячмень.

Исследуемые технологии возделывания гороха основывались на применении в зерновом севообороте систем обработки почвы с разным уровнем минимизации и приемами внесения минеральных удобрений. Сорт гороха — Ягуар. Схема опыта включала следующие варианты:

1. Традиционная технология состоит в применении отвальной обработки почвы (вспашка на 20–22 см), основного внесения $N_{15}P_{40}K_{40}$ кг/га и подкормки в фазе бутонизации N_{34} кг/га в д.в.
2. Дифференцированная технология заключается в комбинации мелкой (дискование на 8–10 см) и безотвальной (чизелевание на 20–22 см) обработки почвы, основного внесения $N_{15}P_{40}K_{40}$ кг/га и подкормки в фазе бутонизации N_{34} кг/га в д.в.
3. Минимальная технология состояла в применении поверхностной обработки (дискование

до 8 см), основного внесения $N_{15}P_{40}K_{40}$ кг/га и подкормки в фазе бутонизации N_{34} кг/га в д.в.

4. Технология прямого посева заключалась в посеве гороха без механической обработки почвы (технология No-till), основного внесения $N_{15}P_{40}K_{40}$ кг/га, припосевого внесения $N_{10}P_{26}K_{26}$ кг/г и подкормки в фазе бутонизации N_{34} кг/га в д.в.

Размещение делянок в полевом опыте систематическое в один ярус, повторность трехкратная. Площадь делянки 6000 м² (60×100 м).

При возделывании гороха с применением традиционной, дифференцированной и минимальной технологий сев проводился зерновой сеялкой СЗ-3,6 с шириной междурядий 15 см, технологии прямого посева — сеялкой Дон 114 с шириной междурядий 21 см. Норма высева составляла 1,2 млн всхожих семян/га. В технологии прямого посева осенью после уборки предшественника и весной перед посевом гороха делянки обрабатывались гербицидом сплошного действия (Ураган Форте 2,0 л/га). На всех изучаемых технологиях возделывания гороха в ранние фазы роста сорняков (1–3 листьев) выполнялась гербицидная обработка посевов баковой смесью Пулсар в дозе 0,75 л/га и Базагран — 2,0 л/га. В дальнейшем в фазе образования бобов против вредителей и болезней была проведена фунгицидно-инсектицидная обработка препаратами Вентаж — 0,8 л/га и Борей — 0,1 л/га.

Почва опытного поля была представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым, с средним содержанием в пахотном слое гумуса — 5,28% (ГОСТ 26213-91), высоким содержанием подвижного фосфора — 20,0 мг/100 г и обменного калия — 12,7 мг/100 г (ГОСТ 26204-91), средним содержанием щелочногидролизующего азота — 15,5 мг/100 г (по Корнфилду). Реакция почвенной среды слабокислая, pH_{KCl} 5,3 ед. (ГОСТ 26483-85).

Агрометеорологические условия вегетационных периодов гороха в полной мере отражали особенности климата Курской области. В годы проведения исследований их степень увлажнения по гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова (ГТК) характеризовалась в 2020–2022 гг. как оптимальная с ГТК 1,35–1,00, в 2023 г. — как недостаточная с ГТК 0,82 (рис. 1). При этом распределение атмосферных осадков и температурный режим воздуха в перио-

ды вегетации гороха имели свои характерные особенности.

В 2020 г. прохладная и сухая погода в апреле с количеством осадков на 25% и средней температурой воздуха на 0,6°C ниже многолетней месячной нормы привела к более позднему появлению всходов гороха. Дождливая и прохладная погода в мае с количеством осадков на 24,1 мм выше и на 1,9°C ниже многолетней месячной нормы спровоцировала высокую засоренность посевов и замедление роста и развития культуры. В период со 2-й декады июня по 1-ю декаду июля включительно наблюдался дефицит осадков на фоне высокой среднесуточной температуры воздуха. Обильные осадки (65,2 мм) выпали только во 2-й декаде июля, но они носили ливневый характер и не оказывали заметного влияния на созревание зерна.

В 2021 г. прохладная и дождливая погода в 3-й декаде апреля привела к более позднему севу гороха (на 5–6 дней позже календарных сроков). В мае осадки соответствовали месячной норме, а температурный режим был выше нормы на 0,5°C, что способствовало более быстрому росту и развитию гороха. Обильные осадки в июне (101,2 мм) с превышением месячной нормы на 42,2 мм при среднесуточной температуре воздуха, превышающей климатическую норму на 2,5°C, привели к увеличению вегетативной массы культуры. Жаркая и преимущественно сухая погода, установившаяся в 1-й и 2-й декадах июля, способствовала созреванию зерна.

Метеорологические условия периода вегетации 2022 г. складывались менее благоприятно для роста и развития гороха. Прохладная и дождливая погода в апреле привела к его севу на 12–13 дней позже календарных сроков. Продолжающаяся прохладная погода в мае с среднесуточной температурой воздуха на 1,6°C ниже климатической нормы и осадками в 1,7 раза больше месячной нормы неблагоприятно отражалась на росте и развитии культуры. В июне недостаток осадков (10,1 мм при норме 59,0 мм) на фоне среднесуточной температуры на 2,7°C выше климатической нормы способствовал ускорению наступления у гороха фаз бутонизации, цветения и образования бобов. Прохладная и преимущественно дождливая погода, установившаяся во 2-й и 3-й декадах июля, способствовала более позднему созреванию зерна.



Рисунок 1. Метеорологические условия периода вегетации гороха в годы проведения исследований
Figure 1. Meteorological conditions of the pea growing season during the years of research

Таблица 1. Влагообеспеченность и водопотребление посевов гороха (среднее за 2020–2023 гг.)
Table 1. Moisture availability and water consumption of pea crops (average for 2020–2023)

Технология	Запас доступной влаги в почве, мм		Суммарное водопотребление, м ³ /га	Сухое вещество гороха, т/га	Коэффициент водопотребления
	начало вегетации	конец вегетации			
Традиционная	119,2	40,0	2674,2	4,87	554
Дифференцированная	110,0	34,8	2634,0	4,31	620
Минимальная	123,0	35,2	2760,7	4,41	640
Прямого посева	141,1	47,2	2820,8	5,06	595
НСР ₀₅	3,5	3,9	-	0,26	-



В 2023 г. из-за прохладной погоды в апреле сев гороха был проведен на 4-5 дней позже календарных сроков. В мае осадков выпало в 4,5 раза меньше месячной нормы при среднесуточной температуре воздуха на 0,3°C выше климатической нормы, что тормозило рост и развитие культуры. Дефицит осадков наблюдался в 1-й и 2-й декадах июня, лишь в 3-й декаде выпало большое количество осадков (59,4 мм), соответствующее месячной норме. При этом среднесуточная температура воздуха составляла 17,5°C и была близка к климатической норме. Похолодание, проявившееся преимущественно в 2-й декаде июля, несмотря на дефицит осадков (6,3 мм) в этот период, привело к затягиванию сроков наступления полной спелости зерна.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений гороха и определение основных элементов структуры урожая (густота стояния растений к уборке, среднее число зерен в бобе, на растении и на 1 м², масса 1000 зерен) проводили согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур РФ [11].

Запасы доступной для растений влаги в метровом слое почвы определяли в период сева и перед уборкой урожая термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89). Учет засоренности посевов гороха определяли при массовом появлении сорняков в критический для роста культуры период (фаза стеблевания и ветвления) и перед уборкой урожая количественно-весовым методом [12]. Урожайность гороха учитывали методом прямой механизированной уборки делянок с помощью комбайна Сампо-500. Урожай зерна взвешивали с пересчетом на 100%-ю чистоту и 14%-ю влажность. Содержание белка в зерне гороха определяли методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе Инфратек 1241.

Статистическую обработку данных исследований выполняли методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов по Б.А. Доспехову [13] с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение. Исследования влагообеспеченности посевов гороха показали, что применяемые технологии оказывали существенное влияние на запас продуктивной влаги метрового слоя почвы. В среднем за годы исследований, в фазе всходов наиболее высокие ее запасы были при применении технологии прямого посева (141,1 мм), что по сравнению с минимальной технологией больше на 18,1 мм, дифференцированной технологией — на 31,1 мм, традиционной технологией — на 21,9 мм (табл. 1).

К уборке расход запаса продуктивной влаги определялся водопотреблением сформировавшейся биомассы гороха и сорных растений, который составил от исходных запасов на традиционной технологии 33,6%, дифференцированной технологии — 31,6%, минимальной технологии — 28,6%, технологии прямого посева — 33,4%. При этом, несмотря на самое высокое суммарное водопотребление (2820,8 м³/га) в варианте с прямым посевом, наибольший запас продуктивной влаги (47,2 мм) сохранялся при применении этой технологии.

Расчет коэффициента водопотребления, характеризующего потребность сельскохозяйственных культур в воде на образование 1 т их сухой биомассы, выявил наиболее продуктивное потребление влаги в варианте с традиционной технологией возделывания гороха. При применении дифференцированной, минимальной технологий и прямого посева коэффициент водопотребления относительно традиционной технологии

был выше, соответственно, на 66, 86 и 40 ед., что свидетельствует о менее эффективном использовании продуктивной влаги из почвы.

Наряду с влагообеспеченностью и водопотреблением посевов важным показателем, характеризующим условия вегетации и формирования высокого урожая гороха, является наличие сорных растений. Учет засоренности посевов выявил существенное влияние изучаемых технологий возделывания гороха на динамику популяции сорных растений (табл. 2). Так, в критический для роста и развития культуры период (фаза стеблевания и ветвления) наименьшее общее количество малолетних и многолетних сорняков в 2020, 2021 и 2023 гг. наблюдалось при применении традиционной технологии, в 2022 г. — при прямом посеве. В среднем за 4 года исследований минимальная засоренность сохранялась в варианте с традиционной технологией (252,4 шт./м²), где относительно дифференцированной, минимальной технологий и прямого посева численность сорняков была ниже в 1,9-2,0 раза.

В результате обработки посевов гербицидами численность сорняков перед уборкой урожая снижалась на всех изучаемых технологиях возделывания гороха. В среднем за 2020-2023 гг. при применении традиционной технологии их количество сократилось на 33,2%, дифференцированной технологии — на 19,6%, минимальной технологии — на 17,1%, прямого посева — на 24,2%. При этом минимальное количество сорных растений (168,6 шт./м²) сохранялось в варианте с традиционной технологией. С переходом на дифференцированную, минимальную технологию и прямой посев численность сорняков относительно традиционной технологии была выше, соответственно, в 2,4, 2,5 и 2,1 раза.

В посевах гороха встречались следующие виды сорных растений. Из малолетних однолетних — просо куриное (*Echinochloa crus-galli*) и щетинник зеленый (*Setaria viridis*), из малолетних двудольных — горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus*), марь белая (*Chenopodium album*), горец почечуйный (*Polygonum persicaria*), латук компасный (*Lactuca serriola*), чистец однолетний (*Stachys annua*), паслен черный (*Solanum nigrum*), фиалка полевая (*Viola arvensis*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*). Многолетние виды были представлены двудольными сорняками: вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis*), бодяком полевым (*Cirsium arvense*), кислицей обыкновенной (*Oxalis acetosella*) и осотом полевым (*Sonchus arvensis*).

Для более полного выявления вредоносного влияния сорного компонента в агрофитоценозе гороха было рассмотрено влияние изучаемых технологий на изменение воздушно-сухой массы сорняков и его урожайность (рис. 2). В фазе стеблевания и ветвления гороха при применении дифференцированной, минимальной технологий и прямого посева масса малолетних и многолетних сорняков была выше по сравнению с традиционной технологией, соответственно, в 1,7, 1,8 и 1,2 раза. К уборке урожая их масса на традиционной технологии увеличилась в 2,54 раза, дифференцированной технологии — в 3,03 раза, минимальной технологии — 2,78 раза, прямом посеве — 2,52 раза. В результате минимальный вес сорных растений оставался в варианте с традиционной технологией возделывания гороха, а с переходом на дифференцированную, минимальную технологию и прямой посев он был выше относительно традиционной технологии в 2,0-1,2 раза.

Принимая во внимание низкую конкурентоспособность гороха по отношению к сорным растениям их количество и масса в зависимости от применяемой технологии оказывали влияние на уровень урожая. Несмотря на то, что при прямом посеве в критический для роста и развития культуры период отмечались не самые низкие показатели засоренности посевов, применение этой технологии способствовало минимальному нарастанию массы сорняков к уборке и формированию наиболее высокой урожайности гороха (2,31 т/га). С переходом на традиционную технологию снижение урожайности относительно прямого посева было несущественным и составляло 0,10 т/га. При переходе на дифференцированную и минимальную технологию урожайность гороха по сравнению с прямым посевом снижалась на 0,25 и 0,19 т/га.

Изменения урожайности гороха при применении изучаемых технологий его возделывания были обусловлены условиями в период вегетации культуры, что также повлияло на формирование элементов структуры урожая. Так, наиболее высокие весенние запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы при применении технологии прямого посева способствовали формированию наибольшей густоты стояния растений к уборке (110,8 шт./м²). С применением традиционной, дифференцированной и минимальной технологий густота стояния растений была ниже относительно прямого посева на 6,8, 10,3 и 6,0 шт./м² соответственно технологиям.

Таблица 2. Влияние технологий возделывания гороха на количество сорняков, шт./м²
Table 2. Influence of pea cultivation technologies on the number of weeds, pcs/m²

Технология	Годы исследований				В среднем за 2020-2023 гг.
	2020	2021	2022	2023	
В фазе стеблевания и ветвления					
Традиционная	670,4	170,4	112,8	56,0	252,4
Дифференцированная	1033,6	665,6	262,4	77,6	509,8
Минимальная	953,6	834,4	181,6	93,6	515,8
Прямого посева	1495,2	212,0	88,8	84,8	470,2
НСР ₀₅ , шт./м²	43,4	30,2	21,3	8,2	25,8
Перед уборкой урожая					
Традиционная	476,0	42,4	84,0	72,0	168,6
Дифференцированная	873,6	304,0	312,8	148,0	409,6
Минимальная	787,2	470,4	292,0	161,6	427,8
Прямого посева	848,8	156,0	85,6	334,4	356,2
НСР ₀₅ , шт./м²	27,9	26,4	22,0	20,5	24,2





Рисунок 2. Влияние технологий возделывания гороха на воздушно-сухую массу сорняков и урожайность (среднее за 2020-2023 гг.)
Figure 2. The impact of pea cultivation technologies on the air-dry mass of weeds and yield (average for 2020-2023)

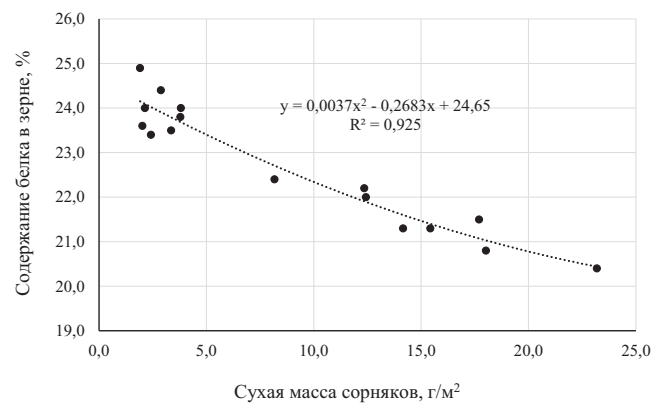


Рисунок 3. Взаимосвязь сухой массы сорняков в фазе стеблевания и ветвления гороха с содержанием белка в зерне (2020-2023 гг.)
Figure 3. The relationship of the dry mass of weeds in the phase of staking and branching of peas with the protein content in grain (2020-2023)

Таблица 3. Влияние технологий возделывания гороха на формирование элементов структуры урожая (среднее за 2020-2023 гг.)
Table 3. The influence of pea cultivation technologies on the formation of crop structure elements (average for 2020-2023)

Технология	Среднее число зерен в бобе, шт.	Среднее число зерен, шт./растение	Среднее количество зерен, шт./м²	Масса 1000 зерен, г
Традиционная	3,26	16,6	1723	153,3
Дифференцированная	3,04	14,0	1393	163,7
Минимальная	2,99	13,6	1429	170,9
Прямого посева	3,12	16,7	1799	167,6
НСР ₀₅	0,08	1,0	51	4,9

Таблица 4. Влияние технологий возделывания на сбор белка с урожаем гороха, кг/га
Table 4. Influence of cultivation technologies on protein harvesting with pea harvest, kg/ha

Технология	Годы исследований				В среднем за 2020-2023 гг.
	2020	2021	2022	2023	
Традиционная	420,0	356,9	551,9	415,8	436,2
Дифференцированная	319,9	332,4	538,8	419,9	402,7
Минимальная	293,1	346,5	550,1	449,8	409,9
Прямого посева	309,6	490,7	610,9	431,3	460,6
НСР ₀₅ , кг/га	29,6	30,9	28,6	23,1	30,5

Среднее число зерен в бобе было максимальным при применении традиционной технологии (3,26 шт.), что на 6,7% больше по сравнению с дифференцированной технологией, на 8,1% — с минимальной технологией и на 4,0% — с прямым посевом (табл. 3). При этом на формирование этого элемента структуры урожая оказывала влияние засоренность посевов, что подтверждается высокой и заметной отрицательной корреляционной связью этих показателей как в критический для роста и развития культуры период ($r=-0,72$ для количества сорняков и $r=-0,55$ для сухой массы сорняков), так и перед уборкой урожая ($r=-0,68$ для количества сорняков).

Наиболее высокие значения среднего числа зерен на растении (16,7 шт./растение) и на единице площади (1799 шт./м²) отмечались при применении технологии прямого посева, и снижались при традиционной технологии — на 0,6 и 4,2%, дифференцированной технологии — на 16,2 и 22,6%, минимальной технологии — на 18,6 и 20,6% соответственно. В то же время наиболее высокая масса 1000 зерен формировалась при минимальной технологии, где относительно традиционной, дифференцированной

технологий и прямого посева она увеличилась, соответственно, на 17,6, 7,2 и 3,3 г.

Следует отметить ведущую роль в повышении урожая гороха таких элементов его структуры, как среднее число зерен на единице площади и масса 1000 зерен. Это подтверждает установленная заметная корреляционная связь урожайности гороха с массой 1000 зерен ($r=0,62$) и средним числом зерен на 1 м² ($r=0,55$). В свою очередь, на формирование этих элементов структуры урожая и в целом его величину оказывала влияние засоренность посевов гороха как в критический, так и в предуборочный периоды. Об этом свидетельствует заметная отрицательная корреляционная связь урожайности с общим количеством сорняков ($r=-0,63$ в фазе стеблевания и ветвления и $r=-0,61$ перед уборкой урожая).

Возделывание гороха по изучаемым технологиям повлияло на качество зерна, в частности содержание в нем белка. Так, в среднем за годы исследований наиболее высокое содержание белка в зерне отмечалось при возделывании гороха по технологии прямого посева (23,15%), где с применением традиционной технологии этот показатель снижился на 0,25%,

дифференцированной технологии — на 0,57%, минимальной технологии — на 0,90%.

Корреляционный анализ экспериментальных данных за 4 года исследований выявил связь формирования массы 1000 зерен с содержанием в них белка. Под влиянием складывающихся условий вегетации гороха, вызванных применяемыми технологиями, с увеличением массы 1000 зерен отмечалось повышение содержание белка в зерне ($r=0,59$). При этом на эти показатели кроме погодных условий существенное влияние оказывал уровень засоренности посевов. Выявлено снижение массы 1000 зерен при увеличении численности сорных растений и их сухой массы в критический для роста и развития культуры период ($r=-0,58$ для количества сорняков и $r=-0,57$ для сухой массы сорняков) и перед уборкой урожая ($r=-0,57$ для количества сорняков). Также установлено снижение содержания белка в зерне при увеличении сухой массы сорняков в критический для роста и развития гороха период, что подтверждается очень высокой отрицательной корреляционной связью ($r=-0,96$). Отмеченная связь приведена на рисунке 3 и с достоверностью $R^2=0,92$ аппроксимируется в виде полинома второй степени.

Интегральным показателем продуктивности посевов гороха является сбор белка с гектара, который определяется как урожайностью, так и его содержанием в выращенном зерне. В 2020 г. максимальный сбор белка с гектара был получен при традиционной технологии, в 2021 и 2022 гг. — при прямом посеве, в 2023 г. — при минимальной технологии (табл. 4). В среднем за годы исследований наибольший сбор белка с урожаем гороха был получен при его возделывании по технологии прямого посева (460,6 кг/га). При переходе на традиционную технологию относительно прямого посева сбор белка снижался на 24,4 кг/га, дифференцированную технологию — на 57,9 кг/га, минимальную технологию — на 50,7 кг/га.

Изменение продуктивности гороха при его возделывании с применением изучаемых технологий было связано с условиями вегетации, в частности с засоренностью посевов. Так, анализ экспериментальных данных показал, что на продуктивность этой культуры оказывали влияние численность и сухая масса сорных растений в критический для ее роста и развития период, что подтверждается высокой обратной корреляционной связью ($r=-0,71$ для количества



сорняков и $r = -0,70$ для воздушно-сухой массы сорняков).

Таким образом, за годы исследований при возделывании гороха по технологиям с разным уровнем минимизации обработки почвы увеличение общего количества сорняков с 56 до 1313 шт./м² и их сухой массы с 2,8 до 23,2 г/м² в фазе стеблевания и ветвления приводило к снижению сбора белка на 197,6 кг/га или на 40,5%. Доля влияния фактора засоренности посевов в изменении продуктивности гороха составляла 49,0-50,4%, остальное влияние было обусловлено агрометеорологическими условиями в период его вегетации и изменением водно-физических и агрохимических показателей чернозема типичного в результате применения изучаемых технологий.

Выводы. В почвенно-климатических условиях Курской области технологии возделывания гороха с разным уровнем минимизации основной обработки почвы оказывают существенное влияние на влагообеспеченность и засоренность посевов, формирование элементов структуры урожая и продуктивность этой зернобобовой культуры. Возделывание гороха по традиционной технологии обеспечило минимальную засоренность посевов как в критический для роста и развития культуры период, так и перед уборкой урожая, что способствовало наиболее продуктивному расходу влаги из почвы на формирование урожая. Однако возделывание гороха по технологии прямого посева способствовало наилучшей влагообеспеченности посевов в период появления всходов, формированию максимальной густоты стояния растений, среднего числа зерен на растении и 1 м², содержания белка в зерне, что обеспечило получение наиболее высокого его урожайности и сбора белка с урожаем. Применение традиционной, дифференцированной и минимальной технологий приводило к снижению весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы на 18,1-31,1 мм, густоты стояния растений к уборке — на 6,0-10,3 шт./м², среднего числа зерен — на 76-406 шт./м² и на 1 растении — на 0,1-3,1 шт., содержания белка в зерне — на 0,25-0,90% абс. и в конечном итоге к уменьшению урожая — на 4,3-10,8%, сбора белка с гектара — на 5,3-12,6%.

Список источников

1. Федеральная служба государственной статистики (РОССТАТ). Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13177> (дата обращения: 25.03.2024).
2. Jensen, E.S., Carlsson, G., Hauggaard-Nielsen, H. (2020). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 40, no. 5, issue 1. doi: 10.1007/s13593-020-0607-x

Информация об авторах:

Морозов Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4870-2995>, alex.morozoff76@yandex.ru

Дубовик Дмитрий Вячеславович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>, dubovikdm@yandex.ru

Дубовик Елена Валентиновна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>, dubovikev@yandex.ru

Шумаков Александр Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8620-7816>, kniiapp@mail.ru

Information about the authors:

Alexander N. Morozov, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4870-2995>, alex.morozoff76@yandex.ru

Dmitry V. Dubovik, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>, dubovikdm@yandex.ru

Elena V. Dubovik, doctor of biological sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>, dubovikev@yandex.ru

Alexander V. Shumakov, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8620-7816>, kniiapp@mail.ru

Sustainable Development, vol. 40, no. 5, issue 1. doi: 10.1007/s13593-020-0607-x

3. Гармашов В.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А. Влияние способов обработки почвы, внесения минеральных удобрений и гербицидов на засоренность посевов и урожайность зерна гороха // Защита и карантин растений. 2017. № 1. С. 14-17.

4. Palmer, M.A., Liu, J., Matthews, J.H., et al. (2015). Water security: Gray or green? *Science*, vol. 349, no. 6248. pp. 584-585. doi: 10.1126/science.349.6248.584-a

5. Пургин Д.В., Усенко В.И., Кравченко В.И. и др. Формирование засоренности посевов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки почвы и применения средств химизации // Земледелие. 2019. № 8. С. 8-13. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10802

6. Букин О.В., Бочкарев Д.В., Никольский А.Н. Влияние приемов основной обработки почвы на урожайность и качество гороха посевного в условиях Европейской части России // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 10. С. 28-34.

7. Киселева Т.С., Рзаева В.В. Влияние основной обработки почвы на урожайность зернобобовых культур в северной лесостепи Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 1. С. 21-25. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10104

8. Киселева Т.С., Рзаева В.В. Влияние основной обработки почвы на продуктивность зернобобовых культур в северной лесостепи Западной Сибири. Тюмень: ИД «Титул», 2023. 163 с.

9. Дригидер В.К., Джандаров А.Н. Агрофизические свойства почвы и урожайность гороха в зависимости от технологии возделывания в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6. С. 76-80. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-76-80

10. Камбулов С.И., Семенихина Ю.А., Демина Е.Б. Влияние основных приемов обработки почвы на продуктивность гороха // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 3. С. 82-88. doi: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-82-88

11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. М.: ООО «Группа компаний Море», 2019. 384 с.

12. Васильев И.П., Туликов А.М., Баздырев Г.И., Захаренко А.В., Сафонов А.Ф. Практикум по земледелию. М.: КолосС, 2004. 424 с.

13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

References

1. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki (ROSSTAT) [Federal State Statistics Service (ROSSTAT)]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13177> (accessed: 25.03.2024).
2. Jensen, E.S., Carlsson, G., Hauggaard-Nielsen, H. (2020). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 40, no. 5, issue 1. doi: 10.1007/s13593-020-0607-x
3. Garmashov, V.M., Kornilov, I.M., Nuzhnaya, N.A. (2017). Vliyaniye sposobov obrabotki pochvy, vneseniya mineral'nykh udobrenii i gerbitsidov na zasorennost' posevov i urozhainost' gorokha [The influence of methods of tillage, application of mineral fertilizers and herbicides on the contamination of crops and the yield of pea grain]. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine], no. 1, pp. 14-17.
4. Palmer, M.A., Liu, J., Matthews, J.H., et al. (2015). Water security: Gray or green? *Science*, vol. 349, no. 6248. pp. 584-585. doi: 10.1126/science.349.6248.584-a
5. Purgin, D.V., Usenko, V.I., Kravchenko, V.I. et al. (2019). Formirovaniye zasorennosti posevov v zernoparovom sevooborote v zavisimosti ot sposoba obrabotki pochvy i primeneniya sredstv khimizatsii [Formation of crop contamination in the grain-steam crop rotation, depending on the method of tillage and the use of chemicals]. *Zemledeliye*, no. 8, pp. 8-13. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10802
6. Bukin, O.V., Bochkarev, D.V., Nikol'skii, A.N. (2020). Vliyaniye priemov osnovnoi obrabotki pochvy na urozhainost' i kachestvo gorokha posevnogo v usloviyakh Yevropeiskoi chasti Rossii [The influence of basic tillage techniques on the yield and quality of seed peas in the conditions of the European part of Russia]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], no. 10, pp. 28-34.
7. Kiseleva, T.S., Rzaeva, V.V. (2021). Vliyaniye osnovnoi obrabotki pochvy na urozhainost' zernobobovykh kul'tur v severnoi lesostepi Tyumenskoi oblasti [The influence of basic tillage on the yield of leguminous crops in the northern forest-steppe of the Tyumen region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], vol. 35, no. 1, pp. 21-25. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10104
8. Kiseleva, T.S., Rzaeva, V.V. (2023). Vliyaniye osnovnoi obrabotki pochvy na produktivnost' zernobobovykh kul'tur v severnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri [The influence of basic tillage on the productivity of leguminous crops in the northern forest-steppe of Western Siberia]. Tyumen, Publishing house "Titul", 163 p.
9. Dridiger, V.K., Dzhandarov, A.N. (2021). Agrofizicheskie svoystva pochvy i urozhainost' gorokha v zavisimosti ot tekhnologii vozdelvaniya v zone neustoychivogo uvlazhneniya Stavropol'skogo kraia [Agrophysical properties of the soil and yield of peas depending on the cultivation technology in the zone of unstable humidification of the Stavropol territory]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia Orenburg State Agrarian University], no. 6, pp. 76-80. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-76-80
10. Kambulov, S.I., Semeniikhina, Yu.A., Demina, E.B. (2022). Vliyaniye osnovnykh priemov obrabotki pochvy na produktivnost' gorokha [The effect of basic tillage techniques on pea productivity]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain economy of Russia], vol. 14, no. 3, pp. 82-88. doi: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-82-88
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Vyp. 1. (2019). [The methodology of the state variety testing of agricultural crops. Issue 1]. Moscow, Sea Group of Companies LLC, 384 p.
12. Vasil'ev, I.P., Tulikov, A.M., Bazdyrev, G.I., Zakharenko, A.V., Safonov, A.F. (2004). *Praktikum po zemledeliyu* [Laboratory manual for agronomy]. Moscow, KolosS Publ., 424 p.
13. Dospikhov, B.A. (2014). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basis of statistical processing of research results)]. Moscow, Al'yans Publ., 351 p.





Научная статья

УДК 631.459.02:631.421:631.6.02

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_584

ОЦЕНКА ДОЛГОСРОЧНОГО ВЛИЯНИЯ ЭРОЗИИ НА ВПИТЫВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВЫ

Ю.П. Сухановский, А.В. Прущик, В.А. Вытовтов, Ю.О. Рубаник, А.Г. Титов

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты исследований долгосрочного влияния эрозии почвы на ее впитывающую способность, плотность и влажность. Результаты получены в многолетнем эксперименте по контурно-мелиоративному земледелию на двух водосборах (Курская область) в 2021–2023 гг. Исследования проведены на водосборе с агролесоландшафтным комплексом, представленным тремя водорегулирующими двухрядными лесными полосами, усиленными канавой и валом, и на контроле. Почва — чернозем типичный малогумусный тяжелосуглинистый среднесиловый (неэродированный и слабоэродированный). Использован метод ключевых участков. На каждом водосборе выбраны 2 участка: один наверху склона (почва неэродированная) другой внизу склона (почва эродированная). В 4-кратной повторности на участке отобраны монолиты для измерения впитывающей способности почвы методом дождевания, почвенные образцы для определения плотности и влажности почвы. Разность средних значений на участках оценивает последствия эрозии. Представлены 3 измеряемые величины: критическое значение индекса, когда начинается сток; средняя скорость впитывания на интервале эрозионного индекса 0–30 т-м/га; установившаяся скорость впитывания. Установлено, что на контрольном водосборе разность средних значений для установившейся скорости впитывания на эродированной почве больше на 52% по сравнению с неэродированной. На водосборе с агролесоландшафтным комплексом значения для критического индекса дождя и средней скорости впитывания на ключевых участках с эродированной почвой достоверно меньше на 39 и 30%, соответственно, по сравнению с неэродированной. На контрольном водосборе на двух участках различие плотности почвы получено в пределах 12%, а влажность в слое 10–30 см эродированной почвы достоверно меньше в интервале на 12–20%. На водосборе с агролесоландшафтным комплексом на эродированной почве плотность больше на 7–22% по сравнению с неэродированной, достоверных отличий в значениях влажности не получено.

Ключевые слова: эрозия почвы, долгосрочные последствия, почва, впитывающая способность, достоверность, водосборы

Благодарности: исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБНУ «Курский ФАНЦ» по теме № FGZU-2022-0002.

Original article

ASSESSMENT OF THE LONG-TERM IMPACT OF EROSION ON SOIL ABSORPTION CAPACITY

Yu.P. Sukhanovskii, A.V. Prushchik, V.A. Vytovtov, Yu.O. Rubanik, A.G. Titov

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

Abstract. The article presents the results of studies of the long-term effect of soil erosion on its absorbency, density and moisture. The results were obtained in a long-term experiment on contour reclamation farming in two catchments (Kursk region) in 2021–2023. The studies were carried out in a catchment area with an agroforestry landscape complex, represented by three water-regulating two-row forest shelter-belts reinforced with a ditch and a shaft and under control. The soil is a typical low-humus, heavy-loamy medium-sized chernozem (non-eroded and slightly eroded). The method of key sections was used. Two sites are selected in each catchment area: one at the top of the slope (non-eroded soil) and the other at the bottom of the slope (eroded soil). Monoliths were selected in 4-fold repetition on the site to measure the soil absorbency by sprinkling, soil samples to determine the density and moisture of the soil. The difference in the average values on the plots assesses the effects of erosion. Three measured values are presented: the critical value of the index when runoff begins; the average absorption rate in the range of the erosion index of 0–30 t-m/ha; the steady-state absorption rate. It was found that in the control catchment area, the difference in average values for the steady-state absorption rate in eroded soil is 52% greater than in non-eroded soil. In a catchment area with an agroforestry landscape complex, the values for the critical rain index and the average absorption rate in key areas with eroded soil are significantly lower by 39 and 30%, respectively, compared with non-eroded soil. In the control catchment area at two sites, the difference in soil density was obtained within 12%, and the humidity in the 10–30 cm layer of eroded soil was significantly less in the range of 12–20%. In a catchment area with an agroforestry landscape complex on eroded soil, the density is 7–22% higher than in non-eroded soil, no significant differences in moisture values were obtained.

Keywords: soil erosion, long-term effects, soil, moisture, validity, watersheds

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. В мире к концу 20 века было потеряно 2 млрд га плодородных земель, а использовалось 1,5 млрд га [1, 2]. По причине деградации почв площадь пашни ежегодно сокращалась на 0,47% (на 0,40% вследствие эрозионных процессов [3, 4]). Установлено [5]: человечество использует природные возобновляемые почвенные ресурсы как не возобновляемые (скорость эрозии намного больше скорости почвообразования). Это подтверждено для почв Курской области [6], где на основе прогнозов показано, что эрозию почвы можно только замедлить, а эрозионные потери невозможно восстановить. Согласно Стратегии научно-технологического развития РФ (Указ Президента РФ № 145 от 28.02.2024 г., п. 15 г), проблема эрозии почвы относится к наиболее значимым большим вызовам. Необходима

стратегия поэтапного уменьшения скорости эрозии до скорости почвообразования. Прогноз для склона с агролесоландшафтным комплексом показал [6] уменьшение поступления смытой почвы в гидрографическую сеть в 26 раз (по сравнению с применением только агротехнических мероприятий).

На водопроницаемость почвы влияют различные факторы, например, влажность, плотность почвы и гранулометрический состав [7, 8]. Базы данных по водопроницаемости почвы получены для конкретных условий [8, 9] и не могут быть использованы повсеместно.

Цель и задачи исследования. Цель исследования — оценка долгосрочного влияния эрозии на впитывающую способность почвы. Задачи исследования — оценка влияния эрозии на

впитывающую способность, плотность и влажность почвы на двух водосборах с агролесоландшафтным комплексом и без него.

Условия проведения исследования. Исследование проведено в полевом стационарном многолетнем эксперименте по контурно-мелиоративному земледелию (ФГБНУ «Курский ФАНЦ», Курская область).

Объект исследования — чернозем типичный малогумусный тяжелосуглинистый среднесиловый неэродированный и слабоэродированный. На исследованных двух водосборах с 2012 г. велся укороченный зерновой севооборот: озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) — гречиха (*Fagopyrum esculentum*) — яровой ячмень (*Hordeum distichon* L.) — гречиха (*Fagopyrum esculentum*).



Основной обработкой почвы была вспашка на глубину 20-22 см, с 2007 г. — поверхностная обработка (дискатор на глубину 10-12 см).

Опытный участок состоял из нескольких водосборов: исследования проведены на водосборе с агролесоландшафтным комплексом, представленным тремя водорегулирующими двухрядными лесными полосами, усиленными канавой и валом (площадь 38 га) и на контрольном водосборе с площадью 40 га — без лесополос. На склонах западной экспозиции выделены ключевые участки [6], расположенные вверху склона — почва незеродированная, внизу склона — слабоэродированная.

Методология проведения исследования.

За основу принят метод ключевых участков [6], основанный на документах стандартизации (РМГ-29-2013, МИ 2083-90, ГОСТ Р 8.736-2011). Ниже представлены только формулы для оценки достоверности результатов измерения. На исследуемых участках повторность измерений (отбор образцов почвы) приводит к случайной выборке измеренных значений

$$\{x_i\}, i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где x_i — измеренное значение в i -й точке; n — объем выборки.

Для статистического анализа выборки (1) необходимо выполнение следующих условий:

1. Почва на участке должна быть однородной.

2. Площадь необходимо разделить на одинаковые ячейки ($n \geq 4$).

3. Выборка (1) должна удовлетворять двум условиям. Первое — ее должно описывать усеченное нормальное распределение вероятности. Для проверки гипотезы использован критерий Колмогорова-Смирнова [10]. Второе — оно должно быть достаточно близко к функции нормального распределения. Из соображений репрезентативности и наименьшего количества измерений выбран квадрат со стороной 10 м, разделенный на четыре ($n=4$) одинаковые ячейки. Для участка результат измерения представлен в форме

$$\bar{x} \pm \Delta, P; \quad \Delta = t_p S_{\bar{x}}; \quad S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

где $\bar{x}$ — среднее значение выборки (1); Δ — его абсолютная погрешность; P — вероятность, соответствующая интервалу погрешности (уровень значимости $\alpha=1-P$); t_p — коэффициент Стьюдента; $S_{\bar{x}}$ — стандартное отклонение для среднего значения; S — стандартное отклонение. Если значение $\bar{x} > \Delta$, то оно достоверное.

Достоверную разность средних значений для двух участков определяет выполнение неравенства

$$n > n_{\text{дос}} = t_p^2 \left(\frac{S_1 + S_2}{\bar{x}_2 - \bar{x}_1} \right)^2. \quad (3)$$

Для достоверной разности она рассчитана в процентах по формуле

$$\epsilon = 100 \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{S_{\bar{x}_1}}. \quad (4)$$

Выполнение второго условия определяет неравенство

$$P(x < 0) = N(0, \bar{x}, S) < \alpha/2, \quad (5)$$

здесь $P(x < 0)$ вероятность, что значение случайной величины x будет меньше 0; $N(0, \bar{x}, S)$ — функция нормального распределения вероятности, определяющая вероятность, что значение будет меньше 0.

Для получения большего количества достоверных разностей рекомендовано [6] $t_p=1$, что при $n=4$ соответствует $P=0,61$ [11] и $\alpha/2=0,2$.

Принятие для выборки (1) гипотезы об усеченном нормальном распределении означает, что выборки с одинаковым объемом, но в других точках отбора образцов почвы являются равноценными, то есть почва на участке однородная. Ключевые участки необходимо размещать за пределами окрестности влияния лесной полосы на микроклимат.

Впитывающую способность почвы определяли методом дождевания стоковых площадок с использованием лабораторно-полевой портативной дождевальной установки [6]. По результатам дождевания определяли зависимость от времени. Затем переходили к зависимости от критерия подобия для искусственных дождей, а далее — к зависимости от критерия подобия для естественных дождей [6]. В итоге получили следующую функцию

$$K = K_{кр} + (K_{кр} - K_{\infty}) \exp \left[-\alpha \frac{AI}{AI_{кр}} - 1 \right], \quad (6)$$

где K — впитывающая способность почвы, мм/мин; $K_{кр}$ — ее значение при начале стока, мм/мин; K_{∞} — установившаяся скорость впитывания, мм/мин; $\exp$ — экспоненциальная функция; α — калибровочный параметр; AI — критерий подобия для естественных дождей, т-м/га; $AI_{кр}$ — его значение при начале стока, т-м/га.

Для каждого монолита почвы оценивали значения $K_{кр}$, K_{∞} , α и $AI_{кр}$. Для отбора монолитов почвы использовали металлические цилиндры с внутренним диаметром 25 см и высотой 20 см. Дождевание проводили в лабораторных условиях. Для измерения плотности и влажности почвы образцы отбирали буром-пробоотборником (Патент РФ № 2732907). Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89).

Результаты и обсуждение. Впитывающую способность почвы описывает функция от критериев подобия дождевых осадков. Для

статистического анализа были выбраны три величины: значение критерия подобия для естественных дождей в начале стока $AI_{кр}$, установившаяся скорость впитывания K_{∞} и среднее значение впитывающей способности почвы $K_{\text{сред}}$ на интервале от 0 до $AI_{\text{макс}}=30$ т-м/га. При значениях $t_p=1$ и $n=4$ среднее значение достоверное при выполнении неравенства

$$\bar{x} > \Delta = S/\sqrt{4}. \quad (7)$$

Для ключевых участков контрольного водосбора получили, что разности средних значений $AI_{кр}$ и $K_{\text{сред}}$ на эродированной и незеродированной почве недостоверные, то есть они находились в пределах погрешности (табл. 1). Значение установившейся скорости впитывания на эродированной почве достоверно больше на 52% по сравнению с незеродированным участком. Все выборки описывают усеченные нормальные распределения вероятности, и они достаточно близки к нормальному распределению. Средние значения достоверны. Выборки удовлетворяют условиям применения метода ключевых участков.

Для водосбора с агролесоландшафтным комплексом получено, что: ключевых участков, расположенных на эродированной почве значения $AI_{кр}$ и $K_{\text{сред}}$ достоверно меньше, соответственно, на 39 и 30%, по сравнению с незеродированными (табл. 2).

Анализ установившейся скорости впитывания показал, что разность средних значений недостоверная.

Из сравнения таблиц 1 и 2 можно заключить, что на контрольном водосборе значения параметров впитывающей способности почвы противоположны показателям на водосборе с агролесоландшафтным комплексом. Это означает, что различия в этих параметрах существуют.

Таблица 1. Впитывающая способность почвы на контрольном водосборе
Table 1. Soil absorbency at the control catchment

Показатель	$\bar{x}$	S	D	$P(x < 0)$	$n_{\text{дос}}$	Разность, да/нет	ϵ , %
Верх склона							
$AI_{кр}$, т-м/га	6,2	1,9	0,211	6×10^{-4}			
$K_{\text{сред}}$, мм/мин	1,11	0,29	0,284	5×10^{-5}			
$K_{уст}$, мм/мин	0,316	0,034	0,193	9×10^{-21}			
Низ склона							
$AI_{кр}$, т-м/га	7,8	2,9	0,308	4×10^{-3}	9	нет	
$K_{\text{сред}}$, мм/мин	1,27	0,25	0,349	2×10^{-7}	12	нет	
$K_{уст}$, мм/мин	0,48	0,10	0,389	3×10^{-7}	1	да	52

Примечание: $\bar{x}$ — среднее значение; S — стандартное отклонение; D — критерий Колмогорова-Смирнова (при $D < 0,624$ принимали гипотезу об усеченном нормальном распределении); при $P(x < 0) < 2 \times 10^{-1}$ оно близко к нормальному; при объеме выборки $n=4 > n_{\text{дос}}$ разность средних значений достоверная («да»), иначе — недостоверная («нет»); ϵ — формула (4). Эти обозначения соответствуют обозначениям в других таблицах.

Таблица 2. Впитывающая способность почвы на водосборе с лесными полосами
Table 2. Absorbent capacity of soil in the catchment area with forest shelter-belts

Показатель	$\bar{x}$	S	D	$P(x < 0)$	$n_{\text{дос}}$	Разность, да/нет	ϵ , %
Верх склона							
$AI_{кр}$, т-м/га	9,0	2,3	0,176	5×10^{-5}			
$K_{\text{сред}}$, мм/мин	1,43	0,29	0,142	4×10^{-7}			
$K_{уст}$, мм/мин	0,42	0,07	0,272	5×10^{-9}			
Низ склона							
$AI_{кр}$, т-м/га	5,5	2,0	0,239	3×10^{-3}	2	да	-39
$K_{\text{сред}}$, мм/мин	1,00	0,32	0,255	1×10^{-3}	3	да	-30
$K_{уст}$, мм/мин	0,36	0,07	0,227	5×10^{-8}	6	нет	





При определении впитывающей способности почвы обязательно учитывают влажность и плотность. Для контрольного водосбора анализ данных по плотности почвы, отобранных до глубины 50 см, показал (табл. 3), что на ключевом участке, расположенном внизу склона, на эродированной почве в слоях 0-5 и 30-35 см значения достоверно меньше на 9 и 5% соответственно.

На глубине 5-25 см плотность почвы достоверно больше в интервале 3-12% по сравнению с ключевым участком, расположенным вверху склона на незэродированной почве. Для остальных глубин разность средних значений плотности недостоверная.

Анализ данных для водосбора с агролесоландшафтным комплексом (табл. 4) показал, что

для двух ключевых участков, расположенных на незэродированной и эродированной почве в слоях 0-5 и 25-30 см разность средних значений плотности недостоверная, то есть ниже погрешности измерений.

Для всех остальных глубин ключевого участка, расположенного на эродированной почве внизу склона, плотность достоверно больше

Таблица 3. Плотность почвы на контрольном водосборе
Table 3. Soil density at the control catchment

Слой почвы, см	$\bar{x}$, г/см ³	S , г/см ³	D	$P(x<0)$	$n_{\text{дос}}$	Разность, да/нет	ϵ , %
Верх склона							
0-5	0,968	0,070	0,359	6×10^{-44}			
5-10	0,992	0,017	0,280	0			
10-15	1,067	0,014	0,221	0			
15-20	1,063	0,05	0,153	1×10^{-100}			
20-25	1,126	0,07	0,229	2×10^{-58}			
25-30	1,23	0,09	0,237	8×10^{-43}			
30-35	1,251	0,04	0,216	5×10^{-215}			
35-40	1,262	0,04	0,337	9×10^{-219}			
40-45	1,29	0,08	0,434	9×10^{-59}			
45-50	1,31	0,08	0,348	1×10^{-60}			
Низ склона							
0-5	0,884	0,06	0,346	5×10^{-49}	3	да	-9
5-10	1,10	0,09	0,253	1×10^{-34}	1	да	11
10-15	1,20	0,16	0,298	3×10^{-14}	2	да	12
15-20	1,169	0,05	0,290	3×10^{-121}	1	да	10
20-25	1,160	0,06	0,222	1×10^{-83}	15	нет	3
25-30	1,23	0,10	0,433	5×10^{-35}	—*	нет	
30-35	1,190	0,06	0,135	8×10^{-88}	3	да	-5
35-40	1,21	0,08	0,162	6×10^{-52}	6	нет	
40-45	1,272	0,04	0,226	3×10^{-222}	45	нет	
45-50	1,325	0,07	0,168	3×10^{-80}	101	нет	

*Средние значения равные

Таблица 5. Влажность почвы на контрольном водосборе
Table 5. Soil moisture at the control catchment

Слой почвы, см	$\bar{x}$, %	S , %	D	$P(x<0)$	$n_{\text{дос}}$	Разность, да/нет	ϵ , %
Верх склона							
0-5	28,50	0,4	0,202	0			
5-10	30,8	2,5	0,582	4×10^{-35}			
10-15	33,3	2,3	0,276	8×10^{-48}			
15-20	31,4	1,8	0,229	2×10^{-68}			
20-25	30,9	2,0	0,238	4×10^{-54}			
25-30	31,0	2,6	0,233	4×10^{-33}			
30-35	30,5	1,8	0,189	1×10^{-64}			
35-40	29,5	2,2	0,221	3×10^{-41}			
40-45	30,8	3,1	0,150	1×10^{-23}			
45-50	29,7	1,3	0,269	8×10^{-116}			
Низ склона							
0-5	27,6	4	0,136	3×10^{-12}	24	нет	
5-10	28,4	5	0,259	7×10^{-9}	10	нет	
10-15	26,8	4	0,200	1×10^{-11}	1	да	-20
15-20	26,7	4	0,286	1×10^{-11}	2	да	-15
20-25	27,2	4	0,180	5×10^{-12}	3	да	-12
25-30	27,1	4	0,218	6×10^{-12}	3	да	-13
30-35	29,4	3,1	0,340	1×10^{-21}	20	нет	
35-40	29,5	2,2	0,221	3×10^{-41}	—*	нет	
40-45	27,8	3,4	0,251	1×10^{-16}	5	нет	
45-50	27,2	3,8	0,184	4×10^{-13}	5	нет	

*Средние значения равные

Таблица 4. Плотность почвы на водосборе с лесными полосами
Table 4. Soil density in the catchment area with forest shelter belts

Слой почвы, см	$\bar{x}$, г/см ³	S , г/см ³	D	$P(x<0)$	$n_{\text{дос}}$	Разность, да/нет	ϵ , %
Верх склона							
0-5	0,968	0,070	0,359	9×10^{-44}			
5-10	0,992	0,017	0,280	0			
10-15	1,067	0,014	0,221	0			
15-20	1,063	0,05	0,153	1×10^{-100}			
20-25	1,126	0,07	0,229	2×10^{-58}			
25-30	1,23	0,09	0,237	8×10^{-43}			
30-35	1,056	0,03	0,223	1×10^{-271}			
35-40	1,065	0,04	0,341	2×10^{-156}			
40-45	1,09	0,07	0,435	6×10^{-55}			
45-50	1,11	0,07	0,347	6×10^{-57}			
Низ склона							
0-5	1,000	0,15	0,259	1×10^{-11}	48	нет	
5-10	1,07	0,02	0,210	0	1	да	8,1
10-15	1,14	0,03	0,169	0	1	да	7,0
15-20	1,198	0,06	0,333	5×10^{-89}	1	да	13
20-25	1,322	0,04	0,303	8×10^{-240}	1	да	17
25-30	1,32	0,08	0,310	2×10^{-61}	4	нет	
30-35	1,284	0,06	0,228	7×10^{-102}	1	да	22
35-40	1,17	0,04	0,160	2×10^{-188}	1	да	10
40-45	1,248	0,05	0,299	8×10^{-138}	1	да	14
45-50	1,267	0,01	0,227	0	1	да	14

Таблица 6. Влажность почвы на водосборе с лесными полосами
Table 6. Soil moisture in the catchment area with forest shelter belts

Слой почвы, см	$\bar{x}$, %	S , %	D	$P(x<0)$	$n_{\text{дос}}$	Разность, да/нет	ϵ , %
Верх склона							
0-5	29,76	0,4	0,282	0			
5-10	30,2	1,0	0,179	1×10^{-200}			
10-15	31,5	1,6	0,273	1×10^{-86}			
15-20	31,1	0,8	0,292	0			
20-25	29,8	1,8	0,274	7×10^{-62}			
25-30	28,4	2,4	0,246	1×10^{-32}			
30-35	28,2	2,8	0,231	4×10^{-24}			
35-40	30,6	1,7	0,136	1×10^{-72}			
40-45	28,9	1,0	0,255	6×10^{-184}			
45-50	28,2	1,4	0,211	2×10^{-90}			
Низ склона							
0-5	26,3	5	0,226	7×10^{-8}	3	да	-12
5-10	28,4	5	0,259	2×10^{-9}	11	нет	
10-15	29,9	2,2	0,148	2×10^{-42}	6	нет	
15-20	28,7	4	0,151	4×10^{-13}	4	нет	
20-25	27,3	4	0,257	4×10^{-12}	6	нет	
25-30	27,3	4	0,190	4×10^{-12}	34	нет	
30-35	21,9	11	0,189	2×10^{-2}	5	нет	
35-40	31,0	3,0	0,213	2×10^{-25}	139	нет	
40-45	29,0	3,7	0,165	2×10^{-15}	2209	нет	
45-50	26,1	7	0,224	1×10^{-4}	17	нет	

*Средние значения равные



в интервале 7,0-22% по сравнению с незероированной почвой.

Из сравнения данных таблиц 3 и 4 следует, что на эродированной почве по сравнению с незероированной плотность почвы на водосборе с агролесоландшафтным комплексом достоверно выше, чем на контрольном водосборе.

Анализ влажности почвенных образцов, отобранных на ключевых участках контрольного водосбора, показал, что на эродированной почве в слоях 10-30 см влажность достоверно меньше в интервале 12-20% (табл. 5).

Для остальных глубин почвы разность средних значений влажности между ключевыми участками не отличается в пределах достоверности определения.

Для контрольных участков водосбора с агролесоландшафтным комплексом получили, что: на эродированной почве, расположенной внизу склона в слое 0-5 см, влажность достоверно меньше на 12% по сравнению с незероированными участками (табл. 6).

Для остальных глубин разность средних значений недостоверная. Из сравнения данных таблиц 5 и 6 для эродированной почвы следует, что на контрольном водосборе влажность почвы ниже в слое 10-30 см по сравнению с незероированной почвой ключевого участка. На водосборе с агролесоландшафтным комплексом значения этого показателя между ключевыми участками практически не изменялись.

Область применения результатов. Предложенная методология ключевых участков необходима для исследования разных последствий эрозии почвы. Ее можно использовать для исследования последствий разных агротехнологий.

Выводы. Средняя скорость впитывания на водосборе с агролесоландшафтным комплексом на ключевых участках с эродированной почвой меньше на 30% по сравнению с ключевыми участками с незероированной почвой. На контрольном водосборе эта величина одинакова для двух ключевых участков в пределах погрешности. Влажность эродированной почвы по сравнению с незероированной на контрольном водосборе была достоверно меньше на 12-20% в слоях почвы 10-30 см, для остальных

глубин влажность была одинакова в пределах погрешности измерений. На водосборе с агролесоландшафтным комплексом влажность была практически одинакова. Размещение агролесоландшафтного комплекса, представленного двухрядными лесными полосами, положительно отразилось на увеличении влажности почвы и плотности почвы в слое 35-50 см на 10-22%. Необходимо продолжение исследований для разных агрофонов и метеорологических условий и совершенствование методологии.

Список источников

1. Полуэктов Е.В. Эрозия почв и плодородие: монография. Новочеркасск: Лик, 2020. 229 с.
2. Shuai, Ma, Liang-Jie, Wang, Hui-Yong, Wang et al. (2023). Impacts of land use land cover and soil property changes on soil erosion in the black soil region, China. *Journal of Environmental Management*, vol. 328. no 117024. doi: 10.1016/j.jenvman.2022.117024. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147972202597X> (accessed: 19.02.2024).
3. Litvin, L.F., Kiryukhina, Z.P., Krasnov, S.F. et al. (2017). Dynamics of agricultural soil erosion in European Russia. *Eurasian Soil Science*, vol. 50, no. 11, pp. 1344-1353. doi: 10.1134/S1064229321010084
4. Litvin, L.F., Kiryukhina, Z.P., Krasnov, S.F. et al. (2021). Dynamics of agricultural soil erosion in Siberia and Far East. *Eurasian Soil Science*, vol. 54, no. 1, pp. 150-160. doi: 10.1134/S1064229321010075
5. 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: 07.03.2024).
6. Сухановский Ю.П., Прущик А.В. Моделирование водной эрозии почв: монография. Курск: Курский ФАНЦ, 2023. 175 с.
7. Elhakim, Amr. (2016). Estimation of soil permeability. *AEJ — Alexandria Engineering Journal*, vol. 55. doi: 10.1016/j.aej.2016.07.034. Available at: https://www.researchgate.net/publication/306537902_Estimation_of_soil_permeability.
8. Полуэктов Е.В., Батищев И.В. Мониторинг водопроницаемости и эрозионных процессов при различных способах основной обработки черноземов юга России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2021. Т. 11. № 2. С. 158-173. doi: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-158-173
9. Kim, B., Lee, J., Park, K. et al. (2024). Characterizing coefficient of permeability based on response of groundwater level to river stage using regional database. *Environ Earth Science*, vol. 83, p. 88. doi: 10.1007/s12665-023-11379-z

10. Афи А., Эйзен С. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. М.: Мир, 1982. 488 с.

References

1. Poluektov, E.V. (2020). *Ehroziya pochv i plodorodie: monografiya* [Soil erosion and fertility: monograph]. Novocherkassk, Lik Publ., 229 p.
2. Shuai, Ma, Liang-Jie, Wang, Hui-Yong, Wang et al. (2023). Impacts of land use land cover and soil property changes on soil erosion in the black soil region, China. *Journal of Environmental Management*, vol. 328. no 117024. doi: 10.1016/j.jenvman.2022.117024. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147972202597X> (accessed: 19.02.2024).
3. Litvin, L.F., Kiryukhina, Z.P., Krasnov, S.F. et al. (2017). Dynamics of agricultural soil erosion in European Russia. *Eurasian Soil Science*, vol. 50, no. 11, pp. 1344-1353. doi: 10.1134/S1064229321010084
4. Litvin, L.F., Kiryukhina, Z.P., Krasnov, S.F. et al. (2021). Dynamics of agricultural soil erosion in Siberia and Far East. *Eurasian Soil Science*, vol. 54, no. 1, pp. 150-160. doi: 10.1134/S1064229321010075
5. 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: 07.03.2024).
6. Sukhanovskii, Yu.P., Prushchik, A.V. (2023). *Modelirovanie vodnoi ehrozii pochv: monografiya* [Modeling of soils water erosion: monograph]. Kursk, Federal Agricultural Kursk Research Center, 175 p.
7. Elhakim, Amr. (2016). Estimation of soil permeability. *AEJ — Alexandria Engineering Journal*, vol. 55. doi: 10.1016/j.aej.2016.07.034. Available at: https://www.researchgate.net/publication/306537902_Estimation_of_soil_permeability.
8. Poluektov, E.V., Batishchev, I.V. (2021). Monitoring vodopronitsaemosti i ehrozionnykh protsessov pri razlichnykh sposobakh osnovnoi obrabotki chernozemov yuga Rossii [Monitoring of water permeability and erosion processes in various methods of basic processing of chernozems in the south of Russia]. *Nauchnyi zhurnal Rossiiskogo NII problem melioratsii* [Scientific journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], vol. 11, no. 2, pp. 158-173. doi: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-158-173
9. Kim, B., Lee, J., Park, K. et al. (2024). Characterizing coefficient of permeability based on response of groundwater level to river stage using regional database. *Environ Earth Science*, vol. 83, p. 88. doi: 10.1007/s12665-023-11379-z
10. Afifi, A., Ehizen, S. (1982). *Statisticheskii analiz: Podkhod s ispol'zovaniem EHV* [Statistical analysis: A computer-based approach]. Moscow, Mir Publ., 488 p.

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

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

Рубаник Юлия Олеговна, младший научный сотрудник лаборатории моделирования и защиты почв от эрозии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0896-2306>, j.r.97@mail.ru

Титов Александр Григорьевич, научный сотрудник лаборатории моделирования и защиты почв от эрозии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3110-5481>, titov_a_g@mail.ru

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

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

Yuliya O. Rubanik, researcher of the laboratory of modelling and soil erosion protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0896-2306>, j.r.97@mail.ru

Alexandr G. Titov, researcher of the laboratory of modelling and soil erosion protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3110-5481>, titov_a_g@mail.ru





Научная статья

УДК 633.112.9:581.133

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_588

ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ И ФОРМЫ РАННЕВЕСЕННИХ АЗОТНЫХ ПОДКОРМОК НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И ЕЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НОВОГО СОРТА ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ АКАДЕМИЧЕСКАЯ

В.С. Рубец^{1,2}, И.Н. Ворончихина¹, В.В. Ворончихин¹, П.М. Конорев¹,
А.Г. Маренкова², В.В. Пыльнев³

¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия

³Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты разработки элемента сортовой агротехники нового сорта озимой гексаплоидной тритикале Академическая с использованием разных азотных удобрений в ранневесенней подкормке. Работа проведена на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2020 г. Исследовано влияние четырех вариантов азотных удобрений (аммиачная селитра, карбамид, сухая карбамидо-аммиачная смесь и жидкий КАС-32) в трех дозах действующего вещества на га (N_{30} , N_{60} и N_{90}). Контроль — вариант без азотной подкормки. Удобрения внесены в апреле в фазу кущения. Метеорологические условия 2020 года характеризовались рекордным избытком осадков и повышенной температурой воздуха в июне-июле. Установлено, что сорт озимой тритикале Академическая отзывчив на внесение ранневесенних азотных подкормок. Не выявлено достоверных различий между разными формами удобрений. Повышение дозы азота приводит к увеличению значений урожайности, продуктивной кустистости, длины колоса, числа колосков, числа и массы зерен в нем, озерненности одного колоска. Установлено достоверное влияние дозы ранневесенней азотной подкормки на развитие длины колоса (N_{60} и N_{90}), числа и массы зерен в колосе (N_{90}). На урожайность большое значение оказывают длина колоса ($r=0,811^{**}$), число зерен в колосе ($r=0,821^{**}$), масса зерен в колосе ($r=0,692^{*}$) и озерненность колоска ($r=0,870^{**}$). Урожайность отрицательно коррелирует с массой 1000 зерен ($r=-0,371$) и процентом проросших зерен ($r=-0,501^{*}$) при повышении дозы азота. Повышение дозы ранневесенней азотной подкормки ассоциировано с уменьшением предуборочного прорастания зерна в колосе у сорта Академическая. Обнаружена тенденция к росту степени прорастания зерна с увеличением его крупности и отсутствие связи с многозерностью колоска. Наилучшими формами азотных удобрений являются аммиачная селитра и карбамид в дозе N_{90} .

Ключевые слова: тритикале, сорт, сортовая агротехника, ранневесенняя азотная подкормка, урожайность, элементы структуры урожая

Благодаурности: исследование выполнено в рамках ГЗ ГБС РАН № 123120600005-2.

Original article

INFLUENCE OF THE DOSE AND FORM OF EARLY SPRING NITROGEN FEEDING ON THE FORMATION OF PRODUCTIVITY AND ITS STRUCTURAL ELEMENTS OF THE NEW WINTER TRITICALE VARIETY AKADEMICHESKAYA

V.S. Rubets^{1,2}, I.N. Voronchikhina¹, V.V. Voronchikhin¹, P.M. Konorev¹,
A.G. Marenkova², V.V. Pylynev³

¹The Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia

³Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia

Abstract. The article presents the results of the development of an element of varietal agricultural technology of a new variety of winter hexaploid triticale Akademicheskaya with the use of different nitrogen fertilizers in early spring feeding. The work was carried out at the Field Experimental Station of RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev in 2020. The effect of four variants of nitrogen fertilizers (ammonium nitrate, urea, dry urea-ammonia mixture and liquid KAS-32) in three doses of the active substance per hectare (N_{30} , N_{60} and N_{90}) was investigated. Control — option without feeding. Fertilizers were applied in April during the tillering phase. The meteorological conditions of 2020 were characterized by a record excess of precipitation and high air temperature in June-July. It was established that the variety of winter triticale Akademicheskaya is responsive to the application of early spring nitrogen fertilizers. No significant differences between different forms of fertilizer were revealed. An increase in the dose of nitrogen leads to an increase in the values of yield, productive bushiness, spike length, number of spikes, number and mass of grains in it, grain size of one spike. A reliable influence of the dose of early spring nitrogen fertilization on the development of ear length (N_{60} and N_{90}), the number and weight of grains in an ear (N_{90}) was established. The length of the ear ($r=0.811^{**}$), the number of grains in the ear ($r=0.821^{**}$), the mass of grains in the ear ($r=0.692^{*}$) and the graininess of the ear ($r=0.870^{**}$) are of great importance for the yield. The yield is negatively correlated with the mass of 1000 grains ($r=0.371$) and the percentage of germinated grains ($r=-0.501^{*}$) with an increase in the nitrogen dose. An increase in the dose of early spring nitrogen fertilization is associated with a decrease in pre-harvest grain germination in the ear of the Akademicheskaya variety. A tendency to an increase in the degree of grain germination with an increase in grain size and lack of connection with multigrain spike was detected. The best forms of nitrogen fertilizers are ammonium nitrate and urea in a dose of N_{90} .

Keywords: triticale, variety, varietal agricultural technology, early spring nitrogen fertilizing, yield, elements of crop structure

Acknowledgments: The study was carried out within the framework of the state assignment of the GBS RAS No. 123120600005-2.

Введение. Тритикале является высокоурожайной культурой, конкурентные способности которой, в сравнении с другими зерновыми культурами, лучше всего проявляются в неблагоприятных природно-климатических условиях [4]. Она способна произрастать на любых почвах, при различных уровнях питания. Для

каждой почвенно-климатической зоны должны быть разработаны и соблюдаться собственные сортовые технологии для максимально эффективного возделывания сортов [2, 14].

В Тимирязевской академии был создан новый сорт озимой тритикале Академическая. Для успешного внедрения сорта в производство не-

обходимы рекомендации по его агротехнике. Агротехника подразумевает сложные многоступенчатые опыты по оценке глубины заделки, нормы высева, предшественника и т.д. Одним из наиболее важных элементов сортовой агротехники является минеральное питание. Почвы Центрального района Нечерноземной зоны



являются подзолистыми, либо дерново-подзолистыми, как правило кислыми, относительно хорошо обеспеченными фосфором и калием, но, вследствие избыточного увлажнения, обесбуженные минеральным азотом. Азот является важнейшим макроэлементом, влияющим на рост и развитие растений и его итоговую продуктивность. Озимые зерновые культуры нуждаются в ранневесенней подкормке для обеспечения успешного отрастания после схода снега, восстановления стеблестоя и формирования урожайности [10, 13, 16]. Тритикале является культурой, отзывчивой на улучшение азотного питания. Причем одним из условий успешного использования азотных подкормок является наличие в почве достаточного количества доступного фосфора. Однако имеется сортоспецифичность по степени реакции сортов на подкормки — бывают сорта с большей и меньшей отзывчивостью. Ранневесенняя азотная подкормка, влияя на количество образовавшихся продуктивных стеблей, определяет величину урожая [15]. В разных почвенно-климатических зонах России имеются научно-обоснованные формы и дозы внесения минеральных удобрений. Чаще всего ранневесенние подкормки для тритикале составляют 30-40 кг на гектар, в Беларуси — 60-90 кг/га, в Украине — 60-120 кг/га. Наибольшая эффективность выявлена для дробного внесения подкормок по фазам органогенеза [4].

Существуют различные препаративные формы азотных удобрений, и разработка сортовой агротехники предполагает выбор оптимальной для культуры, сорта и зоны возделывания формы и дозы. Это обусловило цель данного исследования: выявление влияния дозы и формы ранневесенних азотных подкормок на формирование урожайности и ее структурных элементов нового сорта озимой тритикале Академическая в условиях избыточного увлажнения Центрального района Нечерноземной зоны.

Материал, методы и условия проведения исследований. Материалом для исследования является новый сорт озимой гексаплоидной тритикале Академическая, который в настоящее время проходит Государственное сортоиспытание. Сорт получен индивидуальным отбором из популяции Кастусь х Дон.

Морфологические признаки сорта: широкий лист, обильно покрытый восковым налетом, высота в пределах 120 см, белый остистый неопушенный колос, красное зерно, неопушенное подколосовое междоузлие. В отдельные влажные годы сорт может полегать, но является недостатком, который можно нивелировать при помощи сортовой агротехники. Сорт является высокоурожайным, в течение трех лет конкурсного сортоиспытания превосходявший стандарт Немчиновский 56. Характеризуется высокой устойчивостью к бурой ржавчине и мучнистой росе, слабо поражается желтой ржавчиной.

В опыте было использовано 4 варианта ранневесенних азотных подкормок (табл. 1). Наиболее широко применяется подкормка аммиачной селитрой, поскольку это удобрение легко растворяется в воде, легко усваивается растением и имеет две препаративные формы азота — аммонийную и нитратную, что позволяет быстро обеспечить растение азотом. Однако это удобрение легко вымывается из почвы при обильных осадках. Второй вариант подкормки представлен карбамидом. Это удобрение способно задерживаться в почвенно-поглощительном комплексе и медленно высвобождаясь обеспечивает растение элементами питания длительное время, обеспечивая пролонгированное действие. Третий вариант подкормки представ-

лен смесью карбамида и аммиачной селитры в сухом виде. Четвертый вариант подкормки представлен карбамидно-аммиачной смесью (КАС-32), который по результатам исследований является высокоэффективным азотным удобрением. Данный препарат представлен в жидкой форме.

Каждый из вариантов минеральных удобрений был внесен в трех дозах — 30, 60 и 90 кг/га действующего вещества. Контролем служил вариант без подкормок.

Полевые исследования проводились на полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Почвы опытного участка по механическому составу супесчаные, по виду — дерново-подзолистые слабо-средненарушенные.

Таблица 1. Варианты азотных подкормок
Table 1. Variants of nitrogen fertilizers

Вариант	Состав удобрений	Доза		Фаза развития
		д.в.	в кг/га	
1	контроль (без подкормки)	-	-	-
2	аммиачная селитра	30	87	кущение
		60	174	
		90	261	
3	карбамид	30	65	кущение
		60	130	
		90	195	
4	аммиачная селитра	30	44	кущение
	карбамид		32	
	аммиачная селитра	60	87	
	карбамид		66	
	аммиачная селитра	90	131	
	карбамид		98	
5	КАС-32	30	57	кущение
		60	188	
		90	280	



Рисунок 1. Метеорологические условия 2019-2020 гг.
Figure 1. Meteorological conditions in 2019-2020

Таблица 2. Урожайность сорта озимой тритикале Академическая при разных дозах и формах азотных подкормок, ц/га
Table 2. Yield of winter triticale variety Akademicheskaya with different doses and forms of nitrogen fertilization

Форма азотной подкормки (фактор А)	Доза азотной подкормки (фактор В) НСР ₀₅ по фактору В = 7,6						
	0	30	Прибавка к контролю	60	Прибавка к контролю	90	Прибавка к контролю
Аммиачная селитра	56,7	65,4	+8,70	65,7	+9,00	78,6	+21,90
Карбамид	56,7	65	+8,30	70,7	+14,00	74,2	+17,50
Аммиачная селитра + Карбамид	56,7	66,2	+9,50	72,5	+15,80	74,3	+17,60
КАС-32	56,7	57	+0,30	64,2	+7,50	70,4	+13,70
НСР ₀₅ по фактору А				13,8			





Содержание перегноя в пахотном слое — 2,4-2,5%. В пахотном горизонте содержится в среднем 163-173 мг P_2O_5 и 81-107 мг K_2O на кг почвы [8]. Предшественником являлась вико-овсяная смесь на зеленый корм. Площадь деланки составляла 5 м², норма высева 5 млн. всхожих семян на га, повторность трехкратная, размещение рандомизированное. Посев выполнен 06 сентября 2019 г. селекционной сеялкой СН-10Ц. Уборка — селекционным комбайном «Сампо 130». Для анализа структуры урожая были выделены пробные площадки. Фоновая доза удобрений NPK (16-16-16) была внесена осенью под основную обработку с нормой 200 кг/га. Азотные подкормки внесены весной 2020 г. в фазу кущения. В течение вегетации проводили оценки устойчивости к полеганию и болезням [7, 9].

Результаты опытов обработаны при помощи двухфакторного дисперсионного и корреляционного анализа [5].

Год исследования характеризовался рекордным количеством осадков на фоне высоких температур (рис. 1). Подкормки были внесены во второй декаде апреля. А начиная с третьей декады мая и до уборки количество осадков превосходило среднегоголетние значения в 3-х — 4-х кратном размере, что должно было оказать влияние на результаты исследований, поскольку, определенные формы азота легко вымываются из почвы.

Результаты и обсуждение. Внесение азотных подкормок положительно сказалась на урожайности озимой тритикале (табл. 2). В большинстве случаев увеличение дозы действующего вещества азота приводило к достоверному увеличению урожайности. При внесении аммиачной селитры в дозе N_{30} на га отмечено достоверное повышение урожайности в сравнении с контролем. Повышение дозы до N_{60} не оказало существенного влияния относительно варианта N_{30} . Максимальная урожайность, превысившая контроль почти на 40%, была получена при внесении N_{90} . Коэффициент корреляции между дозой действующего вещества аммиачной селитры и урожайностью зерна составил 0,944, что свидетельствует об отзывчивости сорта Академическая на улучшение условий питания.

При внесении карбамида наблюдалось аналогичное увеличение урожайности при минимальной дозе удобрения. Увеличение дозы действующего вещества до N_{60} и N_{90} привело к росту урожайности на 25 и 31% соответственно. Аналогичное плавное увеличение урожайности при приросте действующего вещества отмечено для подкормок сухой смесью аммиачной селитры и карбамида. Только в случае с жидкой карбамидно-аммиачной смесью существенное увеличение урожайности отмечено только для дозы действующего вещества N_{90} .

Для всех форм азотных удобрений коэффициент корреляции между дозой действующего вещества и урожайностью оказался высоким: для аммиачной селитры — 0,944, для карбамида — 0,983*, для сухой карбамидно-аммиачной смеси — 0,960* и для КАС-32 — 0,953*. В целом по всем вариантам корреляция дозы и урожайности оказалась тесной ($r=0,910^{**}$), что говорит о сорте Академическая как об очень отзывчивом на улучшение почвенного плодородия.

Относительно препаративной формы удобрения не выявлено достоверных различий по их действию на формирование урожайности.

Рассмотрим действие азотных подкормок на формирование структуры урожая (табл. 3).

Таблица 3. Влияние формы и дозы азотной подкормки на формирование элементов структуры урожайности сорта тритикале Академическая

Table 3. The influence of the form and dose of nitrogen fertilization on the formation of elements of the yield structure of the variety triticale Akademicheskaya

Форма азотной подкормки (фактор А)	Доза азотной подкормки в д.в. (фактор В)				
	0	30	60	90	НСП ₀₅ по фактору В
Высота растений, см					
Аммиачная селитра	115,0	115,0	115,0	116,7	5,3
Карбамид	115,0	113,3	116,7	116,7	
Аммиачная селитра + Карбамид	115,0	113,3	115,0	113,3	
КАС-32	115,0	110,0	110,0	116,7	
НСП ₀₅ по фактору А	5,5				
Продуктивная кустистость					
Аммиачная селитра	1,85	1,90	2,15	2,08	0,7
Карбамид	1,85	1,99	1,96	1,95	
Аммиачная селитра + Карбамид	1,85	1,95	2,23	2,13	
КАС-32	1,85	2,22	1,86	2,18	
НСП ₀₅ по фактору А	0,9				
Длина главного колоса, см					
Аммиачная селитра	7,0	7,1	7,3	7,5	0,3
Карбамид	7,0	7,1	7,5	7,6	
Аммиачная селитра + Карбамид	7,0	7,5	7,4	7,9	
КАС-32	7,0	7,3	7,2	7,7	
НСП ₀₅ по фактору А	0,7				
Число колосков в главном колосе, шт.					
Аммиачная селитра	25,4	25,7	25,8	26,5	1,6
Карбамид	25,4	25,8	26,5	26,7	
Аммиачная селитра + Карбамид	25,4	26,7	24,3	26,6	
КАС-32	25,4	26,1	26,1	26,9	
НСП ₀₅ по фактору А	1,3				
Число зерен в колосе, шт.					
Аммиачная селитра	48,5	51,6	50,6	55,7	6,5
Карбамид	48,5	50,9	52,1	55,6	
Аммиачная селитра + Карбамид	48,5	55,1	51,3	57,1	
КАС-32	48,5	51,7	52,0	55,9	
НСП ₀₅ по фактору А	6,4				
Масса зерен в колосе, г					
Аммиачная селитра	2,36	2,42	2,44	2,70	0,34
Карбамид	2,36	2,57	2,62	2,60	
Аммиачная селитра + Карбамид	2,36	2,68	2,48	2,61	
КАС-32	2,36	2,60	2,54	2,77	
НСП ₀₅ по фактору А	0,33				
Озерненность колоса, шт.					
Аммиачная селитра	1,91	2,01	1,96	2,10	0,4
Карбамид	1,91	1,97	1,97	2,08	
Аммиачная селитра + Карбамид	1,91	2,06	2,11	2,15	
КАС-32	1,91	1,98	1,99	2,08	
НСП ₀₅ по фактору А	0,7				
Масса 1000 зерен, г					
Аммиачная селитра	48,9	46,8	48,2	48,5	4,4
Карбамид	48,9	50,6	50,4	46,9	
Аммиачная селитра + Карбамид	48,9	48,6	48,6	45,9	
КАС-32	48,9	50,3	48,9	49,5	
НСП ₀₅ по фактору А	3,3				
ППЗ, %					
Аммиачная селитра	1,81	0,66	1,85	1,02	1,22
Карбамид	1,81	2,12	1,72	1,02	
Аммиачная селитра + Карбамид	1,81	2,46	1,48	1,20	
КАС-32	1,81	1,58	1,74	0,84	
НСП ₀₅ по фактору А	1,57				



Высота растений. Сорт тритикале Академическая является среднерослым, высота варьирует в пределах 100-125 см. Высокорослость сопряжена с полеганием. Поэтому важно выяснить как действует азотная подкормка на этот признак. В данном опыте отмечено незначительное увеличение высоты относительно контроля (на 1 — 2 см) только при дозе действующего вещества 90 кг/га. При этом полегание отмечено не было. Не выявлено различия между действием различных препаративных форм на развитие признака. Рассматривая высоту растения как элемент структуры урожая можно отметить слабую положительную корреляцию (табл. 5).

Также не было выявлено увеличения поражения болезнями при росте дозы ранневесенней азотной подкормки. На всех вариантах опыта были отмечены единичные случаи поражения мучнистой росой (высокая устойчивость — 7 баллов). Развития других болезней не выявлено.

Продуктивная кустистость является важным элементом структуры урожая озимых культур, поскольку за счет побегов кущения восстанавливается стеблестой после перезимовки. Ранневесенняя азотная подкормка повысила данный показатель при применении всех форм удобрений. Внесение N_{30} жидкой формы КАС-32 повысило кустистость на 20%. В остальных случаях увеличение не столь значительно — на 5-8%. При этом статистически достоверных различий при применении различных доз подкормок обнаружено не было. Наблюдалась устойчивая тенденция роста продуктивной кустистости при увеличении дозы подкормки. Была выявлена положительная корреляция продуктивной кустистости с урожайностью ($r=0,598^*$) (табл. 4).

Длина главного колоса. Ранневесенняя подкормка азотом положительно сказалась на длине колоса тритикале. При внесении N_{30} аммиачной селитры и карбамида длина колоса увеличилась на 1 см (1% к контролю). Сухая и жидкая формы карбамидно-аммиачной смеси привели к удлинению колоса на 7 и 4% соот-

ветственно. Однако эти результаты незначимы статистически (табл. 3). Достоверное увеличение длины колоса наблюдали при подкормках N_{60} и N_{90} . Значение препаративной формы удобрения для развития данного признака не выявлено. Таким образом сорт Академическая проявил отзывчивость на ранневесенние подкормки увеличением длины колоса. Коэффициенты корреляций, рассчитанные для разных типов удобрений, показали тесную связь между дозой азота и длиной колоса. Наиболее сильная связь отмечена для аммиачной селитры ($r=0,999^{**}$), более слабая — для КАС — 32 ($r=0,811^{**}$) (табл. 6). Также выявлена сильная положительная связь между урожайностью и длиной колоса ($r=0,873^{**}$) (табл. 5).

Число колосков в главном колосе. Ранневесенняя подкормка не оказала достоверного влияния на развитие числа колосков в главном колосе (табл. 3). Не выявлено достоверное влияние как препаративной формы азота, так и дозы азота. Однако наблюдается устойчивая тенденция увеличения числа колосков в главном колосе с повышением дозы действующего вещества. Коэффициент корреляции с урожайностью составил 0,446, а с дозой азота — 0,573* (табл. 4, 5).

Число зерен с колоса. Этот элемент структуры урожая показал тесную связь с урожайностью ($r=0,824^{**}$). Аналогичные результаты были получены другими авторами [1, 3, 6]. Число зерен увеличивается при возрастании дозы азота примерно одинаково для всех препаративных форм (табл. 3, 6). Однако достоверное увеличение показателя по отношению к контролю выявлено только в вариантах с дозой азота N_{90} . Этот вариант подкормки является наиболее эффективным для сорта Академическая.

Масса зерен в колосе. Данный показатель также возрастает при увеличении дозы азотной подкормки. Однако достоверное увеличение выявлено только для варианта с КАС-32 N_{90} (табл. 3). Выявлена положительная корреляционная связь с урожайностью ($r=0,692^*$).

Озерненность колоска. Это очень важный показатель для тритикале, поскольку характе-

ризует фертильность пыльцы и степень реализации потенциальной продуктивности [10]. В нашем опыте не было выявлено статистически достоверных различий между значениями показателя при разных формах и дозах азотных подкормок (табл. 3). Однако наблюдается устойчивая тенденция увеличения значения показателя при росте дозы азота (табл. 6). Кроме того, выявлена тесная положительная корреляция как с урожайностью ($r=0,870^{**}$), так и с дозой действующего вещества азота ($r=0,832^{**}$). Озерненность колоска тесно связана с числом ($r=0,896^{**}$) и массой ($r=0,713^{**}$) зерен с колоса, и все эти показатели с урожайностью (табл. 5). Из препаративных форм лучший эффект отмечен для сухой смеси аммиачной селитры и карбамида.

Масса 1000 зерен. Анализ влияния ранневесенних азотных подкормок на формирование интегрального показателя масса 1000 зерен выявил либо отсутствие корреляций с дозой действующего вещества (аммиачная селитра и КАС-32, $r=0,028$ и $0,078$ соответственно), либо отрицательную корреляцию (карбамид, аммиачная селитра плюс карбамид, $r=-0,468$ и $-0,826^{**}$ соответственно). Отрицательная корреляция, возможно, связана с увеличением числа зерен при возрастании дозы азота. Очевидно, количество пластических веществ возрастает непропорционально количеству внесенного азота, поэтому при увеличении числа зерен масса одного зерна может несколько уменьшаться. Отсутствие корреляции может свидетельствовать о слабом варьировании признака масса 1000 зерен. Многочисленные исследования формирования урожайности и элементов ее структуры у зерновых культур отмечают стабильность формирования массы 1000 зерен в различные годы [1, 3, 4]. В данном исследовании расчет коэффициентов вариации массы 1000 зерен в рамках каждого вида удобрения показал очень слабое варьирование показателя при увеличении дозы действующего вещества ($V=1,3$ — 3,5%). Не выявлено статистически достоверных различий между контролем и вариантами опыта.

Таблица 4. Корреляционная связь дозы азотной подкормки с урожайностью и элементами ее структуры сорта Академическая
Table 4. Correlation between the dose of nitrogen fertilization and the productivity and elements of its structure of the Akademicheskaya variety

Показатели	Урожайность зерна	Высота растений	Продуктивная кустистость	Длина колоса	Число колосков в колосе	Число зерен в колосе	Масса зерен в колосе	Озерненность колоска	Масса 1000 зерен	ППЗ, %
Доза действующего вещества на га	0,910**	0,211	0,598*	0,873**	0,573*	0,858**	0,755**	0,823**	-0,327	-0,563*

ППЗ — процент проросших зерен

* и ** - достоверность корреляции при 5% и 1% уровне значимости

Таблица 5. Коэффициенты корреляции между урожайностью и элементами ее структуры сорта Академическая
Table 5. Correlation coefficients between productivity and elements of its structure of the Akademicheskaya variety

Показатели	Высота растений	Продуктивная кустистость	Длина колоса	Число колосков в колосе	Число зерен в колосе	Масса зерен в колосе	Озерненность колоска	Масса 1000 зерен	ППЗ*, %
Урожайность зерна	0,388	0,486	0,811**	0,446	0,824**	0,692*	0,870**	-0,371	-0,501*

Таблица 6. Корреляции доз азота различных форм удобрений с наиболее значимыми элементами структуры урожая
Table 6. Correlations of nitrogen doses of various forms of fertilizer with the most significant elements of the crop structure

Препаративные формы азотных удобрений	Продуктивная кустистость	Длина колоса	Число зерен в колосе	Масса зерна в колосе	Озерненность	Итоговый индекс
Аммиачная селитра	0,849	0,990**	0,880	0,892	0,838	0,55
Карбамид	0,574	0,965*	0,982*	0,828	0,914	0,41
Аммиачная селитра + карбамид	0,842	0,908	0,739	0,501	0,937	0,27
КАС-32	0,407	0,877	0,959*	0,893	0,966*	0,30





Таблица 7. Экономическая эффективность применения азотных подкормок
Table 7. Economic efficiency of application of nitrogen fertilizers

Препаративные формы азотных удобрений	Доза азотной подкормки	Урожайность, т/га	Стоимость валовой продукции, руб./га	*Производственные затраты, руб./га	Себестоимость продукции, руб./га	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %	Окупаемость 1-го вложенного рубля в азотные удобрения, руб.
Контроль	-	5,67	66 339	25 850,00	4 559,08	40 489,00	57	-
Аммиачная селитра	30	6,54	76 518	27 720,50	4 238,61	48 797,50	76	5,44
	60	6,57	76 867	29 591,00	4 503,96	42 278,00	60	2,81
	90	7,86	91 962	31 461,50	4 002,74	60 500,50	92	4,57
Карбамид	30	6,50	76 050	27 936,50	4 297,92	48 113,50	72	4,65
	60	7,07	82 719	30 023,00	4 246,53	52 096,00	76	3,93
	90	7,42	86 814	32 109,50	4 327,43	54 704,50	70	3,27
Аммиачная селитра + Карбамид	30	6,62	77 454	27 823,20	4 202,90	49 630,80	78	5,63
	60	7,25	84 825	29 839,10	4 115,74	54 985,90	84	5,89
	90	7,43	86 931	31 254,00	4 206,46	55 677,00	78	3,45
КАС-32	30	5,70	66 690	27 664,20	4 853,37	39 025,80	41	0,19
	60	6,42	75 114	29 478,40	4 591,65	45 635,60	55	2,42
	90	7,04	82 368	31 254,00	4 239,49	51 114,00	64	2,97

* Стоимость удобрений и зерна приведена в ценах на конец 2023 г.:

– Удобрения цена руб./т: Азофоска (НРК 16-16-16) — 36750,00 Р, Аммиачная селитра — 21500,00 Р, Карбамид — 32100,00 Р, КАС-32 — 19300,00 Р.

– Система защиты растений была единой для всех вариантов: стоимость — 7000,00 руб./га

– Дополнительные производственные расходы (ГСМ, ФОТ, обработки и др.): стоимость — 11500,00 руб./га

– Стоимость зерна озимой тритикале: 11700 руб./т (с учетом НДС).

Таким образом, увеличение дозы действующего вещества азота при ранневесенних подкормках почти не оказывают влияние на массу 1000 зерен сорта озимой тритикале Академическая.

Процент проросших зерен. Предуборочное прорастание зерна в колосе препятствует широкому возделыванию культуры тритикале в районах с избыточным увлажнением, таким как Центральный район Нечерноземной зоны России. Сорт Академическая создан именно для таких условий. Немаловажно выяснить как будет проявляться этот признак при различных уровнях азотного питания. В наших исследованиях уровень прорастания на корню увеличился при внесении карбамида и смеси аммиачной селитры плюс карбамид в дозе N_{90} . Во всех остальных вариантах опыта не выявлено увеличения процента проросших зерен относительно контроля, а в варианте с внесением 90 кг наблюдалось снижение уровня прорастания примерно вдвое (табл. 3). При этом статистически достоверных отличий вариантов опыта от контроля не выявлено. В целом, значения процента проросших зерен находятся в отрицательной корреляции как с дозой азота ($r=-0,563^*$), так и с урожайностью зерна ($r=-0,501^*$) (табл. 4, 5). Это утешительные результаты, позволяющие рекомендовать внесение ранневесенних подкормок азотом без ущерба для качества зерна.

Ряд исследователей отмечают повышенное прорастание зерен в многозерных колосках [11, 12]. Анализ наших результатов показал, что при увеличении дозы азотной подкормки процент проросших зерен снижается при одновременном увеличении числа зерен в колоске ($r=-0,495$). Таким образом, применительно к сорту Академическая не выявлено усиления предуборочного прорастания зерна в колосе при увеличении озерненности колоска. Однако при увеличении крупности зерна процент проросших зерен возрастает ($r=0,488$). При предуборочном прорастании тратится часть ассимилянтов, накопленных в эндосперме. Возможно, это является причиной снижения массы 1000 зерен при увеличении дозы азотных подкормок.

Для того, чтобы выявить, какая препаративная форма азотного удобрения наиболее

эффективна в качестве ранневесенней подкормки для сорта Академическая в зоне избыточно увлажнения ЦРНЗ, были рассчитаны индексы, представляющие собой произведения коэффициентов корреляции элементов структуры урожая, наиболее тесно связанных с урожайностью, и дозами азота каждой формы удобрения (табл. 6). Чем выше значение итогового индекса, тем сильнее влияние препаративной формы удобрения на развитие элементов структуры урожая. Максимальный индекс получен для аммиачной селитры и карбамида. Это позволяет рекомендовать их в качестве элемента сортовой агротехники при проведении ранневесенних подкормок посевов сорта озимой тритикале Академическая.

Расчёт экономической эффективности (табл. 7) ранневесенних азотных подкормок сорта озимой тритикале Академическая показал следующие результаты — максимальный уровень рентабельности (92%) получен для варианта с аммиачной селитрой в дозе N_{90} , что выражается в чистом доходе 60500,50 руб./га. Также эффективной оказалось внесение сухой карбамидо-аммиачной смеси в дозах N_{60} и N_{90} . Уровень рентабельности данных вариантов составил 84% и 78% соответственно, что составило 54985,90 руб. и 55677,00 руб. чистого дохода.

Выводы.

1. Сорт озимой тритикале Академическая отзывчив на внесение повышенных доз ранневесенних азотных подкормок. Наилучшими формами азотных удобрений являются аммиачная селитра и карбамид в дозе N_{90} . Уровень рентабельности составляет 92% и 84% соответственно.

2. Все препаративные формы азотных удобрений оказывают благоприятное воздействие на формирование урожайности и ее элементов. Достоверных различий между разными формами удобрений не обнаружено.

3. Установлена положительная корреляция между повышенной дозой азотной подкормки и урожайностью, продуктивной кустистостью, длиной колоса, числом колосков, числом и массой зерен в нем, озерненностью одного колоска.

4. Ранневесенние азотные подкормки независимо от формы удобрения достоверно увеличивают урожайность изучаемого сорта начиная с минимальной дозы азота (N_{30}) и не оказывают достоверного влияния на развитие мучнистой росы.

5. По большинству элементов структуры урожая не выявлено статистически достоверных различий вариантов опыта с контролем, но обнаружена устойчивая тенденция к росту значений показателей с увеличением дозы действующего вещества.

6. Обнаружено достоверное влияние дозы ранневесенней азотной подкормки на развитие длины колоса (N_{60} и N_{90}), числа и массы зерен в колосе (N_{90}).

7. Тесную достоверную положительную связь с урожайностью имеют следующие элементы структуры урожая: длина колоса ($r=0,811^{**}$), число зерен в колосе ($r=0,821^{**}$), масса зерен в колосе ($r=0,692^*$) и озерненность колоска ($r=0,870^{**}$). Отрицательную — масса 1000 зерен ($r=-0,371$) и процент проросших зерен ($r=-0,501^*$).

8. Обнаружено положительное влияние ранневесенней азотной подкормки в дозе N_{90} на снижение процента проросших зерен.

9. Не выявлено повышения прорастания зерна у многозерных колосков. Обнаружено, что повышение крупности зерен ассоциировано с усилением предуборочного прорастания зерна в колосе.

Список источников

- Абделькави Р.Н.Ф., Турбаев А.Ж., Соловьев А.А. Технологические свойства зерна яровой тритикале в контрастных погодноклиматических условиях // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 5. С. 87-97.
- Акинчин А.В., Линков С.А., Самойлова А.Ф. Влияние азотных подкормок на урожай и качество озимой пшеницы // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 4(24). С. 186-191.
- Ворончихин В.В., Пильнев В.В., Рубец В.С., Ворончихина И.Н. Урожайность и элементы структуры урожая коллекции озимой гексаплоидной тритикале в Центральном районе Нечерноземной зоны // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 69-81. DOI: 10.26897/0021-342X-2018-1-69-81.



4. Грабовцев А.И., Крохмаль А.В. Тритикале. Монография. Ростов-на-Дону: Издательство «Юг», 2018. 440 с.
5. Доспехов Б.А. Методика опытного дела. М.: Колос, 1973. 336 с.
6. Ишков И.В. Влияние сроков проведения подкормки азотными удобрениями на продуктивность озимой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 2. С. 9-10.
7. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып.2. Зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М.: Колос, 1971. 239 с.
8. Почвенная карта Москвы [Электронный ресурс]. Режим доступа http://www.etomesto.ru/map-eco_pochva/, свободный.
9. Пыльнев В.В., Коновалов Ю.Б., Березкин А.Н. и др. Практикум по селекции и семеноводству полевых культур. СПб: Изд-во «Лань», 2022. 448 с.
10. Сандухадзе Б.И., Журавлева Е.В. Журавлева Азотная подкормка современных интенсивных сортов озимой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья // Вестник Международного института питания растений. 2012 № 2. С. 2-6.
11. Скатова С.Е. Влияние нормы посева гибридных популяций ярового тритикале на результаты отбора // Тритикале. Материалы международной научно-практической конференции «Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и переработки». Ростов-на-Дону, 2018. С. 133-140.
12. Скатова С.Е., Тысленко А.М. Селекция ярового тритикале на устойчивость к прорастанию зерна на корню в центре Нечерноземной зоны РФ. Материалы международной научно-практической конференции «Роль тритикале в стабилизации производства зерна, кормов и технологии их использования». Тритикале (выпуск шестой). Генетика, селекция, агротехника, использование зерна и кормов. Ростов-на-Дону, 2014. С. 100-107.
13. Шаров А.Ф., Игонин В.Н., Мельников В.Н., Бусурманкулов А.Б. Особенности азотной подкормки озимой тритикале сорта Тимирязевская 150 в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // Кормопроизводство. 2019. № 7. С. 19-22.
15. Шафран С.А. Окупаемость затрат на применение азотных удобрений в подкормку озимой пшеницы // Агрохимия. 2020. № 2. С. 20-27. DOI: 10.31857/S0002188120020143.

16. Щукина О.А., Афанасьев Р.А., Лангаева Н.Н., Загородний С.В. Эффективность дифференцированного применения азотных удобрений в качестве корневых подкормок на основе NDVI // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 8. С. 20-24. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_8_20.

References

1. Abdelkavi R.N.F., Turbaev A.Z., Solov'ev A.A. (2020). *Tekhnologicheskie svoystva zerna yarovoj tritikale v kontrastnykh pogodno-klimaticheskikh usloviyakh* [Technological properties of spring triticale grain in contrasting weather and climatic conditions]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skhozajstvennoj akademii* [Bulletin of the Kurs State Agricultural Academy], no. 5, pp. 87-97.
2. Akinchin A.V., Linkov S.A., Samojlova A.F. (2019). *Vliyaniye azotnykh podkormok na urozhaj i kachestvo ozimoy pshenicy* [The influence of nitrogen fertilizing on the yield and quality of winter wheat]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy* [Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects], no. 4(24), pp. 186-191.
3. Voronchikhin V.V., Pyl'nev V.V., Rubets V.S., Voronchikhina I.N. (2018). *Urozhajnost' i elementy struktury urozhaya kollektsii ozimoy geksaploidnoj tritikale v Central'nom rajone Nечерноземnoj zony* [Productivity and elements of the harvest structure of a collection of winter hexaploid triticale in the Central region of the Non-Chernozem zone]. *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skhozajstvennoj akademii* [News of the Timiryazev Agricultural Academy], no. 1, pp. 69-81. DOI: 10.26897/0021-342X-2018-1-69-81.
4. Grabovets A.I., Krohmal', A.V. (2018). *Tritikale. Monografiya* [Triticale. Monograph], Rostov-na-Donu, Izdatel'stvo «Yug», 440 p.
5. Dospikhov B.A. (1973). *Metodika opytного dela* [Experimental method], Moscow, Kolos, 336 p.
6. Ishkov I.V. (2008). *Vliyaniye srokov provedeniya podkormki azotnymi udobreniyami na produktivnost' ozimoy pshenicy* [The influence of the timing of fertilizing with nitrogen fertilizers on the productivity of winter wheat]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skhozajstvennoj akademii* [Bulletin of the Kurs State Agricultural Academy], no. 2, pp. 9-10.
7. *Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skhozajstvennykh kul'tur. Zernovye, zernobobovye, kukuруза i kormovye kul'tury* (1971). [Methodology of the State variety testing of agricultural crops. Issue 2. Cereals, pulses, corn and forage crops], Moscow, Kolos, 239 p.
8. Pochvennaya karta Moskvyy [Elektronnyy resurs]. http://www.etomesto.ru/map-eco_pochva/, svobodnyj.

9. Pyl'nev V.V., Konovalev Yu.B. (2022). *Praktikum po selekcii i semenovodstvu polevykh kul'tur* [Workshop on selection and seed production of field crops], St. Petersburg, «Lan'», 448 p.
10. Sanduhadze B.I., Zhuravleva E.V. (2012). *Zhuravleva Azotnaya podkormka sovremennykh intensivnykh sortov ozimoy pshenicy v usloviyakh Central'nogo Nечернозем'ya* [Zhuravleva Nitrogen fertilization of modern intensive varieties of winter wheat in the conditions of the Central Non-Black Earth Region]. *Vestnik Mezhdunarodnogo instituta pitaniya rasteniy* [Bulletin of the International Institute of Plant Nutrition], no. 2, pp. 2-6.
11. Skatova S.E. (2018). *Vliyaniye normy poseva gibridnykh populyatsiy yarovogo tritikale na rezul'taty otbora. Tritikale, Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, pp. 133-140.
12. Skatova S.E., Tyslenko A.M. (2014). *Selekcija yarovogo tritikale na ustojchivost' k prorastaniyu zerna na kornyyu v centre Nечерноземnoj zony RF. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Rostov-na-Donu, pp. 100-107.
13. Suharev A.A., Zelenskaya G.M. (2020). *Vybor sroka i sposoby vnesheniya azotnoj podkormki pod myagkuyu ozimuyu pshenicu v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti* [The choice of timing and method of applying nitrogen fertilizer to soft winter wheat in the southern zone of the Rostov region]. *Zernovoe hozaystvo Rossii* [Grain farming in Russia], no. 3(69), pp. 43-47.
14. Sharov A.F., Igonin V.N., Mel'nikov V.N., Busurmankulov A.B. (2019). *Osobennosti azotnoj podkormki ozimoy tritikale sorta Timiryazevskaya 150 v usloviyakh Central'nogo rajona Nечерноземnoj zony* [Features of nitrogen feeding of winter triticale variety Timiryazevskaya 150 in the conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone]. *Kormoproizvodstvo* [Feed production], no. 7, pp. 19-22.
15. Shafran S.A. (2020). *Okupaemost' zatrat na primenenie azotnykh udobreniy v podkormku ozimoy pshenicy* [Cost recovery for the use of nitrogen fertilizers for feeding winter wheat]. *Agrohimiya* [Agronomy], no. 2, pp. 20-27. DOI: 10.31857/S0002188120020143.
16. Shchuklina O.A., Afanas'ev R.A., Langaeva N.N., Zavorodnij S.V. (2021). *Effektivnost' differencirovannogo primeneniya azotnykh udobreniy v kachestve kornevykh podkormok na osnove NDVI* [Efficiency of differentiated application of nitrogen fertilizers as root fertilizers based on NDVI]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex], vol. 35. no. 8, pp. 20-24. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_8_20.

Информация об авторах:

- Рубец Валентина Сергеевна**, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, главный ботанический сад имени Н.В. Цицина; ведущий научный сотрудник Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1870-7242>.
- Ворончихина Ирина Николаевна**, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9569-2852>, yarinkapanfilova@gmail.com.
- Ворончихин Виктор Викторович**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5763-0877>, vitya.voronchikhin@gmail.com.
- Коноров Павел Матвеевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-01117-565>, pkonorev@yandex.ru.
- Маренкова Алина Геннадиевна**, лаборант-исследователь, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, lina.marko@mail.ru.
- Пыльнев Владимир Валентинович**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры генетики, селекции и семеноводства, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0400-0609>, PYL8@yandex.ru.

Information about the authors:

- Valentina S. Rubets**, doctor of biological sciences, leading researcher in Distant hybridization department, The Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of the Russian Academy of Sciences; leading researcher, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1870-7242>, valentina.rubets50@gmail.com.
- Irina N. Voronchikhina**, candidate of biological sciences, researcher in Distant hybridization department, The Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of the Russian Academy of Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9569-2852>, yarinkapanfilova@gmail.com.
- Viktor V. Voronchikhin**, candidate of agricultural sciences, researcher in the Distant hybridization department, Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of the Russian Academy of Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5763-0877>, vitya.voronchikhin@gmail.com.
- Pavel M. Konorev**, candidate of agricultural sciences, senior researcher in the Distant hybridization department, Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of the Russian Academy of Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-01117-565>, pkonorev@yandex.ru.
- Alina G. Marenkova**, research assistant, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, lina.marko@mail.ru.
- Vladimir V. Pylnev**, doctor of biological sciences, professor, professor of Genetics, Plant Breeding and Seed Production, Russian Timiryazev State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0400-0609>, PYL8@yandex.ru.



Научная статья

УДК 51-74:631.812.12

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_594

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Т.В. Папаскири, В.К. Саранчин, А.П. Климов, С.В. Суслов, Б.С. Кривошея

Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты построения математической модели процесса гранулирования минеральных удобрений методом окатывания при гидродинамическом воздействии в грануляторе барабанного типа или в виброгрануляторе и методы идентификации модели (оценивания неизвестных параметров). Разработанная математическая модель является детерминированной и ее структура основывалась на физико-химических закономерностях процессов, происходящих в системе. Рассмотрен механизм образования гранул из тонкодисперсных частиц, взвешенных в жидкой среде, состоящий в том, что в суспензию вводится и равномерно распределяется в ней жидкость, обладающая большей смачиваемостью по отношению к твердым частицам (связующая жидкость), чем среда суспензии и на систему накладываются гидродинамические воздействия. При столкновении капель происходит их коалесценция и накопление в них частиц, которые при контакте в хорошо смачиваемой жидкости слипаются, образуя гранулы. В статье приведены различные зависимости прочности образующихся гранул, которые показывают, что нагрузка разрушения гранулы зависит от диаметра гранулы, ее порозности и размеров твердых частиц. Для оценки неизвестных параметров математической модели процесса гранулирования был проведен ряд лабораторных экспериментов. В результате идентификации математической модели были уточнены представления о механизме процесса гранулирования, принятых при построении математической модели, и определены оценки неизвестных параметров. Представлен метод и алгоритм оценивания параметров в случае нелинейной модели и приближенного вычисления интегралов.

Ключевые слова: Гранулирование, математическая модель, гидродинамическое воздействие, размер и прочность гранул, метод максимального правдоподобия

Original article

MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF GRANULATION OF MINERAL FERTILIZERS

T.V. Papaskiri, V.K. Saranchin, A.P. Klimov, S.V. Suslov, B.S. Krivosheya

State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

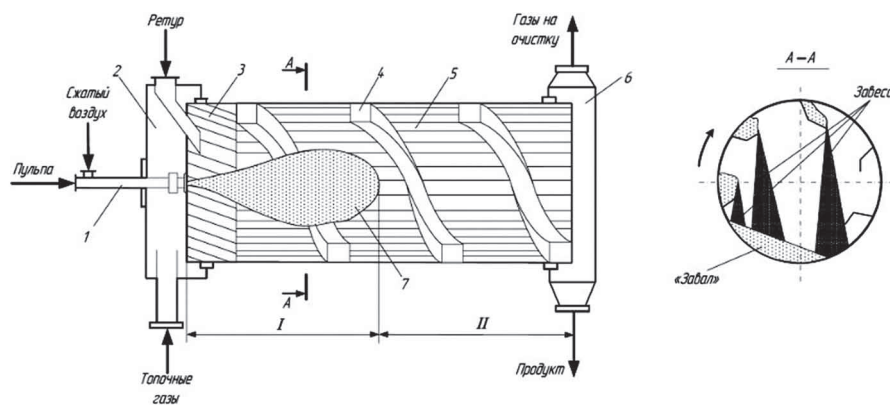
Abstract. The article presents the results of constructing a mathematical model of the granulation process of mineral fertilizers by the pelletizing method under hydrodynamic action in a drum-type granulator or in a vibrating granulator and methods for identifying the model (estimating unknown parameters). The developed mathematical model is deterministic and its structure was based on the physico-chemical laws of the processes occurring in the system. The mechanism of formation of granules from fine particles suspended in a liquid medium is considered, consisting in the fact that a liquid with greater wettability relative to solid particles (binder liquid) is introduced into the suspension and evenly distributed in it, and hydrodynamic effects are applied to the system. When droplets collide, they coalesce and accumulate particles in them, which, upon contact in a well-wetted liquid, stick together to form granules. Various dependences of the strength of the image are given.

Keywords: Granulation, mathematical model, hydrodynamic effect, size and strength of granules, maximum likelihood method

Введение. Гранулирование методом окатывания на движущейся поверхности заключается в образовании агломератов из равномерно смоченных частиц или в насаивании сухих частиц на смоченные ядра — центры образования гранул. Данный процесс обусловлен действием капиллярно-адсорбционных сил сцепления между частицами в слое, подвергающимся гидродинамическому воздействию в грануляторе барабанного типа или в виброгрануляторе. Высокую эффективность при гранулировании удобрений показывает широко используемый в настоящее время барабанный гранулятор-сушилка (БГС), который представляет собой вращающийся барабан с внутренней подъемно-лопастной насадкой, установленный с наклоном к горизонту в сторону выгрузки под углом от 1 до 3° (рис.). Этот угол определяет производительность барабана-гранулятора, причем его оптимальное значение устанавливается экспериментально для конкретного гранулометрического состава продукта. При вращении барабана лопасти специального профиля, установленные внутри барабана, проходят через слой продукта в нижней части («завал»), захватывая его и затем ссылая, образуя при этом «завесу» по всему сечению. На эту завесу с помощью форсунки наносится перерабатываемая пульпа, диспергируемая

с помощью сжатого воздуха (или за счет образующегося пара при работе с трубчатым реактором). В головную часть барабана также подаются топочные газы и вводят внешний ретур, для перемещения которого в зону образования завесы головная часть БГС оснащена винтовой

насадкой. При нанесении пульпы на частицы завесы происходит образование гранул, которые затем досушиваются. Максимальное количество пульпы, подаваемое на завесу, зависит от предельной влажности гранул, при которой начинается образование агломератов в «завале».



1 — форсунка; 2 — загрузочная камера; 3 — винтовая питающая насадка; 4 — обратный шнек; 5 — подъемно-лопастная насадка; 6 — разгрузочная камера; 7 — факел; I — зона гранулирования; II — зона досушки

Рисунок. Барабанный гранулятор-сушилка (БГС)

Figure. Drum Granulator Dryer (BGS)



В барабане-грануляторе происходит окатывание исходной шихты, после чего отгранулированная шихта поступает на досушку, а затем, при помощи транспортирующих механизмов, в барабан-холодильник, после чего элеватором доставляется в грохот. Крупную фракцию измельчают в дробилке. Дробленый материал вместе с мелкой фракцией в качестве ретура возвращают в технологический процесс, а готовый продукт обрабатывается в барабане-кондиционере антислеживателем. В процессе гранулирования минеральных удобрений присутствуют почти все виды физико-механических и физико-химических связей между частицами (капиллярные и поверхностно-активные силы, на границе раздела твердой и жидкой фаз; адгезионные силы, возникающие в адсорбционных слоях; силы притяжения между твердыми частицами (Ван-дер-Ваальса, электростатического притяжения), силы связи за счет связующего при химической реакции, плавлении и кристаллизации, спекании и др.) [1,15,16]. Построение математической модели процесса позволит провести выбор и расчет параметров оборудования для гранулирования и определить выходные параметры процесса. Теоретические исследования проводились авторским коллективом в 2024 году на кафедре Высшей математики, физики и информатики Государственного университета по землеустройству.

Целью работы являлось построение математической модели процесса гранулирования минеральных удобрений и сформулировать как задачу определения правила преобразования внешних (совокупность входных и управляющих) воздействий на объект в реакцию (выход) объекта на эти воздействия. Для выполнения этой задачи необходимо построить оператор А, который для заданной совокупности исходных данных, определяемых состоянием внешних факторов, действующих на процесс, давал бы результат, максимально совпадающий с действительной реакцией объекта на эти воздействия. Знание математической модели позволяет при известных входных переменных рассчитать реакцию объекта на любое изменение в различные моменты времени и тем самым быстро исследовать свойства объекта и определить оптимальный режим его работы.

Известно [2,17, 18], что при построении математических моделей таких сложных процессов, как гранулирование, малоэффективны чисто статистические методы, которые не касаются внутренних закономерностей процесса и устанавливают связи между наблюдаемыми входами и выходами путем статистической обработки экспериментальных данных. Наиболее эффективны в этих случаях детерминированные модели, при построении которых на первом этапе, на основании физико-химических закономерностей исследуемого процесса определяют структуру его математической модели, а затем проводят ограниченное число направленных экспериментов и по их результатам уточняют значения коэффициентов и отдельные связи модели.

Получение достаточно прочных гранул из тонкодисперсных частиц, взвешенных в жидкой среде, возможно при введении третьей фазы — связующей жидкости и наложении гидродинамических воздействий. Многофазность системы обуславливает сложную до настоящего времени недостаточно разработанную зависимость кинетики процесса от многих факторов. В общем виде механизм образования гранул представляется следующим образом. В суспензию вводится

и равномерно распределяется в ней жидкость, обладающая большей смачиваемостью по отношению к твердым частицам (связующая жидкость), чем среда суспензии. При этом на систему накладываются гидродинамические воздействия. В результате столкновения капель происходит их коалесценция и накопление в них частиц, которые при контакте в хорошо смачиваемой жидкости слипаются, образуя довольно прочные гранулы. Оптимальный режим гранулирования может быть охарактеризован тремя показателями: средним размером или фракционным составом, прочностью и формой гранул.

Построение математической модели процесса даст возможность прогнозировать значения этих показателей в зависимости от влияющих факторов и позволит выбирать режим гранулирования для получения гранул с заданным размером и прочностью.

Объектом исследования является математическая модель процесса гранулирования в производстве минеральных удобрений для предприятий сельского хозяйства.

При построении модели приняли следующие допущения:

- капли эмульсии и частицы суспензии имеют форму шара;
- все капли эмульсии имеют одинаковые размеры;
- относительная скорость движения частиц в среде не зависит от их концентрации;
- концентрация капель эмульсии не изменяется в процессе;
- капли эмульсии и твердые частицы перемещаются случайным образом.

При данных допущениях время образования гранул будет равно времени образования отдельной гранулы.

Исходя из принятых представлений о механизме протекания процесса, скорость гранулирования определяется частотой столкновения частиц при их движении и тогда для описания процесса можно использовать уравнение, подобное уравнению частоты столкновения молекул при химической реакции [3]:

$$f = -\frac{dn_t}{dt} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot S \cdot u \cdot (n_0 + n_t)^2, \quad (1)$$

где f — частота столкновения частиц, $\text{с} \cdot \text{м}^{-3}$;
 n_t — концентрация твердых частиц, м^{-3} ;
 t — время образования гранулы, с ;
 S — эффективное сечение соударений, м^2 ;
 u — средняя относительная скорость движения частиц, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$;

n_0 — концентрация капель эмульсии, м^{-3} .

Раскрывая скобки и учитывая, что скорость гранулирования есть частота столкновения между каплями эмульсии и частицами суспензии (твердого) получим:

$$-\frac{dn_t}{dt} = \sqrt{2} \cdot S \cdot u \cdot n_0 \cdot n_t. \quad (2)$$

Среднюю скорость движения частиц при гидродинамическом воздействии в грануляторе барабанного типа можно определить по формуле Стокса для ламинарного режима движения:

$$u = \frac{A \cdot d_t^2 \cdot (2\pi\omega)^2 \cdot (\rho_t - \rho)}{18 \cdot \mu},$$

где A — амплитуда колебаний мешалки, м ;

ω — частота вибрации, с^{-1} ;

ρ , ρ_t — плотность дисперсионной среды и твердых частиц (кажушаяся), соответственно, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

μ — вязкость дисперсионной среды, $\text{Па} \cdot \text{с}$;

d_t — диаметр твердых частиц, м .

Так как не всякое столкновение частиц суспензии с каплями эмульсии приводит к захвату ею твердой частицы, введем коэффициент, учитывающий вероятность захвата. Исходя из физической сущности процесса, вероятность захвата пропорциональна величине краевого угла смачивания жидкой эмульсии твердым веществом суспензии может быть представлена в виде:

$$p = b \cdot \cos^2 \frac{\theta}{2}, \quad (3)$$

где θ — краевой угол смачивания, град;

b — константа.

Тогда уравнение (2) преобразуется в следующее:

$$-\frac{dn_t}{dt} = \sqrt{2} \cdot S \cdot u \cdot n_0 \cdot n_t \cdot b \cdot \cos^2 \frac{\theta}{2}. \quad (4)$$

Если принять допущение, что эффективное сечение соударений не изменяется в процессе гранулирования, то уравнение (4) можно легко проинтегрировать

$$t = -\frac{1}{b \cdot C_1} \cdot \ln n_t + C, \quad (5)$$

где $C_1 = \sqrt{2} \cdot S \cdot u \cdot n_0 \cdot b \cdot \cos^2 \frac{\theta}{2}$.

Константа интегрирования определяется из начальных условий $n_t(0) = n_t^0$ при $t=0$, и уравнение (5) запишется в виде:

$$t = \frac{1}{b \cdot C_1} \cdot \ln \frac{n_t^0}{n_t}, \quad (6)$$

где n_t^0 — начальная концентрация суспензии;

n_t — изменение концентрации твердых частиц за счет их захвата каплями эмульсии в процессе гранулирования.

Время окончания процесса гранулирования t_w , т. е. время полного заполнения капли эмульсии твердыми частицами будет равно

$$t_k = \frac{1}{b \cdot C_1} \cdot \ln \frac{n_t^0}{n_t^k}, \quad (7)$$

где n_t^k — концентрация твердых частиц по окончании процесса их захвата каплями эмульсии.

Запишем изменение концентрации твердых частиц в процессе гранулирования (уравнение материального баланса)

$$n_t^k = n_t^0 - n_t^n, \quad (8)$$

где n_t^n — изменение концентрации твердых частиц за счет их захвата каплями эмульсии в процессе гранулирования.

Изменение концентрации можно выразить через размеры сталкивающихся частиц эмульсии и суспензии и порозность полученных гранул

$$1 - \varepsilon = \frac{N_t \cdot V_t}{N_t \cdot V_t + V_0} = \frac{N_t \cdot d_t^3}{N_t \cdot d_t^3 + d_0^3}, \quad (9)$$

где ε — порозность гранулы;

N_t — число твердых частиц, захваченных одной каплей;

d_t , d_0 — диаметр частиц суспензии и капель эмульсии, соответственно.

Отсюда

$$N_t = \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \cdot \left(\frac{d_0}{d_t}\right)^3 \quad (10)$$

а изменение концентрации будет

$$n_t^n = N_t \cdot n_0. \quad (11)$$

Тогда из уравнений (8-11) следует

$$n_t^k = n_t^0 - n_0 \cdot \left(\frac{d_0}{d_t}\right)^3 \cdot \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}. \quad (12)$$

И уравнение (7) запишется в виде

$$t = \frac{1}{b \cdot C_1} \ln \left(1 - \frac{n_0}{n_t^0} \left(\frac{d_0}{d_t}\right)^3 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \right). \quad (13)$$

Учитывая, что

$$\frac{n_0}{n_t^0} = \frac{V_0}{V_t} \left(\frac{d_t}{d_0}\right)^3 = \frac{m_0 \rho_t}{m_t \rho_0} \left(\frac{d_t}{d_0}\right)^3 \quad (14)$$





окончательно уравнение (7) можно представить в виде

$$t = -\frac{1}{bC_1} \ln \left(1 - \frac{m_0 \rho_T}{m_T \rho_0} \cdot \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \right), \quad (15)$$

где v_0, v_t — объём связующей жидкости и твердого, соответственно;

m_0, m_t — масса связующей жидкости и твердого, соответственно;

Уравнение (15) является некоторым приближением, так как оно не учитывает изменение размеров капель эмульсии по мере захвата ими твердых частиц. Если учитывать изменение диаметра растущей гранулы в процессе гранулирования, то уравнение (4) запишется в виде

$$-\frac{dn_t}{dt} = C_2 S n_T b, \quad (16)$$

$$\text{где } C_2 = \sqrt{2u} n_0 \cos^2 \frac{\theta}{2}.$$

Величина диаметра капли эмульсии (растущей гранулы) меняется во времени при гранулировании. Объём растущей гранулы к некоторому моменту времени будет равен

$$V = (V_0 + N_t V_t) = \frac{\pi}{6} (d_0^3 + N_t d_t^3), \quad (17)$$

где N_t — число твердых частиц, захваченных каплей к некоторому моменту времени.

И, следовательно, диаметр растущей гранулы будет равен:

$$D = \left(\frac{6V}{\pi} \right)^{\frac{1}{3}}. \quad (18)$$

Из уравнений (17) и (18) следует:

$$D = (d_0^3 + N_t d_t^3)^{\frac{1}{3}}. \quad (19)$$

Сечение соударений с учетом того, что

$N_t = \frac{n_t^0 - n_t}{n_0}$ будет равно:

$$S = \frac{\pi}{4} (d_0^3 + \frac{n_t^0 - n_t}{n_0} d_t^3)^{\frac{2}{3}}. \quad (20)$$

Подставляя значение эффективного сечения соударений (20) в уравнение (16), разделяя переменные и интегрируя, с учетом начальных условий получим

$$t = \int_0^t d\tau = \int_{n_t^k}^{\frac{n_t^0}{b \cdot C_4 (C_3 + n_t^0 - n_t)^{\frac{2}{3}} n_t}} \frac{dn_t}{b \cdot C_4 (C_3 + n_t^0 - n_t)^{\frac{2}{3}} n_t}, \quad (21)$$

$$\text{где } C_3 = n_0 \left(\frac{d_0}{d_t} \right)^3, \quad C_4 = C_2 \frac{\pi d_t^2}{4 n_0^{\frac{3}{2}}}.$$

Нижний предел интегрирования определяется по уравнению (12). Диаметр образующихся гранул определяется величиной капель связующей жидкости и пористостью гранул. Объем пор в грануле и объем капли связующей жидкости равны, соответственно:

$$V_{nop} = \frac{\pi D^3}{6} \varepsilon \quad (22)$$

$$V_0 = \frac{\pi d_0^3}{6}. \quad (23)$$

Отсюда и из формул (17-19) следует, что диаметр гранулы будет равен:

$$D = \frac{(d_0^3 + N_t d_t^3)^{\frac{1}{3}}}{1-\varepsilon}. \quad (24)$$

Как видно из уравнения (24) диаметр образующихся гранул определяется величиной капель связующей жидкости (центров образования гранул). Увеличение турбулентности потока приводит к более тонкому диспергированию связующей жидкости, что приводит к снижению размеров образующихся гранул. Диаметр капель связующей жидкости зависит от условий перемешивания следующим образом [4,5]:

$$Ad_M = c W_e^{0.5} R_e^{0.1} \alpha^{0.84}, \quad (25)$$

где W_e, R_e — критерии Вебера и Рейнольдса, соответственно;

α — доля дисперсной фазы в системе;

A — поверхность контакта фаз;

c — const, известная для различных типов мешалок, и

$$d_0 = \frac{6\alpha}{A}. \quad (26)$$

Отсюда

$$d_0 = 60 \alpha^{0.16} \rho^{-0.6} \omega^{-1.1} d^{0.1} \sigma^{0.5} \mu^{0.1}. \quad (27)$$

Выше рассмотрен случай когда пустоты в гранулах содержат только связующую жидкость. Однако обычно это не так и пустоты в гранулах содержат воздух и суспендирующую жидкость. Если принять, что количество захваченного воздуха и суспендирующей жидкости пропорционально количеству связующей жидкости, то объём растущей гранулы можно представить в виде

$$V = (a V_0 + N_t V_t) = \frac{\pi}{6} (a d_0^3 + N_t d_t^3), \quad (28)$$

где a — константа ($a > 1$). Тогда

$$S = \frac{\pi}{4} (a d_0^3 + \frac{n_t^0 - n_t}{n_0} d_t^3)^{\frac{2}{3}}. \quad (29)$$

И уравнение (21) будет представлено в виде:

$$t = \int_0^t d\tau = \int_{n_t^k}^{\frac{n_t^0}{b C_4 (a C_3 + n_t^0 - n_t)^{\frac{2}{3}} n_t}} \frac{dn_t}{b C_4 (a C_3 + n_t^0 - n_t)^{\frac{2}{3}} n_t}. \quad (30)$$

А нижний предел интегрирования (12) будет равен

$$n_t^k = n_t^0 - n_0 \cdot \left(\frac{d_0}{d_t} \right)^3 \cdot \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \cdot a. \quad (31)$$

Одним из основных свойств гранул является их прочность. Исследования зависимости прочности образующихся гранул показали [5-6], что нагрузка разрушения гранулы зависит от диаметра гранулы, ее порозности и размеров твердых частиц, образующих гранулы, и ее можно представить в виде:

$$L = k \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \frac{\sigma}{d_T} D^2, \quad (32)$$

где L — нагрузка разрушения, кг;

D — диаметр гранулы, м;

σ — межфазное натяжение, н·м⁻¹;

k — константа;

d_T — диаметр твердых частиц, м.

Оценку прочности можно также провести по представленным ниже формулам. Приближенный расчет сил капиллярного сцепления в предположении, что слой материала состоит из частиц радиуса R и что эти частицы образуют кубическую укладку, приводит к следующему выражению:

$$F = \frac{\pi \sigma}{4R} \left(\frac{\pi \rho_B w}{2 \rho_T} + 1 \right),$$

где w — влажность материала;

σ — поверхностное натяжение.

Тигершельд и Ильмони дают подобное аналитическое выражение для расчета капиллярных сил:

$$F = 0.075 S \rho_T \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon},$$

где S — удельная поверхность материала;

ε — пористость гранулы.

Аналогичная зависимость получена и при определении прочности молекулярной связи между частицами:

$$F = k S \rho_T \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon},$$

где k — константа.

Для определения адекватной зависимости необходимо провести эксперименты по определению прочности гранул и определить

наилучшую структуру уравнения и неизвестные параметры.

Исследования по количеству дисперсионной среды, захватываемой твердыми частицами при проникновении их в капли проводились следующим образом. В емкость наливали аполиарную жидкость в количестве 30 см³. Для порошков минеральных удобрений в качестве аполиарной жидкости использовался четыреххлористый углерод и гептан. Далее в емкость добавляли порошок (5 г) и 0,1 см³ связующей жидкости (силикагеля). Затем емкость подвергалась гидродинамическому воздействию в течение 10-15 минут при частотах 1,5-2,5 с⁻¹ (100-150 об/мин). Полученную гранулу извлекали, определяли ее вес и размер (диаметр). После высушивания гранулы в муфеле, повторно измеряли ее диаметр.

Эксперименты по процессу получения мелкосферических гранул проводили следующим образом. В тефлоновый стакан, (120 +/- 5 см³) заливалась аполиарная жидкость объемом 45 +/- 5 см³. Далее в органическую среду вводили порошок твердого вещества (0,5-3,2 г) и связующую жидкость (0,5-1 см³). Затем эта система подвергалась гидродинамическому воздействию для диспергирования связующего вещества, в капли которых проникали твердые частицы. В результате этого процесса образовывались мелкосферические гранулы, которые отделялись от жидкости и высушивались.

Для проверки адекватности модели образования гранул были проведены следующие экспериментальные исследования:

- по определению времени проникновения одиночной частицы в каплю связующей жидкости (на каплю помещали твердую частицу и процесс ее проникновения наблюдали под микроскопом),
- по определению количества дисперсионной среды, захватываемой твердыми частицами при проникновении их в единичную каплю (при этом на систему налагалось гидродинамическое воздействие при частотах 1,5-2,5 с⁻¹ (100-150 об/мин). Полученную гранулу извлекали, определяли ее вес и диаметр. После высушивания гранулы в муфеле, повторно проводили измерения,
- по процессу получения мелкосферических гранул.

Обсуждение результатов, полученных с помощью математической модели процесса гранулирования, показало, что проблема идентификации модели состоит в определении оператора модели A , минимизирующей меру отклонения выхода, рассчитанного по модели, от действительной реакции объекта.

Для оценки неизвестных параметров математической модели процесса гранулирования был проведен ряд экспериментов. В этих экспериментах преследовались две цели: уточнение представлений о механизме процесса гранулирования, принятых при построении модели, и получении исходных данных для проверки адекватности последней. Широкой диапазон режимов, при которых проводились измерения, обеспечил возможность получения исходных данных, необходимых для идентификации математической модели.

Задача идентификации модели состоит в определении оператора модели A , минимизирующей меру отклонения выхода, рассчитанного по модели, от действительной реакции объекта на возмущение. При известной структуре



математической модели, т. е. когда известен вид оператора A , процесс идентификации сводится к определению (оцениванию) неизвестных параметров по результатам наблюдений.

В общем случае задача оценивания приводится к задаче математического программирования, т. е. задаче отыскания экстремума функции многих переменных. При идентификации модели детерминированного объекта входное воздействие X является неслучайным, а выход объекта Y ввиду ошибок измерения является случайной величиной, представляющей собой сумму истинного выхода объекта и ошибки измерения, которая обычно считается некоррелированной с выходом и распределенной по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и постоянной дисперсией.

При оценивании параметры, обеспечивающие наилучшее приближение к экспериментальным данным, в смысле некоторого критерия адекватности, принимаются за истинные значения этих величин. Задача оценивания параметров математической модели сводится к задаче нахождения экстремума:

$$Q(a) = \text{extr}, \quad (33)$$

где a — неизвестные параметры.

Общим методом статистического оценивания параметров является метод максимального правдоподобия, который при предположении нормального распределения ошибок измерений и их независимости сводится к методу наименьших квадратов (МНК) [7].

Тогда в качестве оценки параметра берут оценку МНК, которая минимизирует сумму квадратов отклонений или взвешенную сумму квадратов (относительно дисперсий), так называемый эмпирический риск [8]:

$$Q(a) = \frac{\sum (y_i - f(a, x_i))^2}{\sigma_i^2}, \quad (34)$$

где y — экспериментальные значения зависимой переменной;

$f(a, x_i)$ — значения зависимой переменной, рассчитанные по модели;

x_i — значения независимой переменной;

i — номер опыта.

Когда функция f не линейна по параметрам, сумма квадратов не является строго выпуклой и может иметь не единственный минимум, а несколько и, кроме того, в случае не компактности априорного множества параметров эта оценка может и не существовать, т. е. минимум $Q(a)$ может не достигаться. Известно [9], что для того чтобы убедиться, что оценка МНК существует, необходимо определить для данной нелинейной функции нижнюю грань суммы квадратов на бесконечности:

$$\bar{Q} = \lim_{r \rightarrow \infty} \inf_{\|a\| > r} Q(a). \quad (35)$$

Если начальное приближение a выбрать так, что $Q(a) < \bar{Q}$, то оценка МНК существует и более того, множество $S = \{a \in R^m : Q(a) < Q(a^*)\}$ является компактом, что гарантирует ограниченность последовательности a , вырабатываемой любым итерационным методом поиска экстремума и, следовательно ее сходимости, причем оценка МНК тоже принадлежит этому множеству.

Характеристикой качества оценивания служат стандартные ошибки оценок МНК:

$$S_j = S \sqrt{(P^T P)^{-1}_{jj}}, \quad j = 1, \dots, m, \quad (36)$$

где S — стандартная ошибка уравнения ($S^2 = \frac{Q_{\min}}{(n-m)}$);

P — матрица производных, соответствующая оценке

$$(P_{ij} = \frac{\partial f_i(a)}{\partial a_j});$$

n — число опытов;

m — число параметров.

По стандартным ошибкам можно найти стандартные отношения $t_j = a_j / S_j$ (подобно t -статистикам для линейных функций). Для нелинейного оценивания применение статистического анализа, основанного на этих величинах, не является строгим (также как и использование F -критерия). Обычно [7, 10-11] считают, что если $|t_j| \leq 1$, то параметр a_j — является неустойчивым, а если $|t_j| \geq 2$, то соответствующий параметр оценен устойчиво. Для того чтобы при оценивании определить глобальный минимум, а не локальный, необходимо использовать соответствующие методы поиска и кроме того повторять вычисления из различных начальных точек, что в случае сходимости к одной и той же точке повышает вероятность определения глобального минимума. Одним из наиболее надежных и эффективных методов является метод оврагов [12], который позволяет определять экстремум при наличии областей очень медленного изменения функции (оврагов) и точно находить оценки параметров, варьирование которых слабо влияет на изменение суммы квадратов и тем самым обходить области, близкие к локальным экстремумам. Оценивание параметров математической модели производилось по уравнениям (21) и (30) методом минимизации эмпирического риска. Ошибку измерения в каждом опыте определяли как среднеквадратическое отклонение от среднего значения в каждой серии. Поиск минимума (34) осуществлялся методом оврагов. Для приближенного вычисления интегралов (21) и (30) можно использовать квадратурную формулу Ромберга [13], основанную на экстраполяции Ричардсона [14] и позволяющая вычислять значение интеграла с величиной максимальной погрешности меньше заданной. В результате были получены следующие значения параметров:

$$b = 1.29 \pm 0.22$$

$$a = 1.18 \pm 0.52$$

Результаты оценивания свидетельствуют, что учет изменения размеров капли в процессе гранулирования в структуре математической модели обеспечивает удовлетворительную аппроксимацию экспериментальных кинетических зависимостей.

В заключении отмечается, что предложенная математическая модель адекватно отражает проведение процесса грануляции минеральных удобрений в соответствии с поставленной целью — (получение гранул заданного размера (удельной поверхности) и обладающих прочностью выше минимально допустимой). По созданной математической модели можно прогнозировать значения этих показателей, при ограничении по времени гранулирования $T < T_{\max}$ которые затем используются в инженерных расчетах процессов гранулирования органических и минеральных удобрений в сельском хозяйстве.

Список источников

1. М.Б. Генералов и др. Расчет оборудования для гранулирования минеральных удобрений. М.: Машиностроение, 1984, 192 с.
2. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. М.: Высшая школа, 1991, 399 с.
3. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ. М., Химия, 1974, 594 с.
4. Кафаров В.В., Бабанов Б.М. Поверхность фазового контакта взаимнонерастворимых жидкостей. ЖПХ, 1959, вып. 4. с.789-796.
5. Лаговьер Ю.В., Устинова Л.И. Пористость и прочность гранул, получаемых из тонкодисперсных порошков методом смешения. ЖПХ, 1979, вып.4, с. 1971-1975.
6. Грибняк Т.Т. и др. О локальных амплитудах колебаний частиц сыпучей массы в процессе вибрационной обработки. ТОХТ, 1972, т. 6, № 1 С. 94- 100.
7. Бард И. Нелинейное оценивание параметров. М.: Статистика. 1979, 441 с.
8. Вапник В.Н. Алгоритмы и программы восстановления зависимостей. М.: Наука. 1984. 816 с.
9. Демиденко И.З. Критерии существования оценки метода наименьших квадратов в некоторых нелинейных регрессиях // Экономика и математические методы, 1982, т. 28, № 1, с. 115-117.
10. Демиденко И.З. Вычислительные вопросы нелинейной регрессии // Заводская лаборатория, 1986, № 3, с. 51-54.
11. Демиденко И.З. Линейная и нелинейная регрессия. М.: Финансы и статистика. 1981, 382 с.
12. Гельфанд И.М. Метод оврагов в задачах рентгеноструктурного анализа. М.: Наука, 1966, 76 с.
13. Бахвалов Н.С. Численные методы. М., 1975
14. Марчук Г.И. Шайдулов В.В. Повышение точности решений разностных схем. М., 1979
15. Высоцкая Н.А., Францевич В.С. Моделирование процесса получения комплексных удобрений методом окатывания и проведение испытаний по их получению в лабораторных условиях // Горная механика и машиностроение. 2024. № 1. с. 77-88.
16. Высоцкая Н.А., Францевич В.С., Дубовский А.А., Салцевич В.В. Гранулирование методом окатывания на движущейся поверхности // Горная механика и машиностроение. 2023. № 1. с. 88-94.
17. Макаренков Д.А., Назаров В.И. Особенности механизма гранулообразования ферментных препаратов // Вестник МГОУ. Серия Естественные науки. 2013. № 4
18. Сковородников П.В., Черепанова М.В. Особенности процесса гранулирования органоминеральных удобрений методом окатывания // Известия Томского Политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 51-59.

References

1. M.B. Generalov et al. (1984). Calculation of equipment for granulating mineral fertilizers, Moscow, Mechanical Engineering, 192 p.
2. Kafarov V.V., Glebov M.B. (1991). Mathematical modeling of the main processes of chemical production, Moscow, Higher.school, 399 p.
3. Panchenkov G.M., Lebedev V.P. (1974). Chemical kinetics and catalysis, Moscow, Chemistry, 594 p.
4. Kafarov V.V., Babanov B.M. (1959). The surface of phase contact of mutually insoluble liquids. Housing and Communal Services, vol. 4, pp.789-796.
5. Lagovier Yu.V., Ustinova L.I. (1979). Porosity and strength of granules obtained from fine powders by mixing. Housing and Communal Services, vol. 4, pp.1971-1975.
6. Gribnyak T.T. et al. (1972). On the local oscillation amplitudes of bulk particles in the process of vibration treatment. TOXT, vol. 6, no. 1, pp. 94-100.
7. Bard I. (1979). Nonlinear parameter estimation, Moscow, Statistics, 441 p.
8. Vapnik V.N. (1984). Algorithms and dependency recovery programs. Moscow, Nauka, 816 p.
9. Demidenko I.Z. (1982). Criteria for the existence of an evaluation of the least squares method in some nonlinear regressions. Economics and Mathematical Methods, vol. 28, no. 1, pp. 115-117.





10. Demidenko I.Z. (1986). Computational issues of non-linear regression. Factory Laboratory, no.3, pp. 51-54.
11. Demidenko I.Z. (1981). Linear and nonlinear regression, Moscow, Finance and Statistics, 382 p.
12. Gelfand I.M. (1966). The ravine method in problems of X-ray diffraction analysis, Moscow, Nauka, 76 p.
13. Bakhvalov N.S. (1975). Numerical methods, Moscow.
14. Marchuk G.I. Shaidurov V.V. (1979). Improving the accuracy of solutions of difference schemes, Moscow.

15. Vysotskaya N.A., Frantskevich V.S. (2024). Modeling of the process of obtaining complex fertilizers by rolling and conducting tests to obtain them in laboratory conditions. Mining mechanics and mechanical engineering, no. 1, pp. 77-88.
16. Vysotskaya N.A., Frantskevich V.S., Dubovsky A.A., Saltsevich V.V. (2023). Pelletizing by rolling on a moving surface. Mining mechanics and mechanical engineering, no. 1, pp. 88-94.

17. Makarenkov D.A., Nazarov V.I. (2023). Features of the mechanism of granulation of enzyme preparations. Bulletin of the Moscow State University. Series Natural sciences, no. 4.
18. Skovorodnikov P.V., Cherepanova M.V. (2019). Features of the process of granulation of organomineral fertilizers by the pelletizing method. Bulletin of Tomsk Polytechnic University, Engineering of georesources, vol. 330, no. 51-59.

Информация об авторах:

Папаскири Тимур Валикович, кандидат сельскохозяйственных наук, доктор экономических наук, профессор, врио ректора, заведующий кафедрой цифрового земледелия и ландшафтной архитектуры, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3780-9060>, t_papaskiri@mail.ru

Саранчин Владимир Кимович, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики, физики и информатики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3417-7501>, saranchin@yandex.ru

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

Климов Александр Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики, физики и информатики, Государственный университет по землеустройству, alpetkl@yandex.ru

Кривошея Богдан Сергеевич, старший преподаватель кафедры высшей математики, физики и информатики, Государственный университет по землеустройству, bodyakr@yandex.ru

Information about the author (authors):

Timur V. Papaskiri, candidate of agricultural sciences, doctor of economic sciences, professor, acting rector, head of the department of digital agriculture and landscape architecture, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3780-9060>, t_papaskiri@mail.ru

Vladimir K. Saranchin, candidate of technical sciences, associate professor of the department of higher mathematics, physics and computer science, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3417-7501>, saranchin@yandex.ru

Sergey V. Suslov, candidate of geographical sciences, associate professor, associate professor of the department of digital agriculture and landscape architecture, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7286-042X>, sus2014.sus@yandex.ru

Alexander P. Klimov, candidate of technical sciences, associate professor of the department of higher mathematics, physics and computer science, alpetkl@yandex.ru

Bogdan S. Krivosheya, senior lecturer at the department of higher mathematics, physics and computer science, bodyakr@yandex.ru

✉ saranchin@yandex.ru



СИБИРСКАЯ АГРАРНАЯ НЕДЕЛЯ

Международная агропромышленная выставка

РЕКЛАМА 0+

6 - 8 НОЯБРЯ 2024

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- Сельхозтехника / Запчасти / Расходные материалы
- Оборудование и материалы для животноводства
- Агрохимия / Удобрения / Семена
- Оборудование и материалы для переработки агропромышленной продукции

ПРИМИТЕ УЧАСТИЕ В ВЕДУЩЕМ ОТРАСЛЕВОМ СОБЫТИИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА!

sibagroweek.ru



Telegram: @sibagroweek

VK: sibagroweek

WhatsApp: +7 (383) 304-83-88

 СИБИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

 НОВОСИБИРСК
ЭКСПО ЦЕНТР



Научная статья

УДК 332.1:338.1

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_599

СОСТОЯНИЕ ДЕМОГРАФИИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

Д.А. Зюкин¹, Н.М. Сергеева², С.А. Беляев², Н.А. Яковлев³

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

²Курский государственный медицинский университет, Курск, Россия

³Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, Орел, Россия

Аннотация. В статье рассматривается динамика основных демографических показателей в регионах ЦФО в сравнении с ВРП как ключевого экономического индикатора, с использованием методов корреляционно-регрессионного анализа устанавливается теснота и характер взаимосвязи между ними. Цель исследования состоит в оценке влияния диспропорций экономического развития на демографическую ситуацию в России в динамике на примере регионов ЦФО. В качестве объекта исследования выбраны регионы ЦФО, поскольку данный округ является наиболее экономически развитым в сравнении с прочими субъектами страны. Гипотеза исследования: вызванные экономическим кризисом диспропорции экономического развития приводят к дальнейшей деградации социальной сферы в стране и сокращению демографического потенциала. Определено, что в разрезе регионов ЦФО изменение размера подушевого ВРП в более значительной степени оказывает влияние на уровень естественной убыли, чем на общие темпы сокращения численности населения. Это связано с тем фактом, что в регионах данного округа миграционные процессы заметно нивелируют негативное влияние естественных демографических процессов. Несмотря на общий тренд к сокращению доля сельского населения, сегодня по-прежнему в среднем 25% от общей численности населения страны проживает в селах, которые характеризуются еще более низким уровнем социально-экономического благополучия по сравнению с городами. В сложившихся обстоятельствах говорить об общем улучшении демографической обстановки в регионах затруднительно. Авторы пришли к мнению, что сам по себе фактор экономического развития территории все менее значимо влияет на демографическую ситуацию, что, по нашему мнению, обусловлено ростом социальной напряженности в обществе на фоне обострившихся внешнеполитических конфликтов. Решение сложившейся демографической ситуации в актуальных условиях исключительно социально-экономическими механизмами, направленными на стимулирование рождаемости, не состоятельно, поскольку психологический фактор играет важную роль. Также одним из факторов улучшения демографической обстановки является модернизация здравоохранения и повышение качества медицинской помощи, что позволит снизить смертность от всех классов болезней.

Ключевые слова: социальная политика, уровень рождаемости, уровень смертности, естественная убыль, доля сельского населения, развитие сельских территорий

Original article

DEMOGRAPHIC CONDITION AS AN INDICATOR OF ECONOMIC DEVELOPMENT OF REGIONS

D.A. Zyukin¹, N.M. Sergeeva², S.A. Belyaev², N.A. Yakovlev³

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

²Kursk State Medical University, Kursk, Russia

³Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia

Abstract. The article examines the dynamics of the main demographic indicators in the Central Federal District regions in comparison with GRP as a key economic indicator, using the methods of correlation and regression analysis, the closeness and nature of the relationship between them is established. The purpose of the study is to assess the impact of economic development imbalances on the demographic situation in Russia in dynamics using the example of the Central Federal District regions. The regions of the Central Federal District were chosen as the object of research, since this district is the most economically developed in comparison with other subjects of the country. The hypothesis of the study: the imbalances of economic development caused by the economic crisis lead to further degradation of the social sphere in the country and a reduction in demographic potential. It was determined that in the context of the Central Federal District regions, changes in the size of per capita GRP have a greater impact on the level of natural loss than on the overall rate of population decline. This is due to the fact that in the regions of this district, migration processes significantly offset the negative impact of natural demographic processes. Despite the general trend towards a decrease in the share of the rural population, today an average of 25% of the total population of the country still lives in villages, which are characterized by an even lower level of socio-economic well-being compared to cities. Under the circumstances, it is difficult to talk about a general improvement in the demographic situation in the regions. The authors came to the conclusion that the factor of economic development of the territory itself has less and less significant impact on the demographic situation, which, in our opinion, is due to the increase in social tension in society against the background of aggravated foreign policy conflicts. The solution of the current demographic situation in the current conditions exclusively by socio-economic mechanisms aimed at stimulating fertility is not comprehensive, since the psychological factor plays an important role. Also, one of the factors of improving the demographic situation is the modernization of healthcare and improving the quality of medical care, which will reduce mortality from all classes of diseases.

Keywords: social policy, birth rate, mortality rate, natural decline, share of rural population, rural development

Введение. Одним из ключевых направлений демографической политики России является снижение смертности и стимулирование рождаемости. Это связано с тем фактом, что сегодня, как и прежде, сохраняется естественная убыль

населения. При этом миграционный прирост населения, который в прежние годы ощутимо замещал убыль населения в результате естественных причин, также замедлился на фоне политической неопределенности [1, 2].

Как справедливо отмечают многие исследователи, естественная убыль населения в России обусловлена комплексным влиянием ряда негативных факторов. Во-первых, недостаточная эффективность системы здравоохранения на фоне



несовершенной модели: профилактика развития достаточно слабо и не позволяет вовремя выявлять и предотвращать наступление болезней, а применяемые подходы к лечению уже возникших заболеваний зачастую оказываются малоэффективными [3, 4]. Во-вторых, демографический провал 90-е годов 20 века приводит к старению населения, поскольку сократилось число населения репродуктивного возраста. А кроме того, изменение отношения к институту семьи приводит к тому, что на одну пару в среднем приходится только один ребенок, что говорит о суженном воспроизводстве населения. Проблема старения населения носит глобальный характер и не является актуальным демографическим вопросом только для России: исследователи отмечают, что к концу 21-го столетия численность населения старшей возрастной группы населения превысит 2,5 млрд человек, что формирует одну из новых мировых угроз [5, 6].

В России рост доли населения старшей возрастной группы в совокупности с недостаточностью качества медицинского обслуживания способствует более высокой смертности. Также эта группа населения имеет меньшие финансовые возможности, чтобы обеспечивать себя полноценным здоровым питанием [7, 8].

Также, с учетом территориально-административных особенностей страны, одним из аспектов демографической политики является продолжающаяся урбанизация населения. Если в середине прошлого столетия в сельской местности проживало около половины населения, то сегодня доля сельских жителей составляет менее четверти от общей численности. Отток населения из села и более высокие темпы развития городов привели к существенному разрыву в уровне и качестве жизни в городской и сельской местности, при этом социальная инфраструктура последней развита недостаточно [9, 10]. Одной из причин сложившейся ситуации стало снижение роли сельского хозяйства в жизни страны на фоне более активного развития других отраслей экономики,

в том числе промышленности. Поэтому степень развития сельскохозяйственного производства и, соответственно, доля сельского населения также может выступать в качестве демографического фактора экономического развития регионов [11].

Степень влияния экономического фактора на демографическое поведение населения в России остается дискуссионным. По мнению некоторых авторов, вызванное сохранением кризиса падение уровня жизни населения приводит к изменению их демографического поведения, а также способствует снижению доступности лекарственных средств и качественной медицинской помощи [12, 13].

Исследователи отмечают [14, 15], что опыт беднейших стран Азии и Африки показывает, что доступ к медицинскому обслуживанию и уровень жизни в целом не всегда являются определяющими факторами демографического поведения. Также немаловажную роль играют традиции и ценности, сложившиеся в конкретном обществе. Поэтому демографические проблемы в России необходимо рассматривать комплексно, учитывая не только экономические, но и социально-культурные факторы [16, 17].

На демографическое поведение населения значимое влияние оказывает не сам сложившийся уровень экономического развития России и его соответствие уровню других стран, а динамика изменения. В актуальных условиях ошутимое падение уровня жизни и доходов населения в совокупности с усилением ограничительного влияния санкций на экономику становятся факторами ухудшения и без того простой демографической ситуации. В этой связи целью исследования является оценка влияния диспропорций экономического развития на демографическую ситуацию в регионах России в динамике.

Методика исследования. В качестве объекта исследования выбраны регионы ЦФО, поскольку данный округ является наиболее экономически развитым в сравнении с прочими

субъектами страны. Территориальная близость регионов ЦФО к экономическому центру — Москве, позволяет рассматривать его в качестве индикативного, отражающего общие для страны тенденции. При проведении исследования была рассмотрена динамика основных демографических и экономических показателей в период 2018-2022 гг.: естественная убыль населения в расчете на 1000 человек, процентное изменение численности населения, валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения, доля сельского населения.

Гипотеза исследования: вызванные экономическим кризисом в стране диспропорции экономического развития приводят к дальнейшей деградации социальной сферы, выраженной в сокращении демографического потенциала.

В исследовании осуществляется оценка динамики рассматриваемых экономических и демографических показателей, устанавливается взаимосвязь между ними на основе методов корреляционно-регрессионного анализа — парной корреляции и ранговой корреляции Спирмена. Использование метода ранговой корреляции Спирмена обусловлено наличием отрицательных числовых значений среди рассматриваемых рядов данных. Полученные значения коэффициентов корреляции были проверены на значимость по t-критерию Стьюдента и интерпретированы в соответствии со шкалой Чеддока. Для целей исследования была проведена корректировка и из состава рассматриваемых регионов ЦФО исключены Костромская и Тульская области, поскольку значения исследуемых показателей в них существенно дифференцированы и оказывают влияние на результат.

Результаты исследования. По объему ВРП на душу населения среди регионов ЦФО лидирует Москва с показателем более 2 млн руб. на душу населения по итогам 2022 г. Также наибольшее значение показателя отмечается в Белгородской и Московской областях, где ВРП на душу населения составил более 800 тыс. руб.

Таблица 1. Оценка динамики ВРП на душу населения в регионах ЦФО в период 2018-2022 гг.

Table 1. Assessment of the dynamics of GRP per capita in the regions of the Central Federal District in the period 2018-2022

Регион	ВРП, тыс. руб. на душу населения			Прирост, в %		Рейтинг региона в ЦФО		
	2018 г.	2020 г.	2022 г.	в 2020 г. к 2018 г.	в 2022 г. к 2020 г.	2018 г.	2020 г.	2022 г.
Москва	1494,9	1599,5	2076,4	7,0	29,8	1	1	1
Белгородская область	588,6	645,4	870,7	9,6	34,9	3	3	2
Московская область	615,1	702,1	860,2	14,2	22,5	2	2	3
Липецкая область	526,9	545,3	755,8	3,5	38,6	4	5	4
Курская область	405,9	475,3	689,1	17,1	45,0	8	7	5
Калужская область	502,2	560,9	626,8	11,7	11,7	5	4	6
Ярославская область	462,2	490,4	559,4	6,1	14,1	6	6	7
Тверская область	369,0	388,3	534,7	5,3	37,7	10	12	8
Рязанская область	372,3	417,9	531,4	12,3	27,2	9	9	9
Тамбовская область	343,7	376,0	508,7	9,4	35,3	13	14	10
Орловская область	332,4	388,0	486,0	16,7	25,3	14	13	11
Владимирская область	349,9	409,6	482,2	17,1	17,7	12	10	12
Воронежская область	408,1	459,1	440,7	12,5	-4,0	7	8	13
Смоленская область	354,2	393,4	436,8	11,0	11,0	11	11	14
Брянская область	304,5	348,8	429,6	14,5	23,2	15	15	15
Ивановская область	230,3	271,7	349,1	17,9	28,5	16	16	16

Источник: рассчитано по данным статистического сборника [18].



В 2018-2020 гг. темпы прироста ВРП на душу населения в среднем были ниже, чем в 2020-2022 гг., что связано с инфекционным ростом цен в экономике. При этом необходимо отметить, что Воронежская область является единственным регионом, где размер ВРП на душу населения в 2022 г. был ниже относительно уровня 2020 г. (табл. 1).

Оценка положения регионов внутри ЦФО по уровню ВРП на душу населения показала, что для большинства из них ситуация является

стабильной. Заметным улучшением характеризуется Курская, Тамбовская и Орловская области, снижение показателя наблюдается в Воронежской области. Сохранение дифференциации между регионами ЦФО свидетельствует о том, что качественного экономического роста не происходит, а увеличение размера ВРП на душу населения обусловлено в большей степени повышением уровня цен в экономике.

Для большинства регионов ЦФО в период 2018-2019 гг. общим трендом стало сохранение

естественной убыли населения: в 2018 г. наибольшее сокращение произошло в Тверской области, а в 2021 г. — в Рязанской. Темпы сокращения численности населения в 2022 г. снизились по сравнению с данными предыдущих пандемических лет, вместе с тем смертность выше рождаемости (табл. 2).

Для большинства регионов ЦФО устойчивой тенденцией является сокращение численности населения, что связано с естественной убылью и миграцией. Исключение составляет

Таблица 2. Оценка изменения естественной убыли населения в регионах ЦФО в период 2018-2022 гг.

Table 2. Assessment of changes in natural population loss in the regions of the Central Federal District in the period 2018-2022

Регион	Естественная убыль населения в России, человек на 1000 населения					Прирост (убыль) численности населения в России, % к предыдущему году				
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Тверская область	-7,7	-7,7	-10,4	-13,9	-10,7	-1,0	-1,1	-0,8	-1,1	-1,3
Владимирская область	-6,7	-7,5	-10,7	-14,2	-10,4	-0,9	-0,9	-0,6	-1,2	-1,4
Смоленская область	-7,2	-7,5	-10	-13,9	-10,3	-0,3	-0,8	-0,7	-1,5	-1,2
Орловская область	-6,8	-7,3	-10,2	-13,4	-10,2	-1,1	-0,9	-0,8	-1,2	-1,5
Тамбовская область	-7,4	-7,4	-10,4	-13,7	-10,1	-0,7	-1,6	-0,9	-1,2	-1,4
Рязанская область	-6,2	-6,9	-10	-14,6	-9,9	-0,4	-0,7	-0,4	-1,0	-1,2
Ивановская область	-7	-7,9	-10	-13	-9,3	-0,8	-1,1	-0,7	-1,0	-1,0
Курская область	-6,2	-6,5	-9	-13,3	-9	-0,7	-0,7	-0,3	-0,6	-1,2
Брянская область	-6	-6,3	-8,9	-12,6	-8,4	-0,8	-0,9	-0,6	-0,8	-1,2
Ярославская область	-5,1	-5,7	-8,7	-12	-8,3	-0,4	-0,5	-0,5	-1,0	-1,1
Липецкая область	-5	-5,7	-9,4	-13,1	-8,2	-0,5	-0,5	-0,4	-1,0	-1,3
Воронежская область	-5,5	-5,7	-8,2	-12,2	-7,9	-0,1	-0,2	-0,2	-0,8	-0,8
Белгородская область	-4,2	-4,9	-7,5	-10,3	-7,2	-0,2	-0,1	0,1	-0,5	-0,6
Калужская область	-4,7	-5,7	-8,2	-10,9	-6,8	-0,2	-0,3	-0,6	-0,2	1,2
Московская область	-1,2	-2,4	-4,3	-6,8	-3,5	1,1	1,3	1,2	0,2	0,8
г. Москва	0,9	1,2	-2	-3,3	-0,3	1,0	0,9	0,5	-0,2	-0,2

Источник: рассчитано по данным статистического сборника [18].

Таблица 3. Оценка динамики доли сельского населения в регионах ЦФО в период 2018-2022 гг.

Table 3. Assessment of the dynamics of the share of rural population in the Central Federal District regions in the period 2018-2022

Регион	Доля сельского населения, %			Прирост, в %		Рейтинг региона в ЦФО		
	2018 г.	2020 г.	2022 г.	в 2020 г. к 2018 г.	в 2022 г. к 2020 г.	2018 г.	2020 г.	2022 г.
Тамбовская область	38,9	39,8	39,6	0,9	-0,2	1	1	1
Липецкая область	35,5	36,7	37,0	1,2	0,3	2	2	2
Белгородская область	32,5	34,6	34,6	2,1	0,0	4	3	3
Орловская область	33,2	33,3	33,4	0,1	0,1	3	4	4
Воронежская область	32,2	31,7	31,5	-0,5	-0,2	5	5	5
Курская область	31,8	31,6	31,5	-0,2	-0,1	6	6	5
Брянская область	29,6	30,5	30,4	0,9	-0,1	7	7	7
Рязанская область	27,9	28,5	28,6	0,6	0,1	9	8	8
Смоленская область	28,2	27,5	27,3	-0,7	-0,2	8	9	9
Тульская область	25,2	26,1	26,8	0,9	0,7	11	11	10
Костромская область	27,6	26,6	25,9	-1,0	-0,7	10	10	11
Калужская область	24	25,0	25,1	1,0	0,1	12	12	12
Тверская область	24	23,7	23,7	-0,3	0,0	12	13	13
Владимирская область	21,7	22,3	22,4	0,6	0,1	14	14	14
Московская область	18,5	21,3	21,7	2,8	0,4	15	15	15
Ярославская область	18,4	18,8	19,0	0,4	0,2	16	16	16
Ивановская область	18,4	18,2	17,9	-0,2	-0,3	16	17	17
г. Москва	1,4	1,5	1,5	0,1	0,0	18	18	18

Источник: рассчитано по данным статистического сборника [18].





Таблица 4. Оценка взаимосвязи между ВРП на душу населения и основными демографическими показателями в регионах ЦФО в период 2018-2022 гг.
Table 4. Assessment of the relationship between GRP per capita and the main demographic indicators in the regions of the Central Federal District in the period 2018-2022

	Значение по годам				
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Оценка взаимосвязи между ВРП на душу населения (X) и коэффициентом естественной убыли населения (Y_1) в регионах ЦФО					
Коэффициент парной корреляции	0,887 очень тесная	0,943 близкая к функциональной	0,893 очень тесная	0,892 очень тесная	0,865 очень тесная
Коэффициент ранговой корреляции Спирмена	0,880 очень тесная	0,899 очень тесная	0,843 очень тесная	0,717 очень тесная	0,723 очень тесная
Оценка взаимосвязи между ВРП на душу населения (X) и процентным изменением численности населения (Y_2) в регионах ЦФО					
Коэффициент парной корреляции	0,712 очень тесная	0,638 тесная	0,547 тесная	0,560 тесная	0,342 умеренная
Коэффициент ранговой корреляции Спирмена	0,744 очень тесная	0,841 тесная	0,738 тесная	0,653 тесная	0,324 умеренная

Источник: рассчитано по данным статистического сборника [18].

Московская область, где численность населения устойчиво растет последние 5 лет, а также Москва, где положительная динамика сохранялась в 2018-2020 гг.

В условиях сохраняющейся урбанизации доля сельского населения выступает в качестве одного из факторов, определяющих состояние демографии в регионах страны. Среди регионов ЦФО отмечена существенная дифференциация по доле сельского населения, что находится в прямой взаимосвязи со специализацией регионов. Так, лидерами по доле сельского населения являются аграрно-специализированные регионы, входящие в состав Черноземья, а также Орловская область. Наибольшая доля сельского населения в ЦФО сохраняется в Тамбовской области, где на территории сельской местности проживает практически 40% населения. В прочих регионах с существенной долей сельского хозяйства в структуре экономики доля сельского населения превышает 30%. Среди прочих регионов ЦФО удельный вес проживающего в сельской местности населения составляет 18-30%, при этом в регионах с выраженной промышленной специализацией доля сельского населения является наименьшей (табл. 3).

В результате, в регионах ЦФО сегодня заметная доля населения продолжает проживать на территории сельской местности. Несмотря на общий тренд к сокращению доли сельского населения, сегодня по-прежнему в среднем 25% от общей численности населения страны проживает в селах, которые характеризуются еще более низким уровнем социально-экономического благополучия по сравнению с городами. В сложившихся обстоятельствах говорить об общем улучшении демографической обстановки в регионах затруднительно.

Между размером ВРП на душу населения и уровнем естественной убыли населения в разрезе регионов ЦФО существует прямая и очень тесная корреляционная связь. Так, коэффициент корреляции устойчиво превышает 0,8, а в 2019 г. — даже 0,9, что свидетельствует об очень тесной, близкой к функциональной, корреляционной связи (табл. 4).

Значения коэффициентов ранговой корреляции Спирмена в 2018-2020 гг. превышали 0,8, а в последние 2 года варьировали в пределах 0,7-0,8, что подтверждает наличие тесной корреляционной связи между данными показателями.

Следовательно, уровень экономического развития регионов ЦФО с высокой степенью достоверности выступает в качестве одного из факторов демографической ситуации.

Оценка взаимосвязи между ВРП на душу населения и процентным изменением численности населения в регионах ЦФО на основе коэффициентов парной корреляции и коэффициентов ранговой корреляции Спирмена также показала наличие значимой корреляционной связи, однако менее существенной чем с уровнем естественной убыли населения. Так, в 2018 г. выявленная корреляционная связь была очень тесной, так как коэффициент корреляции превышал 0,7. В 2019-2021 гг. отмечено снижение тесноты корреляционной связи до тесной, поскольку коэффициент корреляции варьировал в пределах 0,5-0,7. В 2022 г. произошло еще большее снижение корреляционной связи между рассматриваемыми индикаторами, в результате чего она стала характеризоваться как умеренная. Это может быть обусловлено более динамичным снижением численности населения в 2022 г. на фоне активизации миграционных процессов, поскольку темпы естественной убыли несколько снизились в сравнении с уровнем предыдущих пандемических лет.

Выводы и рекомендации. По результатам проведенного корреляционно-регрессионного анализа выдвинутая гипотеза нашла свое подтверждение, в результате чего можно утверждать, что уровень экономического развития и изменение общего экономического положения в регионах России приводят к дальнейшей деградации социальной сферы, выраженной в сокращении демографического потенциала. Оценка данных в разрезе регионов ЦФО показала, что изменение размера подушевого ВРП в более значительной степени оказывает влияние на уровень естественной убыли, чем на общие темпы сокращения численности населения. Это связано с тем фактом, что в регионах данного округа миграционные процессы заметно нивелируют негативное влияние естественных демографических процессов. При этом необходимо отметить тот факт, что в динамике происходит снижение тесноты корреляционной связи между рассматриваемыми показателями.

Это позволяет делать вывод о том, что сам по себе фактор экономического развития территории все менее значимо влияет на демогра-

фическую ситуацию, что, по нашему мнению, обусловлено ростом социальной напряженности в обществе на фоне обострившихся внешнеполитических конфликтов. Поэтому, мы полагаем, что решение сложившейся демографической ситуации в актуальных условиях исключительно социально-экономическими механизмами, направленными на стимулирование рождаемости, не принесет ожидаемого эффекта, поскольку психологический фактор также играет важную роль. Вместе с тем, мы считаем, что немаловажным аспектом улучшения демографической обстановки в стране является качественное изменение состояния системы здравоохранения с учетом опыта и ошибок пандемии.

Список источников

1. Белькевич А.М., Назимова Е.В. Демографические процессы в России: современная ситуация и прогнозирование // Молодежный вестник ИРГТУ. 2021. Т. 11. № 1. С. 200-207. EDN: BRQTRZ
2. Симагин Ю.А. Результаты исследований демографических проблем России в XXI веке // Народонаселение. 2021. Т. 24. № 4. С. 4-22. doi: 10.19181/population.2021.24.4.1. EDN: GQUDHJ
3. Реутов В.П. Демографическая ситуация в России: как нам снизить смертность населения от внутренних и внешних факторов? Социальные и экономические аспекты этой проблемы // Евразийское научное объединение. 2019. № 12-6 (58). С. 453-464. doi: 10.5281/zenodo.3607569. EDN: ORKZUX
4. Prusova, I.S., Gulevich, O.A. (2020). The effect of mortality salience on the attitudes toward state control: The case of Russia. *Int. J Psychol.*, 55: 305-314. doi: 10.1002/ijop.12571. EDN: SIPSDR
5. Карасельникова М.В. Эконометрический анализ влияния социально-экономических факторов на уровень рождаемости в РФ // Хроноэкономика. 2019. № 2 (15). С. 89-94. EDN: ZCXALZ
6. Рысь В.И. Демографическая ситуация современной России в разрезе социальной политики // Маркетинг MBA. Маркетинговое управление предприятием. 2022. Т. 13. № 3. С. 99-110. EDN: DQLXHC
7. Соловьева Т.Н., Зюкин Д.А. Бедность населения как препятствие развития агропродовольственного производства в России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 3 (381). С. 19-22. EDN: NVKPHJ
8. Lukyanets, A., Okhrimenko, I., Egorova, M. (2021). Population aging and its impact on the country's economy. *Social Science Quarterly*, 102: 722-736. doi: 10.1111/ssqu.12936



9. Владимиров Н.А. Оценка влияния развития сельских территорий на агропромышленный комплекс Российской Федерации // Статистика и экономика. 2023. Т. 20. № 3. С. 35-45. doi: 10.21686/2500-3925-2023-3-35-45. EDN: XZBOJD

10. Павлова Н.Ф., Габеева Л.А. Демографическая ситуация и организация медицинской помощи в субъектах со значительной долей сельского населения // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2019. № 3. С. 96-103. EDN: DKLGNX

11. Петрушина О.В., Сергеева Н.М., Власова О.В., Зюкин Д.А. Влияние урбанизации на социально-экономическое развитие региона // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 3 (393). С. 251-254. doi: 10.55186/25876740_2023_66_3_251. EDN: MMZDWU

12. Zyukin, D.A., Bystritskaya, A.Yu., Golovin, A.A., Vlasova, O.V. (2020). The share of health care spending in the structure of GDP as a criterion for the healthcare system effectiveness. *Revista de la Universidad del Zulia*, vol. 11, no. 30, pp. 352-363. doi: 10.46925/rdluz.30.22. EDN: TYJNRY

13. Козлова О.А., Левина Е.И. Роль социально-экономических факторов в формировании демографических процессов: эволюция теоретических концепций // Журнал экономической теории. 2019. Т. 16. № 1. С. 144-153. doi: 10.31063/2073-6517/2019.16-1.13. EDN: DHZGMO

14. Slobodskaya, H.R., Safronova, M.V., Kharchenko, I.I., and other (2023). Russian adolescent mental health in 2002, 2015 and during the COVID-19 pandemic in 2021. *Child Adolesc Ment Health*, 28: 158-166. doi: 10.1111/camh.12591. EDN: EWYHKK

15. Wildeman, J., Schrijner, S., Smits, J. (2023). Fertility rates and social media usage in sub-Saharan Africa. *Population, Space and Place*, 29, e2635. doi: 10.1002/psp.2635. EDN: QOXAAG

16. Басовский Л.Е., Басовская Е.Н. О социально-экономических факторах демографических процессов в регионах современной России: рождаемость // Научные исследования и разработки. Экономика. 2023. Т. 11. № 6. С. 27-30. doi: 10.12737/2587-9111-2023-11-6-27-30. EDN: HFBRDI

17. Короленко А.В. Факторы демографического развития России: опыт исследования панельных данных // Проблемы развития территории. 2019. № 5 (103). С. 170-188. doi: 10.15838/ptd.2019.5.103.11. EDN: LCZQBP

18. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2022: статистический сборник / Росстат. М., 2022. 1122 с.

References:

1. Bel'kevich, A.M., Nazimova, E.V. (2021). Demographic processes in Russia: the experience of demographic processes in Russia: the

current situation and forecasting]. *Molodezhnyi vestnik IrGTU* [Young Researchers Journal of ISTU], vol. 11, no. 1. pp. 200-207. EDN: BRQTRZ

2. Simagin, Yu.A. (2021). Rezul'taty issledovaniy demograficheskikh problem Rossii v XXI veke [The results of research on demographic problems of Russia in the XXI century]. *Narodonaselenie* [Population], vol. 24, no. 4, pp. 4-22. doi: 10.19181/population.2021.24.4.1. EDN: GQUUDHJ

3. Reutov, V.P. (2019). Demograficheskaya situatsiya v Rossii: kak nam snizit' smernost' naseleniya ot vnutrennikh i vneshnikh faktorov? Sotsial'nye i ehkonomicheskie aspekty etoi problemy [The demographic situation in Russia: how can we reduce the mortality of the population from internal and external factors? Social and economic aspects of this problem]. *Evrasiiskoe nauchnoe ob'edinenie* [Eurasian scientific association], no. 12-6 (58), pp. 453-464. doi: 10.5281/zenodo.3607569. EDN: ORKZUX

4. Prusova, I.S., Gulevich, O.A. (2020). The effect of mortality salience on the attitudes toward state control: The case of Russia. *Int. J. Psychol.*, 55: 305-314. doi: 10.1002/ijop.12571. EDN: SIPSDR

5. Karaselnikova, M.V. (2019). Ehkonometricheskii analiz vliyaniya sotsial'no- ehkonomicheskikh faktorov na uroven' rozhdemosti v RF [Econometric analysis of the influence of socio-economic factors on the birth rate in the Russian Federation]. *Khronoekonomika* [Chronoeconomics], no. 2 (15), pp. 89-94. EDN: ZCXALZ

6. Rys', V.I. (2022). Demograficheskaya situatsiya sovremennoi Rossii v razreze sotsial'noi politiki [The demographic situation of modern Russia in the context of social policy]. *Marketing MBA. Marketingovoe upravlenie predpriyatiem* [Marketing MBA. Marketing management firms], vol. 13, no. 3, pp. 99-110. EDN: DQLXHC

7. Solov'eva, T.N., Zyukin, D.A. (2021). Bednost' naseleniya kak prepyatstvie razvitiya agroproduktstvennogo proizvodstva v Rossii [Poverty of the population as an obstacle to the development of agri-food production in Russia]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 3 (381), pp. 19-22. EDN: NVKPHJ

8. Lukyanets, A., Okhrimenko, I., Egorova, M. (2021). Population aging and its impact on the country's economy. *Social Science Quarterly*, 102: 722-736. doi: 10.1111/ssqu.12936

9. Vladimirov, N.A. (2023). Otsenka vliyaniya razvitiya sel'skikh territorii na agropromyslennyi kompleks Rossiiskoi Federatsii [Assessment of the impact of rural development on the agro-industrial complex of the Russian Federation]. *Statistika i ehkonomika* [Statistics and economics], vol. 20, no. 3, pp. 35-45. doi: 10.21686/2500-3925-2023-3-35-45. EDN: XZBOJD

10. Pavlova, N.F., Gabueva, L.A. (2019). Demograficheskaya situatsiya i organizatsiya meditsinskoi pomoshchi

v sub'ekтах so znachitel'noi dolei sel'skogo naseleniya [Demographic situation and organization of medical care in subjects with a significant proportion of rural population]. *RISK: Resursy, Informatsiya, Snabzhenie, Konkurentsia* [RISK: Resources, Information, Supply, Competition], no. 3, pp. 96-103. EDN: DKLGNX

11. Petrushina, O.V., Sergeeva, N.M., Vlasova, O.V., Zyukin, D.A. (2023). Vliyaniye urbanizatsii na sotsial'no-ehkonomicheskoe razvitiye regiona [The impact of urbanization on the socio-economic development of the region]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 3 (393), pp. 251-254. doi: 10.55186/25876740_2023_66_3_251. EDN: MMZDWU

12. Zyukin, D.A., Bystritskaya, A.Yu., Golovin, A.A., Vlasova, O.V. (2020). The share of health care spending in the structure of GDP as a criterion for the healthcare system effectiveness. *Revista de la Universidad del Zulia*, vol. 11, no. 30, pp. 352-363. doi: 10.46925/rdluz.30.22. EDN: TYJNRY

13. Kozlova, O.A., Levina, E.I. (2019). Rol' sotsial'no-ehkonomicheskikh faktorov v formirovaniye demograficheskikh protsessov: ehvolyutsiya teoreticheskikh kontseptsii [The role of socio-economic factors in the formation of demographic processes: the evolution of theoretical concept]. *Zhurnal ehkonomicheskoi teorii*, vol. 16, no. 1, pp. 144-153. doi: 10.31063/2073-6517/2019.16-1.13. EDN: DHZGMO

14. Slobodskaya, H.R., Safronova, M.V., Kharchenko, I.I., and other (2023). Russian adolescent mental health in 2002, 2015 and during the COVID-19 pandemic in 2021. *Child Adolesc Ment Health*, 28: 158-166. doi: 10.1111/camh.12591. EDN: EWYHKK

15. Wildeman, J., Schrijner, S., Smits, J. (2023). Fertility rates and social media usage in sub-Saharan Africa. *Population, Space and Place*, 29, e2635. doi: 10.1002/psp.2635. EDN: QOXAAG

16. Basovskii, L.E., Basovskaya, E.N. (2023). O sotsial'no-ehkonomicheskikh faktorakh demograficheskikh protsessov v regionakh sovremennoi Rossii: rozhdemost' [On socio-economic factors of demographic processes in the regions of modern Russia: fertility]. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki. Ehkonomika* [Scientific research and development. Economics], vol. 11, no. 6, pp. 27-30. doi: 10.12737/2587-9111-2023-11-6-27-30. EDN: HFBRDI

17. Korolenko, A.V. (2019). Faktory demograficheskogo razvitiya Rossii: opyt issledovaniya panel'nykh daniykh [Factors of demographic development in Russia: the experience of panel data research]. *Problemy razvitiya territorii* [Problems of territory's development], no. 5 (103), pp. 170-188. doi: 10.15838/ptd.2019.5.103.11. EDN: LCZQBP

18. Rosstat (2022). *Regiony Rossii. Sotsial'no-ehkonomicheskie pokazateli. 2022: statisticheskii sbornik* [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2022: statistical collection]. Moscow, 1122 p.

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>, SPIN-код: 1980-8503, nightingale46@rambler.ru

Сергеева Наталия Митрофановна, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры экономики и менеджмента, Курский государственный медицинский университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8281-7035>, SPIN-код: 2472-6269, sergeevamedical@yandex.ru

Беляев Сергей Александрович, кандидат исторических наук, доцент кафедры экономики и менеджмента, Курский государственный медицинский университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8685-5995>, SPIN-код: 6781-7835, serg-belyaev13@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>, SPIN-код: 7705-7078, yakovlevnikolay@yandex.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>, SPIN-code: 1980-8503, nightingale46@rambler.ru

Natalia M. Sergeeva, candidate of pharmaceutical sciences, associate professor of the department of economics and management, Kursk State Medical University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8281-7035>, SPIN-code: 2472-6269, sergeevamedical@yandex.ru

Sergei A. Belyaev, candidate of historical sciences, associate professor of the department of economics and management, Kursk State Medical University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8685-5995>, SPIN-code: 6781-7835, serg-belyaev13@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>, SPIN-code: 7705-7078, yakovlevnikolay@yandex.ru





Научная статья

УДК 631.51:633.15

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_604

АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL (НА ПРИМЕРЕ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Д.В. Ларин, В.В. Голубев

Тверская государственная сельскохозяйственная академия, Тверь, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по применению нулевой обработки почвы (No-till) в почвенно-климатических условиях Шемьшейского и Лунинского районов Пензенской области. Согласно современным воззрениям, под No-till понимают современную систему земледелия, исключающую любую обработку почвы под сельскохозяйственные культуры в течение не менее 4 лет, при этом посев производится в необработанную почву с наличием на ее поверхности растительных остатков. Цель исследования заключалась в расчете экономической эффективности технологии No-till при выращивании сельскохозяйственных культур. Объектами исследования выступали 3 сельскохозяйственные культуры (подсолнечник, лен, озимая пшеница). В ходе исследования проводилась оценка экономической эффективности использования нулевой обработки под подсолнечник, озимую пшеницу и лен, высеваемых на черноземе выщелоченном средней степени смыва, по сравнению с классической системой обработки почвы. Расчет экономической эффективности возделывания подсолнечника, льна и озимой пшеницы осуществлялся на основании технологических карт и по результатам исследований за 2021-2023 гг. При расчете экономической эффективности выделены прямые затраты: семенной материал, топливо, зарплата, пестициды (гербициды, фунгициды, инсектициды) и удобрения. Отражены достоинства и недостатки No-till. В результате применения No-till улучшается эффективность производственных процессов, снижается зависимость от сезонного колебания стоимости топлива. Однако при использовании нулевой технологии обработки почвы требуется адаптация сельскохозяйственной техники к уровню влажности почвы сельскохозяйственных угодий. Один из простых и эффективных способов адаптировать агрегаты сельскохозяйственной техники к влажным почвенным условиям заключается в замене дисковых органов посевных агрегатов на анкерные. При этом наиболее обоснованным и классическим подходом при переходе на нулевую обработку почвы является использование дисковых посевных агрегатов. В ходе проводимых исследований авторами совместно с коллегами разработана и запатентована форма самоочищающегося диска посевного агрегата.

Ключевые слова: No-till технология, классическая обработка почвы, достоинства и недостатки использования технологии No-till, подсолнечник, лен, озимая пшеница, экономическая эффективность

Original article

ASPECTS OF IMPLEMENTATION OF MODERN NO-TILL TECHNOLOGY (ON THE EXAMPLE OF PENZA REGION)

D.V. Larin, V.V. Golubev

Tver State Agricultural Academy, Tver, Russia

Abstract. The article presents the results of research on the application of zero tillage (No-till) in soil and climatic conditions of Shemyshesky and Luninsky districts of Penza region. According to modern views, No-till is understood as a modern farming system that excludes any tillage for crops for at least four years, with sowing in untilled soil with the presence of plant residues on its surface. The aim of the study was to calculate the economic efficiency of No-till technology in growing crops. Three crops (sunflower, flax, winter wheat) were the objects of the study. In the course of the study the economic efficiency of no-till technology was evaluated for sunflower, winter wheat and flax sown on medium leached chernozem with medium degree of washout in comparison with the classical tillage system. Calculation of economic efficiency of sunflower, flax and winter wheat cultivation was carried out on the basis of technological maps and according to the results of research for 2021-2023. When calculating economic efficiency, direct costs are allocated: seed, fuel, wages, pesticides (herbicides, fungicides, insecticides) and fertilizers. The advantages and disadvantages of No-till are reflected. As a result of No-till application the efficiency of production processes is improved, dependence on seasonal fluctuation of fuel costs is reduced. However, the use of no-till tillage technology requires adaptation of agricultural machinery to the level of soil moisture of farmland. One of the simple and effective ways to adapt agricultural machinery aggregates to wet soil conditions is to replace the disk organs of sowing aggregates with anchor ones. In this case, the most reasonable and classical approach in the transition to zero tillage is the use of disk seeding aggregates. In the course of the ongoing research the author together with colleagues has developed and patented the form of self-cleaning disk of seeding aggregate.

Keywords: No-till technology, classical tillage, advantages and disadvantages of using No-till technology, sunflower, flax, winter wheat, economic efficiency

Введение. В последнее время увеличивается количество растениеводческих хозяйств, которые при возделывании сельскохозяйственных культур применяют энергосберегающие технологии, среди них возрастает интерес к нулевой обработке почвы, известной под названием No-till [1]. Данная технология представляет собой современную систему земледелия без обработки почвы, с покрытием ее поверхности мелко измельченными растительными остатками [2]. При использовании No-till поверхностный слой почвы не подвергается рыхлению, следовательно, она защищена от различных видов эрозии почвы, а именно водной и ветровой, при этом мульча на поверхности почвы способствует значительному сохранению влаги [3].

Известно, что No-till применяют при возделывании культур в засушливых климатических условиях, на сельскохозяйственных угодьях, расположенных на склонах, а также в хозяйствах, в которых класси-

ческая обработка почвы с изменением поверхностного слоя невозможна или запрещена [4].

При внедрении в производственный процесс нулевой обработки почвы проводят дифференциацию сельскохозяйственных угодий, основанную на почвенно-климатических условиях, а также на возможностях хозяйства и его материально-технической базы [5].

Несмотря на то, что в литературе [6-8] встречаются сведения о снижении урожайности сельскохозяйственных культур при использовании нулевой обработки почвы по сравнению с классическим способом обработки, технология No-till экономически эффективна, так как требует значительно меньше затрат рабочей силы и горюче-смазочных средств.

При переходе к использованию системы нулевой обработки почвы необходимо в течение одной ротации в севообороте (не менее 4 лет) выполнять агротехнологические мероприятия.

Во-первых, выполняют рыхление почвы чизелями или глубокорыхлителями, так как в результате многолетних вспашек глубокие слои почвы (30-40 см) образуют плотные слои. Во-вторых, вслед за рыхлением выполняют выравнивание поверхности почвы при помощи культиваторов, которые оборудованы специализированными агрегатами для выравнивания, при этом в отдельных хозяйствах применяют трубы, разрезанные пополам с диаметром 60-80 см. В-третьих, выполняют укрытие поверхности почвы при помощи растительных пожнивных остатков, это основная задача сохранить влагу в поверхностном слое почвы и защитить от водной эрозии, а также борьба с сорной растительностью на сельскохозяйственных угодьях. После выполнения подготовленных мероприятий перехода к применению технологии No-till приобретают специализированную технику, которая позволяет одновременно с посевом проводить



обработку зоны ряда, а остальная часть сельскохозяйственной остается нетронутой и покрыта пожнивными растительными остатками [9].

Выполненный обзор литературы позволяет выделить основные базовые принципы использования нулевой обработки почвы, которые представлены в виде схемы на рисунке 1.

Следовательно, основная цель нулевой технологии обработки почвы заключается в сохранении и поддержании природной экосистемы, что является результатом накопительного действия. Мульча, сформированная растительными пожнивными остатками, перегнивает естественным способом и снабжает почву необходимым количеством микроорганизмов, что способствует повышению уровня переработки органических и минеральных удобрений и транспортировки органического вещества в почву, соответственно формируется гумус, являющийся базовым плодородным слоем, отвечающим за высокую урожайность сельскохозяйственных культур [10].

Достаточное количество органического вещества в почве способствует сохранению на длительный промежуток времени требуемого уровня влажности даже в засушливых климатических условиях. При этом растительные пожневные остатки поддерживают оптимальный температурный режим, который предотвращает перегрев почвы и испарение осадков, а также защищает гумусовые вещества от воздействия водной и ветровой эрозии. В течение зимнего периода пожневные корневые остатки способствуют задержанию снега на полях, что обеспечивает максимальное увлажнение [11].

Применение No-till направлено на снижение финансовых затрат на приобретение и обслуживание сельскохозяйственных агрегатов. Так, например, нет необходимости закупки и обслуживания плугов, культиваторов, борон, содержания тяговой техники — тракторов и другой тяжелой сельскохозяйственной техники, снижается количество и необходимость в высококвалифицированном персонале до оператора, и соответственно снижаются расходы на топливо и горюче-смазочные материалы.

В результате применения нулевой обработки почвы увеличивается прибыльность: несмотря на ожидаемое снижение урожайности при No-till, получается обратный положительный экономический эффект за счет снижения прямых операционных затрат на обработку земли, содержание и обслуживание техники, транспортировку техники и полученного урожая. А также плюсом использования технологии No-till является то, что для проведения посевных и уборочных работ по году необходим значительно меньший финансовый ресурс, что высвобождает капитал и снижает как порог входа в посевной год, так и нагрузку на обслуживание финансовых инструментов [12].

Как и у любой обработки почвы, у технологии No-till имеются и недостатки, которые сводятся к следующему. В результате адаптации технологии No-till требуются изменения в классических способах ведения сельского хозяйства, и фермерам потребуется время, чтобы адаптироваться к новым методам и переходу на другой тип оборудования. При нулевой технологии обработки почвы может возникнуть проблема с управлением видового состава сорных растений, так как отсутствие оборота почвы при обработке способствует распространению определенных видов сорняков. В некоторых случаях No-till может потребовать увеличенного использования химических средств, таких как гербициды, фунгициды и инсектициды для контроля сорных

растений и болезней. И необходимо отметить, что эффективность технологии No-till может варьироваться в зависимости от конкретных условий почвы, климата и культуры [13].

С учетом вышесказанного, необходимо отметить актуальность определения эффективности использования технологии No-till при возделывании отдельных сельскохозяйственных культур для почвенно-климатических условий конкретного региона.

Цель исследования заключалась в расчете экономической эффективности технологии No-till при выращивании сельскохозяйственных культур.

Объектами исследования выступали 3 сельскохозяйственные культуры (подсолнечник, лен, озимая пшеница).

Методология и методы исследования. Методология исследований основана на изучение научной литературы отечественных и зарубежных авторов. Методы исследований: математическая обработка результатов исследований методами статистического анализа, эмпирически-полевые опыты и табличное отображение полученных результатов.

Экспериментальная база. Исследования по определению эффективности технологии No-till

проводились в течение трех лет (2021-2023 гг.) на территории двух районов Пензенской области: Шемышейский район (село Сенодское) и Лунинский район (село Большой Вьяс). Объем посевных площадей в изучаемых районах составляет 700 га в Шемышейском районе и 600 га в Лунинском районе. На рисунке 2 представлена карта Пензенской области с выделением изучаемых районов.

Исследование проводилось на черноземе выщелоченном среднесмытом, со средним баллом бонитета 65, что означает среднее качество почвенного покрова. В рамках исследования выращивались такие сельскохозяйственные культуры: лен, озимая пшеница и подсолнечник. Экономическую оценку эффективности применения технологии No-till определяли на основе технологических карт выращивания подсолнечника, льна, озимой пшеницы, при этом учитывали прямые затраты: семенной материал, топливо, заработная плата сотрудников, пестициды (гербициды, фунгициды, инсектициды) и удобрения.

Результаты и обсуждение. Так как эффективность использования технологии No-till зависит от почвенно-климатических условий, необходимо кратко остановиться на данном вопросе. Пензенская область расположена в умеренно-континентальных климатических условиях.

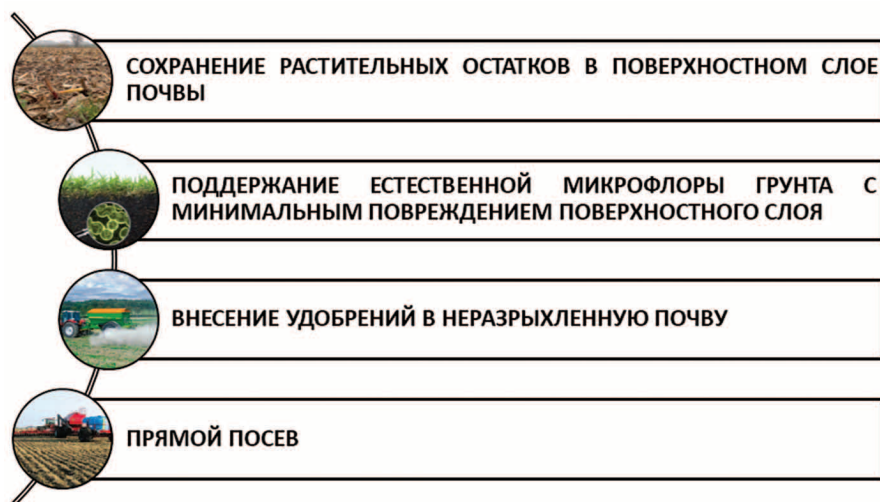


Рисунок 1. Базовые принципы системы No-till
Figure 1. Basic principles of the No-till system



Рисунок 2. Карта Пензенской области с выделением изучаемых районов
Figure 2. Map of the Penza Oblast with delineation of the studied districts



Таблица 1. Эффективность No-till на подсолнечнике по сравнению с классической обработкой почвы
Table 1. Effectiveness of No-till on sunflower compared to classical tillage

Показатели	Классическая обработка почвы	No-till
Пашня Предпосевная культивация и боронование почвы	Топливо — 40 л/га 40×55=2200 руб./га Запчасти=4200 руб./га Заработная плата — 500 руб./га	Не требуется
Посевной материал (собственный)	Подсолнечник 6000 руб./га	Подсолнечник 6000 руб./га
Удобрения	Не вносились	Не вносились
Посевные работы	Топливо — 5 л/га 5×55=275 руб./га Заработная плата — 250 руб./га	Топливо 5л/га 8×55=440 руб./га Заработная плата — 250 руб./га
Обработка пестицидами	3200 руб./га	3200 руб./га
Уборочные работы	Топливо — 15 л/га 15×55=825 руб./га Заработная плата — 450 руб./га	Топливо — 15 л/га 15×55=825 руб./га Заработная плата — 450 руб./га
Урожайность	Подсолнечник 18 ц/га	Подсолнечник 15 ц/га
Выручка с 1 га	32400	27000
Затраты на 1 га	17075	11165
Прибыль с 1 га	15325	15835

На основе данных [14] проведен анализ погодных условий, характерных для вегетационного периода Пензенской области. Так, лето в Пензенской области довольно теплое и солнечное. Средняя температура воздуха характеризуется диапазоном +20-25°C. Однако иногда дневные температуры могут достигать +30°C и более. Лето сопровождается интенсивными дождями и грозами, что делает его достаточно влажным и увлажняет почву для сельского хозяйства.

Зима в Пензенской области обычно холодная и малоснежная. Средняя температура воздуха в зимние месяцы составляет около -10°C. Однако морозы могут достигать и -30°C. В это время суток солнце редко показывается, и преобладают пасмурные дни. Так как зимы малоснежные, на сельхозугодьях принято делать снегозадержания с целью сохранения влаги.

Весна и осень в Пензенской области отличаются переменчивым характером погоды. Температурный режим характеризуется диапазоном

+5-15°C, и в это время года могут быть как солнечные дни, так и дождливые. Если весна характеризуется постепенным ростом температур и возвращением зелени, то осень является временем падения листьев и понижения температур [15].

Районы, в которых проводилось исследование, удалены друг от друга на 103 км. Шемышейский район находится в центральной части Пензенской области, к юго-востоку от города Пензы. Площадь района –158675 га, в том числе земли сельскохозяйственного назначения — 93305 га, водного фонда — 5639 га, лесного фонда — 47257 га. Луинский район расположен на севере Пензенской области. Площадь района составляет 170460 га, в том числе под сельхозугодьями — 100450 га, из них пашни — 77500 га, водного фонда — 0,05 га, лесного фонда — 0,0016 га.

Земли Пензенской области Шемышейского и Луинского районов относятся к чернозему выщелоченному среднесмытого типа с средним баллом бонитета сельскохозяйственных

угодий 65. Это означает, что остаточная влага в почве достаточная.

В ходе исследования применялись анкерные сеялки по причине влажных почв, что не свойственно технологии No-till. Удобрения не вносились для исключения искажений результатов, так как при классической обработке почвы идет миграция удобрений в нижние слои почвы, а при No-till удобрения концентрируются на поверхности. Это существенно влияет на биодоступность удобрений. В таблице 1 представлены результаты оценки эффективности использования технологии No-till по сравнению с классической обработкой для подсолнечника.

Из данных, представленных в таблице 1, видно, что финансовые затраты на вспашку при использовании No-till не требуются, а при классической обработке почвы затраты составят 2200 руб./га, для приобретения запчастей для сельскохозяйственной техники требуется 4200 руб./га и, соответственно, в финансовый план необходимо заложить сумму в размере 500 руб./га в качестве заработной платы для работников хозяйства. Затраты на посевной материал составляет одинаковую сумму. Для получения достоверных результатов в ходе исследования удобрения не вносились. Затраты на посевные работы и обработку пестицидами посевов подсолнечника и уборку одинаковые. Урожайность подсолнечника при использовании нулевой технологии обработки ниже на 3 ц/га по сравнению с классической системой обработки. Несмотря на то, что выручка с 1 га при классической системе обработки почвы была выше в 1,2 раза по сравнению с No-till, уровень затрат при нулевой обработке ниже в 1,5 раза по сравнению с классической обработкой и, следовательно, прибыль с 1 га на 510 руб. или на 3,2% выше по сравнению со вспашкой.

В таблице 2 представлены расчетные данные об эффективности использования технологии No-till при возделывании льна в условиях Пензенской области.

Из данных, представленных в таблице 2, видно, что агротехнологические мероприятия для выращивания льна в Пензенской области

Таблица 2. Эффективность No-till на льне по сравнению с классической обработкой почвы
Table 2. Effectiveness of No-till on flax compared to classical tillage

Показатели	Классическая обработка почвы	No-till
Дискование стерни Предпосевная культивация и боронование почвы	Топливо — 30 л/га 30×55=1650 руб./га Запчасти=2000 руб./га Заработная плата 500 руб./га	Не требуется
Посевной материал (собственный)	Лен 1260 руб./га	Лен 1260 руб./га
Удобрения	Не вносились	Не вносились
Посевные работы	Топливо=5 л/га 5×55=275 руб./га Заработная плата 450 руб./га	Топливо=5 л/га 5×55=275 руб./га Заработная плата 450 руб./га
Обработка химическими препаратами	1500 руб./га	1500 руб./га
Уборочные работы	Топливо — 15 л/га 15×55=825 руб./га Заработная плата 450 руб./га	Топливо — 15 л/га 15×55=825 руб./га Заработная плата 450 руб./га
Урожайность	Лен 11,2 ц/га	Лен 9 ц/га
Выручка с 1 га	23520	18900
Затраты на 1 га	8610	4725
Прибыль с 1 га	14910	14175

Таблица 3. Эффективность No-till на озимой пшенице по сравнению с классической обработкой почвы
Table 3. Effectiveness of No-till on winter wheat compared to classical tillage

Показатели	Классическая обработка почвы	No-Till
Дискование стерни Предпосевная культивация и боронование почвы	Топливо — 50 л/га 50×55=2750 руб./га Запчасти=2000 руб./га Заработная плата 400 руб./га	Не требуется
Посевной материал (собственный)	Озимая пшеница 1320 руб./га	Озимая пшеница 1320 руб./га
Удобрения	Не вносились	Не вносились
Посевные работы	Топливо — 5 л/га 5×55=275 руб./га Заработная плата 150 руб./га	Топливо — 5 л/га 5×55=275 руб./га Заработная плата 150 руб./га
Обработка химическими препаратами	2300 руб./га	2300 руб./га
Уборочные работы	Топливо — 15 л/га 15×55=825 руб./га Заработная плата 450 руб./га	Топливо — 15 л/га 15×55=825 руб./га Заработная плата 450 руб./га
Урожайность	Озимая пшеница 56 ц/га	Озимая пшеница 47 ц/га
Выручка с 1 га	33600	28200
Затраты на 1 га	10470	5320
Прибыль с 1 га	23130	22880



при двух способах обработки почвы одинаковые за исключением предпосевной подготовки сельскохозяйственных угодий к посеву. При классической обработке почвы расходы складываются из приобретения горюче-смазочные материалы в объеме 30 л/га, с учетом стоимости требуется 1650 руб./га, на приобретение запчастей — 2000 руб./га. При использовании технологии No-till финансовые затраты по данной статье отсутствуют. Затраты на посевной материал составляет одинаковую сумму. Для получения достоверных результатов в ходе исследования удобрения не вносились. Затраты на посевные работы и обработку пестицидами посевов льна и уборку одинаковые. Урожайность льна при использовании нулевой технологии обработки ниже на 2,2 ц/га по сравнению с классической системой обработки. Несмотря на то, что выручка с 1 га при классической системе обработки почвы была выше в 1,2 раза по сравнению с No-till, уровень затрат при нулевой обработке ниже в 1,8 раза по сравнению с классической обработкой и, следовательно, прибыль с 1 га на 735 руб. или на 4,9% выше при использовании классической обработки почвы.

В таблице 3 представлены расчетные данные об эффективности использования технологии No-till при возделывании озимой пшеницы в условиях Пензенской области.

Данные таблицы 3 в целом подтверждают ранее представленные результаты, а именно, при возделывании озимой пшеницы по нулевой технологии обработки почвы не требуются финансовые затраты на предпосевную подготовку почвы. Затраты на посевной материал составляют одинаковую сумму. Для получения достоверных результатов в ходе исследования удобрения не вносились. Затраты на посевные работы и обработку пестицидами посевов озимой пшеницы и уборку одинаковые.

Урожайность озимой пшеницы при использовании нулевой технологии обработки ниже на 9 ц/га по сравнению с классической системой обработки. Выручка с 1 га при классической системе обработки почвы выше в 1,2 раза по сравнению с No-till. Уровень затрат при нулевой обработке ниже в 2,0 раза по сравнению с классической обработкой, и прибыль с 1 га при нулевой обработке почвы на 250 руб. или на 1,1% ниже при использовании классической обработки почвы. Соответственно для возделывания озимой пшеницы в условиях Пензенской области технология No-till не подходит.

Область применения результатов — земледелие; районы применения — сельскохозяйственные предприятия различных форм собственности, располагающиеся на территории Центра Европейской части России, в том числе Приволжского федерального округа при возделывании масличных и зерновых культур.

Выводы. Проведенное в течение 2021–2023 гг. исследование показало, что технология No-till (нулевая обработка почвы) помогает улучшить эффективность производственных процессов, снизить зависимость от сезонного колебания уровня цен на топливо. Но требует

адаптации оборудования с учетом уровня влажности почв. В ходе проведенных исследований удалось наиболее простым и эффективным способом адаптировать агрегаты для No-till в условиях влажных почв, заменив дисковые органы посевных агрегатов на анкерные. Однако традиционным и более обоснованным подходом при посевных работах по технологии No-till является использование дисковых посевных агрегатов. В связи с чем, авторы, совместно с коллегами, разработали и запатентовали форму самоочищающегося диска посевного агрегата.

Список источников

1. Чекаев Н.П., Кузнецов А.Ю. Технология No-till — путь к реальным результатам // Продовольственная политика и безопасность. 2015. № 1. С. 7–18.
2. Yasnolob, I.O., Chayka, T.O., Gorb, O.O. et al. (2019). Using resource and energy-saving technologies in agricultural production as a direction of raising energy efficiency of rural territories. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 1, pp. 244–250.
3. Смирнов С.А. Система обработки земли по технологии No-Till // Academy. 2017. № 4 (19). С. 33–34.
4. Pismennaya, E., Azarova, M.Yu., Stukalo, V.A. et al. (2020). Influence of technology without tillage on indicators of soil fertility in arid conditions of the South of Russia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, no. 9, 548(2):022020.
5. Кокунова И.В., Котов Е.Г. Технология No-till — важнейшее направление ресурсосбережения в растениеводстве // Инновационная наука. 2017. № 2-2. С. 39–41.
6. Колесников А.С. Влияние приемов основной обработки на плодородие агроценоза Красноярской лесостепи и продуктивность зернопарового севооборота: дис. ... кандидата с.-х. наук: 06.01.01. Красноярск: ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2022. 172 с.
7. Теоретические основы формирования агро-технологической политики применения нулевых и поверхностных обработок почвы под зерновые культуры для модернизации земледелия. Курс: ГНУ ВНИИЗиЗП РАСХН, 2012. 81 с.
8. Найденов А.С., Бардак Н.И., Терехова С.С. и др. Минимализация обработки почвы и ее влияние на агрофизические показатели чернозема выщелоченного и урожайность полевых культур // Научный журнал КубГАУ. 2018. № 140 (06). С. 112–122.
9. Ленточкин А.М., Ширококов П.Е., Ленточкина Л.А. Нулевая, минимальная или отвальная обработка почвы // Земледелие. 2016. № 3. С. 9–13.
10. Singh, R.K., Singh, A.K., Singh, J.B. et al. (2012). Success of Zero-Tillage Technology: A Case of Knowledge Management for Sustainable Agriculture. *Indian Research Journal of Extension Education*, no. 1, pp. 12(1):110–115.
11. Бакиров Ф.Г., Петрова Г.В. Эффективность технологии No-till на черноземах южных Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1. С. 23–26.
12. Лютых О. No-Till: мифы, опыт и наука // АгроФорум. 2020. № 2. С. 22–31.
13. Дубовик Д.В., Лазарев В.И., Айдиев А.Я. и др. Эффективность различных способов основной обработки почвы и прямого посева при возделывании озимой пшеницы на черноземных почвах // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 12. С. 26–29. doi: 10.24411/0235-2451-2019-11205
14. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Пензенской области в 2022 году». Пенза, 2023. 150 с.
15. Ломов С.П. Почвенный покров Пензенской области, его характеристика и мелиоративная оценка: учебное пособие. Пенза: ПГУАС, 2014. 92 с.

References

1. Chekaev, N.P., Kuznetsov, A.Yu. (2015). Tekhnologiya No-till — put' k real'nym rezul'tatam [No-till technology — the way to real results]. *Prodovol'stvennaya politika i bezopasnost'* [Food policy and security], no. 1, pp. 7–18.
2. Yasnolob, I.O., Chayka, T.O., Gorb, O.O. et al. (2019). Using resource and energy-saving technologies in agricultural production as a direction of raising energy efficiency of rural territories. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 1, pp. 244–250.
3. Smirnov, S.A. (2017). Sistema obrabotki zemli po tekhnologii No-Till [No-Till tillage system]. *Academy*, no. 4 (19), pp. 33–34.
4. Pismennaya, E., Azarova, M.Yu., Stukalo, V.A. et al. (2020). Influence of technology without tillage on indicators of soil fertility in arid conditions of the South of Russia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, no. 9, 548(2):022020.
5. Kokunova, I.V., Kотов, E.G. (2017). Tekhnologiya No-till — vazhnishee napravlenie resursosberezheniya v rastenievodstve [No-till technology — the most important direction of resource saving in crop production]. *Innovatsionnaya nauka* [Innovative science], no. 2-2, pp. 39–41.
6. Kolesnikov, A.S. (2022). Vliyaniye priemov osnovnoy obrabotki na plodorodie agrochernozeма Krasnoyarskoy lesostepi i produktivnost' zemel'noy sevooboroty [Influence of main tillage practices on fertility of agrochernozeма of Krasnoyarsk forest-steppe and productivity of grain and fallow crop rotation]. Cand. agricultural sci. diss.: 06.01.01. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk State Agrarian University, 172 p.
7. Teoreticheskie osnovy formirovaniya agrotekhnologicheskoy politiki primeneniya nulevykh i poverkhnostnykh obrabotok pochvy pod zemnyye kul'tury dlya modernizatsii zemledeliya (2012). [Theoretical bases of formation of agro-technological policy of application of zero and surface tillage under grain crops for modernization of farming]. Kurs, GNU VNIIZPEH RASKHN, 81 p.
8. Naidenov, A.S., Bardak, N.I., Terexhova, S.S. i dr. (2018). Minimalizatsiya obrabotki pochvy i ee vliyaniye na agrofizicheskie pokazateli chernozema vyshchelochennogo i urozhainost' polevykh kul'tur [Minimization of tillage and its influence on agrophysical parameters of leached chernozem and yield of field crops]. *Nauchnyi zhurnal KubGAU* [Scientific journal of KubSAU], no. 140 (06), pp. 112–122.
9. Lentochkin, A.M., Shirobokov, P.E., Lentochkina, L.A. (2016). Nulevaya, minimal'naya ili otval'naya obrabotka pochvy [Zero, minimum or moldboard tillage]. *Zemledelie*, no. 3, pp. 9–13.
10. Singh, R.K., Singh, A.K., Singh, J.B. et al. (2012). Success of Zero-Tillage Technology: A Case of Knowledge Management for Sustainable Agriculture. *Indian Research Journal of Extension Education*, no. 1, pp. 12(1):110–115.
11. Bakirov, F.G., Petrova, G.V. (2014). Effektivnost' tekhnologii No-till na chernozemakh yuzhnykh Orenburgskogo Predural'ya [Effectiveness of No-till technology on southern chernozems of the Orenburg Urals]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia Orenburg State Agrarian University], no. 1, pp. 23–26.
12. Lyutykh, O. (2020). No-Till: mify, opyt i Nauka [No-Till: myths, experience and science]. *AgroForum*, no. 2, pp. 22–31.
13. Dubovik, D.V., Lazarev, V.I., Aidiev, A.Ya. i dr. (2019). Effektivnost' razlichnykh sposobov osnovnoy obrabotki pochvy i pryamogo poseva pri vyzdelivaniy ozimoi pshenitsy na chernozemnykh pochvakh [Effectiveness of different methods of basic tillage and direct seeding in winter wheat cultivation on chernozem soils]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], no. 12, pp. 26–29. doi: 10.24411/0235-2451-2019-11205
14. Gosudarstvennyy doklad (2023). «O sostoyanii prirodnnykh resursov i ob okhrane okruzhayushchei sredy Penzenskoy oblasti v 2022 godu» [On the state of natural resources and environmental protection of the Penza region in 2022]. Penza, 150 p.
15. Lomov, S.P. (2014). *Pochvennyy pokrov Penzenskoi oblasti, ego kharakteristika i meliorativnaya otsenka: uchebnoye posobie* [Soil cover of Penza region, its characterization and ameliorative assessment: textbook]. Penza, PGUAS, 92 p.

Информация об авторах:

Ларин Дмитрий Владимирович, аспирант кафедры агрохимии и почвоведения, ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-7078-1481>, larin.dmitriy.v@yandex.ru
Голубев Вячеслав Викторович, доктор технических наук, профессор, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-3135-8384>, golubev.v.vic@yandex.ru

Information about the authors:

Dmitry V. Larin, postgraduate student of the department of agro-chemistry and soil science, ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-7078-1481>, larin.dmitriy.v@yandex.ru
Vyacheslav V. Golubev, doctor of technical sciences, professor, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-3135-8384>, golubev.v.vic@yandex.ru

✉ larin.dmitriy.v@yandex.ru





Научная статья

УДК 633.11:631.52

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_608

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЦЕЛЫМ КОЛОСОМ В ПЕРВИЧНОМ СЕМЕНОВОДСТВЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

С.И. Кривошеев, В.А. Шумаков

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

Аннотация. Работу проводили в 2021-2024 гг. в лаборатории селекции и семеноводства ФГБНУ «Курский ФАНЦ» с целью совершенствования технологии возделывания целым колосом в первичном семеноводстве озимой пшеницы. Технология возделывания изучалась на 5 сортах озимой пшеницы: Льговская 4, Ахмат, Алексеич, Безостая 100 и Тимирязевка 150; на трех фонах минерального питания: $N_{79}P_{39}K_{39}$, $N_{126}P_{78}K_{78}$, $N_{173}P_{117}K_{117}$ и на трех схемах посева целым колосом в питомнике испытания потомств первого года: 8, 14 и 20 шт./м². Загущение посева колосом с 8 до 20 шт./м² и увеличение фона минеральных удобрений по азоту в 2,2 раза, по фосфору и калию в 3 раза не привело к такому же кратному увеличению числа семян с единицы площади. Формирование оптимальных условий для каждого сорта было индивидуальным. Оптимальные условия для формирования полноценного урожая семян с максимальной емкостью ценоза получены на фоне $N_{173}P_{117}K_{117}$ при густоте посева 14 шт./м² у сортов Алексеич и Безостая 100, соответственно, 6,42 и 5,70 т/га при емкости ценоза семян 15455 и 14251 шт./м², при густоте посева 20 шт./м² у сортов Ахмат и Тимирязевка 150 урожайность составила 6,50 и 6,53 т/га, а емкость ценоза семян — 15764 и 16234 шт./м². Для сорта Льговская 4 максимальная емкость ценоза семян была на фоне $N_{126}P_{78}K_{78}$ и густоте посева 8 шт./м². Максимальный коэффициент размножения на 1 колос получен при разреженной схеме посева 8 шт./м² на фоне $N_{126}P_{78}K_{78}$ для сортов Льговская 4 и Ахмат, для сортов Алексеич, Безостая 100 и Тимирязевка 150 на фоне $N_{173}P_{117}K_{117}$.

Ключевые слова: технология возделывания целым колосом, фон минерального питания, густота посева, сорта озимой пшеницы, питомник испытания потомств первого года, емкость ценоза семян

Original article

THE TECHNOLOGY OF CULTIVATING A WHOLE EAR IN THE PRIMARY SEED PRODUCTION OF WINTER WHEAT IN THE CONDITIONS OF KURSK AREAS

S.I. Krivosheev, V.A. Shumakov

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

Abstract. The work was carried out in 2021-2024 in the laboratory of breeding and seed production of the Federal Agricultural Kursk Research Center in order to improve the technology of cultivating a whole ear in primary seed production of winter wheat. Cultivation technology was studied on 5 varieties of winter wheat: Lgovskaya 4, Akhmat, Alekseich, Bezostaya 100 and Timiryazevka 150; on three backgrounds of mineral nutrition: $N_{79}P_{39}K_{39}$, $N_{126}P_{78}K_{78}$, $N_{173}P_{117}K_{117}$ and on three schemes of sowing with a whole ear in the nursery of the offspring of the first year: 8, 14 and 20 pcs./m². Thickening of sowing with an ear from 8 to 20 pcs./m² and an increase in the background of mineral fertilizers in nitrogen by 2.2 times, in phosphorus and potassium by 3 times did not lead to the same multiple increase in the number of seeds per unit area. The formation of optimal conditions for each variety was individual. Optimal conditions for the formation of a full-fledged seed harvest with a maximum cenosis capacity were obtained against the background of $N_{173}P_{117}K_{117}$ with a sowing density of 14 pcs./m² for varieties Alekseich and Bezostaya 100, respectively, 6.42 and 5.70 t/ha with a seed cenosis capacity of 15455 and 14251 pcs./m², with a sowing density of 20 pcs./m² for varieties Akhmat and Timiryazevka 150 yields were 6.50 and 6.53 t/ha, and the seed cenosis capacity was 15764 and 16234 pcs./m². For the Lgovskaya 4 variety, the maximum seed cenosis capacity was against the background of $N_{126}P_{78}K_{78}$ and the sowing density was 8 pcs./m². The maximum multiplication coefficient per 1 ear was obtained with a sparse sowing scheme of 8 pcs./m² against the background of $N_{126}P_{78}K_{78}$ for varieties Lgovskaya 4 and Akhmat, for varieties Alekseich, Bezostaya 100 and Timiryazevka 150 against the background of $N_{173}P_{117}K_{117}$.

Keywords: whole ear cultivation technology, mineral nutrition background, sowing density, winter wheat varieties, nursery testing of offspring of the first year, seed cenosis capacity

Введение. Сорт является основой семеноводческого процесса и современных агротехнологий. Новые сорта должны обладать высокой адаптивностью к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам, экологической пластичностью и стабильностью, то есть обеспечивать высокую и стабильную урожайность в различных условиях произрастания [1, 2].

В процессе семеноводства необходимо сохранять ту структуру сорта, с которой он проходил Государственные испытания и превосходил стандарт по урожайности [3]. Для этого необходимо поддерживать чистосортность семян. Использование приема размножения целым колосом заключается в более эффективном способе поддержания сортовой чистоты в сравнении с традиционным способом посева семенами, хотя и менее урожайном [4].

Схема ведения первичного семеноводства с использованием целого колоса применяется в Донском зональном НИИСХ и ФГБНУ «Курский ФАНЦ» [5, 6].

Совершенствуя технологию производства семян высших репродукций, мы, в конечном счете, увеличиваем производство зерна.

Применительно к семеноводческому процессу предпочтение отдается агротехническим факторам, в наибольшей степени влияющим на формирование урожая (предшественникам, срокам сева, предпосевной подготовке семян, нормам высева, уровню минерального питания, средствам защиты растений от болезней и вредителей).

Загущенные посевы целым колосом дают возможность максимально увеличить плотность стеблестоя микроделанки и тем самым

обеспечить более жесткую браковку номеров по устойчивости к болезням и полеганию [7].

Посев селекционного питомника необмолоченными колосьями специально сконструированной сажалкой позволял включать в изучение на начальных этапах селекции большое количество генотипов (до 45000), что способствовало выявлению ценных трансгрессий [8-11].

Посев целым колосом по схеме 40 на 45 см позволил повысить число изученных линий, сэкономить площадь [12].

В Сибири питомники испытания потомств первого года яровых зерновых закладывали по схеме 40 на 50 см [13].

Эффективность отбора в селекционном питомнике ярового ячменя, высеянного целыми колосьями, не уступала отбору линий,



высеянных семенами. На 1 погонном метре размещалось 3 целых колоса [14].

Лучшие условия для формирования полноценного урожая семян у озимой пшеницы сорта Льговская 4 установлены при 4 колосьях/пог. м [15].

Таким образом, совершенствование технологии возделывания при посеве целым колосом является актуальной задачей.

Цель исследования — разработать технологию возделывания целым колосом для первичного семеноводства озимой пшеницы в условиях Курской области.

Объекты и методы проведенных исследований. Полевые и лабораторные опыты проводили в лаборатории селекции и семеноводства ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в 2021-2024 гг. Элементы технологии возделывания целым колосом изучали на 5 сортах озимой мягкой пшеницы, трех фонах минерального питания и на трех схемах посева целым колосом в питомнике испытания потомств первого года (табл. 1).

Предшественник — чистый пар. Повторность опыта трехкратная, размещение вариантов систематическое в один ярус. Размер посевной делянки 1,1 м на 1,8 м = 2,0 м², учетной — 1 м². Посев замоченных колосов проводили вручную с междурядьями 45 см. Потомство целых колосов сжинали серпами и связывали в снопы. Снопы обмолачивали на молотилке и урожай отдельно затаривали в сумочки. Определение посевных свойств семян проводили согласно общепринятым методикам по ГОСТ 52325-2005. Интенсивность начального роста определяли методом проращивания с использованием почвенного субстрата через 7 суток после высева семян. Сроки и дозы внесения минеральных удобрений представлены в таблице 2.

Метеорологические условия вегетационного сезона 2021-2022 гг. для озимых культур в целом сложились благоприятно. Сентябрь и октябрь 2021 г., апрель и май 2022 г. характеризовались пониженными температурами, что, наряду с повышенными осадками в сентябре, апреле и мае, способствовали активному росту и сильному кущению (ГТК в сентябре составил 0,88, в мае — 1,27). В июне наблюдалась засушливая погода (ГТК=0,17). В июле температура и осадки были близки к среднелетним показателям. Вегетационный сезон для посеянной в оптимальные сроки озимой пшеницы был благоприятным для формирования высокого урожая.

Начало вегетационного сезона 2022-2023 гг. сложилось для озимой пшеницы крайне неблагоприятно. Затяжные дожди в сентябре и первой половине октября затруднили посев озимых. Озимую пшеницу начали сеять в первой декаде октября, что на 1 месяц позже оптимальных сроков. Полные всходы отмечены спустя 14-17 дней после посева. Озимая пшеница перезимовала в состоянии «шильца» и весной, при наличии большого количества влаги, высокой температуры и своевременной подкормки азотными удобрениями, быстро раскустились. Осадки в конце первой и третьей декады июня способствовали росту и развитию растений. В июле наблюдалась жаркая погода с сильными дождями в начале и конце месяца. Погодные условия в целом не оказали сильного отрицательного влияния на урожайность озимой пшеницы, что говорит о высокой экологической пластичности сортов.

Обсуждение результатов исследования. Внутри высеянных колосов отмечалась

большая плотность растений. Высокая плотность посева приводила к уменьшению глубины проникновения корней. В условиях сильного загущения обострялась конкуренция за питательные вещества, свет и влагу. Эти условия отрицательно влияли на продуктивную кустистость растений из целых колосов. Для сорта Льговская 4 не выявлено достоверных различий по числу продуктивных стеблей. В то же время разница между контролем и оптимальным вариантом по этому показателю составила у сорта Ахмат 28,8%, Безостая 100 — 45,4%, Тимирязевка 150 — 53,3% (табл. 3).

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. Design of Experiment

Сорт (фактор А)	Фон минерального питания, кг/га действующего вещества (фактор В)	Густота посева колосов, шт./м ² (фактор С)
1. Льговская 4	1. N ₇₉ P ₃₉ K ₃₉	1. 8
2. Ахмат	2. N ₁₂₆ P ₇₈ K ₇₈	2. 14
3. Алексеич	3. N ₁₇₃ P ₁₁₇ K ₁₁₇	3. 20
4. Безостая 100		
5. Тимирязевка 150		

Таблица 2. Внесение минеральных удобрений по срокам и периодам вегетации озимой пшеницы
Table 2. Application of mineral fertilizers according to the terms and periods of vegetation of winter wheat

Период внесения и формы минеральных удобрений	Фон минерального питания, кг/га действующего вещества		
	1	2	3
1. Предпосевная культивация. Диаммофоска N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	N ₁₅ P ₃₉ K ₃₉	N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	N ₄₅ P ₁₁₇ K ₁₁₇
2. Ранневесенняя подкормка в фазе кущения. Аммиачная селитра N ₃₄	N ₃₄	N ₅₁	N ₆₈
3. Подкормка в фазе начала выхода в трубку. Аммиачная селитра N ₃₄	N ₃₀	N ₄₅	N ₆₀
Итого	N ₇₉ P ₃₉ K ₃₉	N ₁₂₆ P ₇₈ K ₇₈	N ₁₇₃ P ₁₁₇ K ₁₁₇

Таблица 3. Количество продуктивных стеблей у растений из целого колоса в П-1 (2022-2023 гг.), шт./м²
Table 3. The number of productive stems of plants from a whole ear in H-1 (2022-2023), pieces/m²

Фон минерального питания (фактор А)	Густота посева, шт./м ² (фактор В)	Сорт (фактор С)				
		Льговская 4	Ахмат	Алексеич	Безостая 100	Тимирязевка 150
Ф-1	8	436	455	440	335	398
Ф-1	14	458	483	449	359	463
Ф-1	20	404	468	482	451	525
Ф-2	8	428	444	443	374	444
Ф-2	14	461	512	536	377	556
Ф-2	20	427	524	473	438	565
Ф-3	8	446	431	474	374	416
Ф-3	14	434	505	506	429	567
Ф-3	20	459	586	522	487	610

НСР₀₅ для факторов А, В, С — 25,2.

НСР₀₅ для взаимодействия факторов АВ, ВС, АС, АВС — 33,4.

Доля влияния факторов: С — 25,0%, ВС — 15,6%, В — 11,6%, А — 11,1%, АВ — 11,1%, АВС — 8,5%, АС — 4,5%.

Таблица 4. Урожайность озимой пшеницы у растений из целого колоса в П-1 (2022-2023 гг.), т/га
Table 4. The yield of winter wheat in plants from a whole ear in H-1 (2022-2023), t/ha

Фон минерального питания (фактор А)	Густота посева, шт./м ² (фактор В)	Сорт (фактор С)				
		Льговская 4	Ахмат	Алексеич	Безостая 100	Тимирязевка 150
Ф-1	8	6,02	5,73	5,16	4,83	5,25
Ф-1	14	6,04	5,96	5,90	4,88	5,14
Ф-1	20	5,56	5,94	5,92	5,37	5,88
Ф-2	8	6,49	5,67	5,53	4,94	5,28
Ф-2	14	5,96	6,02	5,98	5,42	6,19
Ф-2	20	5,70	5,69	5,68	5,34	5,91
Ф-3	8	6,50	5,75	5,82	5,18	5,94
Ф-3	14	6,39	6,28	6,42	5,70	6,48
Ф-3	20	5,89	6,50	5,87	5,67	6,53

НСР₀₅ для факторов А, В, С — 0,22.

НСР₀₅ для взаимодействия факторов АВ, ВС, АС, АВС — 0,32.

Доля влияния факторов: С — 22,8%, В — 17,0%, А — 14,2%, ВС — 8,6%, АВС — 8,5%, АС — 7,5%, АВ — 6,5%.





Таблица 5. Показатели растений озимой пшеницы из целых колосьев по коэффициентам продуктивного кущения и размножения, емкости ценоза семян в П-1 (2022-2023 гг.)

Table 5. Indicators of winter wheat plants from whole ears according to the coefficients of productive tillering and reproduction, the capacity of seed cenosis in H-1 (2022-2023)

Фон минерального питания	Густота посева, шт./м ²	Сорт	Коэффициент продуктивного кущения	Коэффициент размножения на 1 колос	Емкость ценоза семян, шт./м ²
Ф-1	8	Льговская 4	1,19	1690	13521
		Ахмат	1,50	1721	13769
		Алексеич	1,06	1562	12492
		Безостая 100	0,90	1486	11885
		Тимирязевка 150	1,06	1596	12767
	14	Льговская 4	0,63	970	13583
		Ахмат	0,86	1088	15231
		Алексеич	0,59	1018	14251
		Безостая 100	0,51	868	12145
		Тимирязевка 150	0,79	879	12304
	20	Льговская 4	0,50	603	12063
		Ахмат	0,59	778	14884
		Алексеич	0,41	702	13733
		Безостая 100	0,39	665	12436
		Тимирязевка	0,52	695	13899
Ф-2	8	Льговская 4	1,10	1827	14613
		Ахмат	1,37	1779	14569
		Алексеич	1,37	1651	13205
		Безостая 100	1,12	1558	12463
		Тимирязевка 150	1,63	1494	11901
	14	Льговская 4	0,74	952	13323
		Ахмат	0,92	1080	15114
		Алексеич	0,92	1041	14575
		Безостая 100	0,44	1001	14012
		Тимирязевка 150	0,97	1078	15096
	20	Льговская 4	0,43	650	13000
		Ахмат	0,67	702	14034
		Алексеич	0,57	698	13950
		Безостая 100	0,48	674	13473
		Тимирязевка 150	0,63	716	14306
Ф-3	8	Льговская 4	1,21	1791	14327
		Ахмат	1,51	1763	14099
		Алексеич	1,29	1823	14580
		Безостая 100	0,98	1658	13262
		Тимирязевка 150	0,94	1713	13700
	14	Льговская 4	0,63	1016	14218
		Ахмат	0,98	1100	15400
		Алексеич	0,79	1104	15455
		Безостая 100	0,66	1018	14251
		Тимирязевка 150	0,85	1119	15668
	20	Льговская 4	0,45	684	13669
		Ахмат	0,58	788	15764
		Алексеич	0,53	712	14228
		Безостая 100	0,45	691	13818
		Тимирязевка 150	0,65	812	16234

Оптимальные условия для формирования продуктивной кустистости отмечались у сортов Ахмат, Безостая 100 и Тимирязевка 150 на Ф-3 при максимальной загущенности, а у сортов Льговская 4 и Алексеич — на Ф-2 при средней густоте посевов.

Высокая урожайность получена у всех сортов на Ф-3. У сорта Льговская 4 при густоте посева 8 шт./м² — 6, 50 т/га, у сортов

Алексеич и Безостая 100 при средней густоте — 6,42 и 5,70 т/га, у сортов Ахмат и Тимирязевка 150 при максимальной густоте — 6,50 и 6,53 т/га (табл. 4).

Влияние фактора сорт являлось определяющим на формирование количества продуктивных стеблей и урожайность. Максимальный коэффициент продуктивного кущения отмечен на всех сортах при разреженной схеме

посева 8 шт./м². У сортов Льговская 4 и Ахмат — 1,21 и 1,51 на высоком фоне минеральных удобрений (Ф-3), а у сортов Алексеич, Безостая 100, Тимирязевка 150 — 1,37, 1,12 и 1,63 на среднем фоне (табл. 5).

При загущении посева коэффициент продуктивной кустистости значительно снижался. Например, у сорта Льговская 4 в 2,8 раза с 1,21 на Ф-3 при густоте посева 8 шт./м² до 0,43 на Ф-2 при густоте 20 шт./м², снижение у сорта Тимирязевка 150 составило 3,1 раза с 1,63 на Ф-2 при минимальной густоте до 0,52 на Ф-1 при максимальной загущенности.

Коэффициент размножения на один колос составил максимальную величину при густоте посева 8 колосьев/м². У сорта Льговская 4 и Ахмат он определен, соответственно, 1:1827 и 1:1779 на втором уровне минерального питания, а у сортов Алексеич, Безостая 100 и Тимирязевка 150 на третьем уровне, соответственно, 1:1823, 1:1658 и 1:1713.

Таким образом, для получения высокого коэффициента размножения в расчете на один колос необходимо применять разреженную схему посева 8 колосьев/м² и средние или повышенные фоны минерального питания.

Емкость ценоза семян играет большую роль при разработке технологий возделывания сортов озимой пшеницы. Максимальное значение этого показателя установлено для большинства сортов на повышенном фоне минерального питания. Так, у сортов Алексеич и Безостая 100 при средней густоте посева, соответственно, 15455 и 14251 шт./м², а у сортов Ахмат и Тимирязевка 150 при максимальной густоте — 15764 и 16234 шт./м². Для сорта Льговская 4 емкость ценоза семян составила 14613 шт./м² на Ф-2 и густоте посева 8 колосьев/м².

Урожайность и емкость ценоза семян взаимосвязаны между собой прямой зависимостью. Максимальные показатели урожайности и емкости ценоза семян получены при одинаковых условиях на всех сортах, кроме сорта Льговская 4. Разница между максимальным и минимальным числом семян с 1 м² у сорта Льговская 4 составила 21,1%, у сорта Ахмат — 14,5%, у сорта Безостая 100 — 19,9%.

Таким образом, загущение посева колосом с 8 до 20 шт./м² и увеличение фона минеральных удобрений по азоту в 2,2 раза, а по фосфору и калию в 3 раза, не привело к такому же кратному увеличению числа семян с единицы площади. Формирование оптимальных условий для каждого сорта было индивидуальным.

Технологию возделывания целым колосом оценивали по посевным качествам семян, морфологическим показателям и сухой биомассе проростков.

Высокая масса 1000 семян дает гарантию получения мощных растений. Для всех сортов высокая масса 1000 семян получена на разреженном посеве 8 шт./м², только на разных фонах минерального питания. Так, у сортов Льговская 4, Ахмат, Тимирязевка 150 на Ф-3, соответственно, 44,0, 39,6 и 41,4 г, у сорта Алексеич — 40,4 г на Ф-2, у сорта Безостая 100 — 39,6 г на Ф-1 (табл. 6).

Достоверное снижение массы 1000 семян наблюдалось на Ф-3 при сильной загущенности, что связано с полегаемостью сорта Льговская 4, а у сорта Безостая 100 в вариантах Ф-3 при густоте 8 колосьев/м² и на фоне Ф-2 при густоте 20 шт./м².



Таблица 6. Посевные качества семян, морфологические показатели и сухая биомасса проростков из семян от растений из целых колосьев в П-1 (2022-2023 гг.)
Table 6. Seed sowing qualities, morphological parameters and dry biomass of seedling from seeds from plants from whole ears in H-1 (2022-2023)

Фон минерального питания	Густота посева, шт./м²	Масса 1000 семян, г	Энергия проростания, %	Всхожесть, %	Длина проростков, см		Сухая масса, г/100 шт.	
					стебля	корня	стебля	корня
Сорт Льговская 4								
Ф-1	8	43,2	94,5	96,0	10,5	10,7	0,67	0,51
Ф-1	14	42,9	93,5	97,5	10,4	10,6	0,68	0,50
Ф-1	20	43,3	95,5	96,5	10,3	10,8	0,67	0,50
Ф-2	8	43,1	94,0	95,5	10,4	10,5	0,66	0,55
Ф-2	14	42,7	95,0	97,5	10,4	10,9	0,67	0,54
Ф-2	20	42,3	94,5	97,0	10,3	10,9	0,67	0,54
Ф-3	8	44,0	94,0	95,5	10,2	11,0	0,69	0,53
Ф-3	14	43,4	94,5	96,0	10,2	11,2	0,70	0,51
Ф-3	20	41,5	94,5	97,0	10,1	11,1	0,70	0,52
НСР ₀₅		1,6	1,6	1,7	0,5	0,6	0,04	0,05
Сорт Ахмат								
Ф-1	8	39,1	95,0	97,5	10,2	11,5	0,75	0,56
Ф-1	14	37,9	96,0	99,0	10,3	11,3	0,72	0,54
Ф-1	20	38,9	94,0	98,0	9,9	12,0	0,78	0,54
Ф-2	8	37,8	93,5	98,0	9,7	10,5	0,79	0,53
Ф-2	14	38,3	96,5	99,5	9,9	11,1	0,71	0,54
Ф-2	20	39,1	96,0	98,5	10,3	11,7	0,75	0,54
Ф-3	8	39,6	94,5	98,5	9,9	12,2	0,72	0,55
Ф-3	14	39,0	95,0	98,0	9,5	11,1	0,79	0,55
Ф-3	20	39,5	94,5	96,5	10,1	11,0	0,79	0,53
НСР ₀₅		1,4	1,6	2,1	0,8	1,1	0,05	0,04
Сорт Алексеич								
Ф-1	8	39,7	94,5	99,0	9,4	10,4	0,66	0,52
Ф-1	14	39,9	95,5	98,5	9,6	10,6	0,67	0,54
Ф-1	20	40,9	95,0	97,0	9,3	10,5	0,66	0,53
Ф-2	8	40,4	96,0	98,0	9,2	9,8	0,63	0,49
Ф-2	14	39,8	93,0	97,0	9,5	10,2	0,64	0,51
Ф-2	20	39,1	95,0	96,5	9,4	9,9	0,63	0,50
Ф-3	8	39,1	95,0	98,0	9,7	10,6	0,66	0,51
Ф-3	14	40,2	93,5	97,5	9,8	10,6	0,65	0,53
Ф-3	20	39,7	93,5	96,0	9,6	10,5	0,65	0,52
НСР ₀₅		1,3	1,6	2,2	0,5	0,7	0,04	0,04
Сорт Безостая 100								
Ф-1	8	39,6	97,0	98,5	11,3	12,0	0,83	0,66
Ф-1	14	38,6	96,0	98,0	11,0	11,0	0,78	0,65
Ф-1	20	39,1	96,5	98,0	10,8	12,2	0,82	0,62
Ф-2	8	38,3	96,0	99,0	11,5	13,0	0,86	0,64
Ф-2	14	38,7	96,5	98,5	10,9	11,6	0,78	0,68
Ф-2	20	37,9	97,0	98,0	10,6	12,1	0,79	0,67
Ф-3	8	37,8	96,0	97,5	10,3	11,4	0,77	0,64
Ф-3	14	38,3	96,5	98,0	10,8	12,6	0,83	0,65
Ф-3	20	39,5	95,5	97,5	11,0	11,7	0,80	0,69
НСР ₀₅		1,4	1,6	1,1	1,1	1,2	0,07	0,05

Энергия прорастания семян у сорта Льговская 4 составила 93,5-95,5%, у сорта Ахмат — 93,5-96,5%, у сорта Алексеич — 93,0-96,0%, максимальную величину — 95,5-97,0% она составила у сорта Безостая 100.

Всхожесть варьировала от 95,5% у сорта Льговская 4 до 99,5% у сорта Ахмат.

Достоверных различий между изучаемыми вариантами по энергии прорастания и всхожести не наблюдалось. Семена всех сортов озимой пшеницы являлись кондиционными

и соответствовали ГОСТ Р 52325-2025. В зависимости от сортовых особенностей разница между энергией прорастания и всхожестью составила от 3,5 до 6,0%.

Для более объективного анализа качество семян дополнительно оценивали по морфологическим показателям и сухой биомассе проростков. Длина проростков стебля у сорта Льговская 4 составила 10,1-10,5 см, у сорта Ахмат — 9,5-10,3 см, у сорта Алексеич — 9,2-9,8 см, а у сорта Безостая 100 — 10,3-11,5 см. Минималь-

ная длина корня — 9,8 см определена у сорта Алексеич, а максимальная — 13,0 см у сорта Безостая 100.

Сухая биомасса проростков сорта Льговская 4 варьировала от 1,17 до 1,22 г/100 растений и максимума она достигала у сорта Безостая 100 — от 1,43 до 1,50 г/100 растений.

Проращивание семян в почве подтвердило отсутствие достоверных различий у проростков по морфологическим показателям и сухой биомассе.





Таким образом, оптимальные условия для формирования полноценного урожая семян с максимальной емкостью ценоза получены на высоком фоне минерального питания $N_{173}P_{117}K_{117}$ при густоте посева 14 шт./м² у сортов Алексеич и Безостая 100, соответственно, 6,42 и 5,70 т/га при емкости ценоза семян 15455 и 14251 шт./м², при густоте посева 20 шт./м² у сортов Ахмат и Тимирязевка 150 урожайность составила 6,50 и 6,53 т/га, а емкость ценоза семян — 15764 и 16234 шт./м². Для сорта Льговская 4 максимальная емкость ценоза семян была при $N_{126}P_{78}K_{78}$ и густоте посева 8 шт./м². Максимальный коэффициент размножения на 1 колос получен при разреженной схеме посева 8 шт./м² и на фоне $N_{126}P_{78}K_{78}$ для сортов Льговская 4 и Ахмат, а на фоне $N_{173}P_{117}K_{117}$ — для сортов Алексеич, Безостая 100, Тимирязевка 150.

Список источников

1. Сапега В.А. Продуктивность и параметры интенсивности и стабильности сортов ярового ячменя // *Зерновое хозяйство России*. 2017. № 3 (51). С. 36-39.
2. Николаев П.Н., Юсова О.А., Анисков Н.И., Сафонова И.В., Ряполова Я.В. Новый среднеспелый сорт ярового ячменя Омский 10 // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019. № 180 (2). С. 83-88.
3. Новохатин В.В. Научное обоснование первичного и элитного семеноводства зерновых культур // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. Т. 32. № 9. С. 40-47.
4. Скатова С.Е. Использование способа посева тритикале ярового колосом в первичном семеноводстве Центра Нечерноземной зоны // *Тритикале: материалы международной научно-практической конференции / Донской зональный НИИСХ*. Ростов-на-Дону: Юг, 2016. С. 196-204.
5. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница: монография. Ростов-на-Дону: Юг, 2007. 600 с.
6. Кривошеев С.И., Шумаков В.А. Технологические схемы производства семян высших репродукций новых сортов озимой пшеницы в условиях Курской области // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2021. Т. 64. № 6 (384). С. 74-78.
7. Ерошенко Л.М., Ерошенко А.Н., Ромахин М.М., Ерошенко Н.А. Особенности селекционного процесса ярового ячменя в ФГБНУ «Московский НИИСХ «Немчиновка» // *Методы и технологии в селекции растений и растениеводство: материалы III международной научно-практической конференции / Зональный НИИСХ Севера-Востока*. Киров, 2017. С. 54-58.
8. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Создание и внедрение сортов пшеницы и тритикале с широкой экологической адаптацией // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2013. № 2. С. 41-47.
9. Фоменко М.А., Грабовец А.И., Беседина О.В. Основные принципы селекции озимой пшеницы на засухоустойчивость на Дону // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2013. № 4 (42). С. 52-56.

10. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Масса зерна — интегральный показатель адаптивности озимой пшеницы при селекции на засухоустойчивость // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014. № 5 (49). С. 16-19.

11. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Изменение климата и методология создания новых сортов пшеницы и тритикале с широкой экологической пластичностью // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. Т. 29. № 12. С. 16-19.

12. Скатова Е.В., Латчин А.Г. Некоторые аспекты совершенствования селекции озимой пшеницы в Верхневолжье // *Владимирский земледелец*. 2019. № 4. С. 59-66.

13. Ведров Н.Г., Пентюхов И.В., Зобова Н.В. Организация и методика ускоренного производства семян элиты зерновых, зернобобовых культур и картофеля в Сибири // *Вестник КрасГАУ*. 2012. № 5. С. 175-179.

14. Организационно-методические основы функционирования селекционного процесса ярового ячменя: методические рекомендации. Жодино, 2018. 28 с.

15. Krivosheev, S.I., Shumakov, V.A., Shumakov, A.V. (2021). Use of a reproduction practice by a whole ear in winter wheat primary seed farming. *BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference, Kursk, 28-30 June 2021*, p. 01003.

References

1. Sapega, V.A. (2017). Produktivnost' i parametry intensivnosti i stabil'nosti sortov yarovogo yachmenya [Productivity and intensity and stability parameters of spring barley varieties]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain economy of Russia], no. 3 (51), pp. 36-39.
2. Nikolaev, P.N., Yusova, O.A., Anis'kov, N.I., Safonova, I.V., Ryapolova, Ya.V. (2019). Novyi srednespelyi sort yarovogo yachmenya Omskii 10 [A new medium ripe variety of spring barley Omsk 10]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii* [Proceedings on applied botany, genetics and breeding], no. 180 (2), pp. 83-88.
3. Novokhatin, V.V. (2018). Nauchnoe obosnovanie pervichnogo i ehlnitnogo semenovodstva zernovykh kul'tur [Scientific justification of primary and elite seed production of grain crops]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], vol. 32, no. 9, pp. 40-47.
4. Skatova, S.E. (2016). Ispol'zovanie sposoba poseva tritikale yarovogo kolosom v pervichnom semenovodstve Tsentra Nechernozemnoi zony [The use of the methods of sowing spring triticale by ear in primary seed production in the Center of the Non-Chernozem zone]. *Tritikale: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Triticale. Proceedings of the international scientists and practical conference]. Rostov-on-Don, Yug Publ., pp. 196-204.
5. Grabovets, A.I., Fomenko, M.A. (2007). *Ozimaya pshenitsa: monografiya* [Winter wheat: monograph]. Rostov-on-Don, Yug Publ., 600 p.
6. Krivosheev, S.I., Shumakov, V.A. (2021). Tekhnologicheskie skhemy proizvodstva semyan vysshikh reproduktsii novykh sortov ozimoi pshenitsy v usloviyakh Kurskoi oblasti [Technological schemes for the production of seeds of higher reproductions of new varieties of winter wheat in the conditions of the Kursk region]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], vol. 64, no. 6 (384), pp. 74-78.

7. Eroshenko, L.M., Eroshenko, A.N., Romakhin, M.M., Eroshenko, N.A. (2017). Osobennosti selektsionnogo protsesa yarovogo yachmenya v FGBNU «Moskovskii NIISKH «Nemchinovka» [Features of the breeding process of spring barley of the Moscow Research Institute of Agricultural Sciences Nemchinovka]. *Metody i tekhnologii v selektsii rastenii i rastenievodstve: materialy III mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Zonal'nyi NIISKH Severa-Vostoka* [Methods and technologies in plant breeding and crop production. Materials of the third international scientific and practical conference. Zonal Research Institute of the North-East]. Kirov, pp. 54-58.

8. Grabovets, A.I., Fomenko, M.A. (2013). Sozdanie i vnedrenie sortov pshenitsy i tritikale s shirokoi ehkologicheskoi adaptatsiei [Creation and introduction of wheat and triticale varieties with broad environmental adaptation]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Legumes and groat crops], no. 2, pp. 41-47.

9. Fomenko, M.A., Grabovets, A.I., Besedina, O.V. (2013). Osnovnye printsipy selektsii ozimoi pshenitsy na zasukhoustoichivost' na Donu [The basic principles of winter wheat breeding for drought resistance on the Don]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia Orenburg State Agrarian University], no. 4 (42), pp. 52-56.

10. Grabovets, A.I., Fomenko, M.A. (2014). Massa zerna — integral'nyi pokazatel' adaptivnosti ozimoi pshenitsy pri selektsii na zasukhoustoichivost' [Grain weight is an integral indicator of the adaptability of winter wheat in breeding for drought resistance]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia Orenburg State Agrarian University], no. 5 (49), pp. 16-19.

11. Grabovets, A.I., Fomenko, M.A. (2015). Izmenenie klimata i metodologiya sozdaniya novykh sortov pshenitsy i tritikale s shirokoi ehkologicheskoi plastichnost'yu [Climate change and methodology for the creation of new varieties of wheat and triticale with wide ecological plasticity]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], vol. 29, no. 12, pp. 16-19.

12. Skatova, E.V., Latchin, A.G. (2019). Nekotorye aspekty sovershenstvovaniya selektsii ozimoi pshenitsy v Verkhnevolszhe [Some aspects of improving the breeding of winter wheat in the Upper Volga region]. *Vladimirskii zemledelets* [Vladimir agronomist], no. 4, pp. 59-66.

13. Vedrov, N.G., Pentyukhov, I.V., Zobova, N.V. (2012). Organizatsiya i metodika uskorennoho proizvodstva semyan ehlihty zernovykh, zernobobovykh kul'tur i kartofelya v Sibiri [Organization and methodology of accelerated seed production of elite cereals, legumes and potatoes on Siberia]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasSAU], no. 5, pp. 175-179.

14. Organizatsionno-metodicheskie osnovy funktsionirovaniya selektsionnogo protsesa yarovogo yachmenya: metodicheskie rekomendatsii (2018). [Organizational and methodological foundations of the functioning of the breeding of spring barley: methodological recommendations]. Zhodino, 28 p.

15. Krivosheev, S.I., Shumakov, V.A., Shumakov, A.V. (2021). Use of a reproduction practice by a whole ear in winter wheat primary seed farming. *BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference, Kursk, 28-30 June 2021*, p. 01003.

Информация об авторах:

Кривошеев Сергей Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1226-5693>, sergejkrivoseev67@gmail.com

Шумаков Василий Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5318-8527>, shumakov.knii@yandex.ru

Information about the authors:

Sergey I. Krivosheev, candidate of agricultural sciences, associate professor, senior researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1226-5693>, sergejkrivoseev67@gmail.com

Vasily A. Shumakov, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5318-8527>, shumakov.knii@yandex.ru



Научная статья

УДК 631.6

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_613

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ НА ЮГЕ РОССИИ

И.А. Приходько, М.А. Бандурин, Г.А. Молчанова

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Аннотация. Целью исследований является повышение урожаев риса обоснованных севооборотов, в которых основным предшественником является люцерна. Но она повышает плодородие почвы пропорционально урожаям зеленой массы. В природных условиях Краснодарского края хороший урожай люцерны можно получить только при орошении. Многочисленные попытки поливать люцерну затоплением приводили к частичной или полной гибели растений. Все представленные исследования по технике полива люцерны на больших спланированных чеках инженерных рисовых систем проводились в течение трех лет с 2021 по 2023 гг. в КФХ Головин Константин Викторович. В результате проведенных исследований было установлено, что при условиях рисовых систем Кубани для получения высокого урожая люцерны необходимо проводить, в зависимости от погодных условий, один или два полива за вегетацию. Результаты исследований показали, что густота стояния растений риса в варианте с экологически чистой ресурсосберегающей технологией в 1,5-2 раза выше, чем в других вариантах. Доказано, что удельная поливная струя 40-50 л/с на 1 га для условий кубанских рисовых систем является оптимальной и согласуется со скоростью впитывания и допустимым временем наличия слоя воды на поверхности или отдельных частях чека.

Ключевые слова: рис, люцерна, интенсивное впитывание, поливная норма, орошение, плодородие почвы

Благодарности: исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 24-26-20003.

Original article

IMPROVING NATURE-LIKE TECHNOLOGIES FOR RICE CULTIVATION UNDER CLIMATE ANOMALIES IN THE SOUTHERN OF RUSSIA

I.A. Prikhodko, M.A. Bandurin, G.A. Molchanova

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Abstract. The goal of our research is to increase rice yields in reasonable crop rotations, in which alfalfa is the main predecessor. But it increases soil fertility in proportion to the yield of green mass. In the natural conditions of the Krasnodar Territory, a good alfalfa harvest can only be obtained with irrigation. Numerous attempts to irrigate alfalfa by flooding resulted in partial or complete death of the plants. All presented studies on the technique of watering alfalfa on large planned fields of engineered rice systems were carried out over three years from 2021 to 2023 in the peasant farm of Golovin Konstantin Viktorovich. As a result of the research, it was found that under the conditions of the Kuban rice systems, in order to obtain a high yield of alfalfa, it is necessary to carry out, depending on weather conditions, one or two irrigations during the growing season. The research results showed that the density of rice plants in the option with environmentally friendly resource-saving technology is 1.5-2 times higher than in other options. It has been proven that a specific irrigation flow of 40-50 l/s per hectare is optimal for the conditions of Kuban rice systems and consistent with the rate of absorption and the permissible time for the presence of a layer of water on the surface or individual parts of the check.

Keywords: rice, alfalfa, intensive absorption, irrigation rate, irrigation, soil fertility

Acknowledgments: the research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation № 24-26-20003.

Введение. В процессе возделывания такой культуры, как рис за счет совершенствования севооборотов, традиционно, на рисовых полях Кубани в севооборотах основной культурой выступает рис [1]. Однако его урожайность во многом зависит от грамотного внедрения в севооборот других сельскохозяйственных культур, в частности люцерны [2, 3]. Люцерна играет важную роль в повышении плодородия почвы за счет фиксации атмосферного азота и накопления органического вещества в почве [4]. Однако урожай зеленой массы люцерны напрямую влияет на эффективность ее использования в севообороте [5]. В природных условиях Краснодарского края затруднено получение высокоурожая люцерны без орошения [6].

В зависимости от погодных условий может потребоваться проведение одного или двух поливов за вегетацию. При этом норма полива определяется влагоемкостью почвы, глубиной корнеобитаемого слоя и состоянием посевов [7]. Помимо орошения, важными факторами

повышения урожайности люцерны в севооборотах с рисом являются: использование высокопродуктивных сортов, устойчивых к болезням и вредителям; регулярные подкормки азотными и фосфорно-калийными удобрениями; проведение мероприятий по защите посевов от сорняков и вредителей [8].

Внедрение обоснованных севооборотов с включением люцерны в качестве предшественника риса позволяет повысить плодородие почвы, увеличить урожайность риса и других сельскохозяйственных культур, а также обеспечить устойчивость агроэкосистемы рисовых систем Кубани [9, 10].

Этот способ возделывания риса помогает повысить плодородие почвы за счет фиксации атмосферного азота и накопления органического вещества в почве [11].

Основная часть. Опыт передовых сельхозпроизводителей показал [12], что дальнейшее повышение урожайности риса возможно только при использовании научно обоснованной

системы севооборотов, в которых основным предшественником является люцерна. Но она повышает плодородие почвы пропорционально урожаям зеленой массы. В природных условиях Краснодарского края хороший урожай люцерны можно получить только при орошении [13]. Многочисленные попытки поливать ее затоплением приводили к частичной или полной гибели растений [14, 15].

В течение 2021-2023 гг. в КФХ Головин Константин Викторович, Краснодарского края были проведены исследования по технике полива люцерны на больших спланированных чеках инженерных рисовых систем. Ниже излагаются некоторые результаты этих исследований.

Каждый из трех лет по сумме осадков превосходил среднегодовые значения. Но даже в наиболее влажном 2023 г. июль, август и сентябрь были засушливыми, так как в течение их выпало около 5 мм осадков. В 2021 и 2022 гг. также имелись засушливые периоды, когда люцерну требовалось поливать.



Таблица 1. Водно-физические свойства почв под посевами люцерны
Table 1. Water-physical properties of soils under alfalfa crops

Глубина отбора образца, см	Объемный вес, г/см ³	Удельный вес, г/см ³	Скважность, %	Наименьшая влагоемкость, %	Влажность завядания, %
0-10	1,22	2,63	53,6	28,8	10,7
10-20	1,43	2,65	45,7	29,6	16,2
20-40	1,50	2,67	43,9	30,5	16,7
40-60	1,55	2,73	43,3	30,6	17,0
60-80	1,41	2,70	47,8	30,2	13,8
80-100	1,37	2,69	49,1	30,1	12,5
0-100	1,41	2,68	48,6	29,9	14,5

Таблица 2. Полив люцерны напуском по полосам, спланированным под горизонтальную плоскость
Table 2. Watering of alfalfa by lapping along strips planned for a horizontal plane

Размеры полос			Подача, л/сек		Время полива		Скорость добегания воды, м	Поливная норма, м ³ /га		Сброс, %	Вымочка, %	Урожай сена, ц/га
длина, м	ширина, м	площадь, га	на 1 м ширины	на 1 га	часы	минуты		брутто	нетто			
236	20	0,472	9,3	362	0	30	7,86	688	583	15,4	—	18,7
»	»	»	6,7	284	0	45	5,2	769	769	—	—	20,8
»	»	»	6,3	270	1	0	3,9	972	920	5,4	—	23,4
»	»	»	6,0	254	1	0	3,9	914	775	15,2	—	21,5
»	»	»	5,2	220	2	0	1,97	1584	1304	17,7	21,0	14,3
»	»	»	4,5	190	1	15	3,1	855	747	12,7	—	19,0
»	»	»	3,3	142	2	0	1,97	1022	1022	—	—	23,6
»	»	»	0,0	127	2	0	1,97	914	875	4,3	—	22,1
»	»	»	2,1	90	4	35	0,85	1495	1495	—	50	8,3
180	90	1,6	0,9	51,3	7	20	0,4	1296	1173	9,8	5,8	20,6
180	85	1,6	0,9	51,5	7	40	0,4	1420	1276	10,3	6,1	14,2

Почвы на участках, где велись исследования, тяжелые по механическому составу. На глубине 30-35 см залегает слитой горизонт мощностью 30-40 см, характерный для почв, на которых длительное время возделывался рис. Он отличается очень малой скоростью впитывания (0,002 м/сутки). Водно-физические свойства почвы характеризуются данными, приведенными в таблице 1.

Объемный вес и наименьшая влагоемкость (НВ) определялись в трехкратной повторности по каждому варианту. Мертвый запас или влажность завядания (ВЗ) принята равной полуторной максимальной гигроскопичности. Запас влаги, которая может быть удержана в почве, зависит от ее скважности. Она же при относительном постоянстве удельного веса может характеризоваться величиной объемного веса. Как видно из данных таблицы 1, он изменяется по глубине и увеличивается от 1,22 г/см³ в слое 0-10 см до 1,55 г/см³ — в слитом горизонте, ниже которого наблюдается снижение объемного веса. Скважность по всей почвенной толще также изменяется в больших пределах. Только в верхнем слое (0-10 см) она достигает 53,6%, а в слитом горизонте она снижается до 43,3%. Наименьшая влагоемкость с глубиной увеличивается.

На рисовых полях Кубани стержневой корень люцерны уходит на глубину до грунтовых вод. Но основная масса корней 2-го, 3-го и последующих порядков располагается в слое 0-60 см. Таким образом, слой, в котором следует поддерживать оптимальную влажность почвы, не превышает 80-100 см.

Для орошения люцерны рекомендуют поливную норму 700-1000 м³/га. На слабопроницаемых почвах рисовых систем Кубани такое количество воды можно подать напуском по полосам или по чекам. Оба эти способа были исследованы.

При поливе по полосам почва увлажняется путем вертикальной инфильтрации воды. Этот способ рекомендуется при орошении культур сплошного сева, в том числе и трав. Результаты опытов по поливу люцерны напуском по полосам, устроенным на больших спланированных чеках, представлены в таблице 2.

С увеличением струи, подаваемой на полосу, продолжительность полива сокращается, а затем кривая выравнивается (рис. 1) и уменьшение времени делается несущественным.

Так, при увеличении струи со 100 до 150 л/сек, время полива сокращается на 1 час 30 минут, а с 200 до 250 л/сек — на 30 минут. При подаче же 350 л/сек времени затрачивается только на 10 минут меньше, чем при струе в 300 л/сек.

На рисунке 2 представлен график величины урожая сена люцерны за один укос в зависимости от поливной нормы. Как видно из рисунка, наиболее высокие урожаи получены при поливной норме от 900 до 1000 м³/га; при меньшей — сборы сена снижаются из-за недостатка влаги. Если же поливная норма более 1000 м³/га — урожай падает вследствие вымокания, так как для впитывания воды требуется больше времени. А проведенные нами исследования показали: если почва находится в избыточно увлажненном состоянии более 24-36 часов, то люцерна гибнет. Лучшие результаты дали удельные поливные струи от 3 до 6 м/сек на 1 м ширины полосы. Продолжительность подачи их соответственно — от 2 до 1 часа при длине полосы

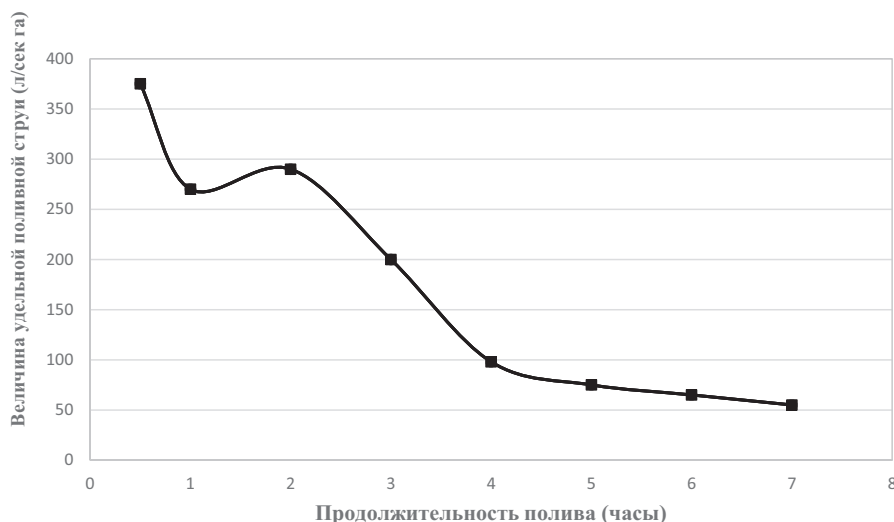


Рисунок 1. Продолжительность полива по полосам в зависимости от удельной поливной струи
Figure 1. The duration of irrigation in strips, depending on the specific irrigation stream



в 200 м, то есть при расположении ее поперек карты — от оросителя к сбросу.

Оперируя большими струями, поливальщик должен внимательно следить за продвижением воды по длине полосы и своевременно прекращать ее подачу.

Одной из важных характеристик способа полива является равномерность увлажнения орошаемой площади. Испытия определялась влажность почвы в двух точках — в начале полосы, в 30 м от картового оросителя, и в конце ее, в 30 м от сбросного канала. Пробы через каждые 20 см брались до глубины 60 см. Результаты — средние значения влажности слоя 0-60 при трехкратной повторности — представлены в таблице 3.

Как видно из данных таблицы 3, во всех случаях почва имеет большую влажность в конце полосы. Однако разница незначительна, и можно сказать, что увлажнение получается сравнительно равномерным.

При поливе напуском по полосам сосредоточенными струями временная борозда размывается, что затрудняет распределение воды на отдельные полосы. При этом производительность снижается до 1,5-2 га за световой день. При расходах на полосу 120-140 л/сек требуется устройство дополнительных водовыпусков из оросителя. Во время полива одной полосы за счет фильтрации воды из временной сети и через пахотный горизонт под валиками она заполняет понижения не только на поливаемой, но и на соседних полосах. Образуются «блюдца». Это приводит к гибели люцерны на них в результате вымочек.

При ширине полос 20 м на валики и борозды уходит 4-5% полезной площади чека. На временной сети появляются сорняки, и за ней необходим уход, что также требует известных затрат труда.

Низкая производительность рабочего — это основной недостаток полива напуском по полосам. Более высока она при поливе затоплением чеков. К нему лучше приспособлена и оросительная сеть рисовой системы. Однако, как уже отмечалось, все попытки поливать люцерну таким способом приводят к массовой ее гибели вследствие вымокания.

Был разработан и испытан в производственных условиях метод орошения, получивший название «напуском по чекам». В отличие от обычного полива, он не создает непрерывного зеркала воды над чеком. Подача воды из дождевальных машин прекращается, когда около 2/3 площади чека покрыто движущейся водой. Оставшаяся площадь орошается в результате дальнейшего самораспределения воды по поверхности. Как только вода достигает другой стороны чека, излишки воды отводятся.

Нужно отметить также, что при поливе затоплением почва увлажняется впитыванием стоячей на чеке воды. При поливе же напуском происходит впитывание воды, движущейся по чеку. Своевременное прекращение подачи исключает переувлажнение почвы.

Для более быстрого и равномерного распределения воды важное значение имеет устройство открытой в сторону чека распределительной борозды по его периметру.

При всяком поверхностном поливе можно условно выделить 2 его части: видимую, когда с помощью каналов, борозд, труб и тому подобному вода распределяется до орошаемой площади, и скрытую, когда происходит впитывание ее.

Для получения необходимого увлажнения на нужную глубину и в определенный срок требуется строгое согласование водопроницаемости почвогрунта, величины поливной струи и продолжительности ее подачи. Определяющим фактором здесь является скорость впитывания воды данным почвогрунтом.

Для севооборотных культур режим орошения складывается из отдельных поливов. Процесс впитывания идет несколько иначе, чем при постоянном затоплении. С понижением влажности почвы появляется масса трещин. Так, при влажности 19,8% от веса сухой почвы на посевах люцерны 1-го года протяженность трещин на 1 м² была 4,6 м, а глубина их достигала 50-60 м. Наличие трещин ускоряет и делает более равномерным впитывание по глубине независимо от наличия слитого горизонта.

В исследованиях скорость впитывания определялась при предполивной влажности 65% НВ на каждом чеке в трехкратной повторности. По фактическим данным построена кривая впитывания (рис. 3).

В первый час подачи воды скорость впитывания достигает значительных величин и равна в среднем 2,2 мм/мин. В четвертом часу она снижается и имеет величину уже менее 1 мм/мин.

На рисунке 4 показана интегральная кривая впитывания (ОБ) и подачи (ОА) в условиях КФХ Головин Константин Викторович. Вода в чек идет постоянным током, поэтому поступление ее изображается прямой линией. При подаче 50 л/сек на 1 га вначале идет интенсивное впитывание. Затем скорость его уменьшается, и на поверхности почвы создается водяной слой, который обеспечивает движение воды по плоскости чека, не имеющей уклона.

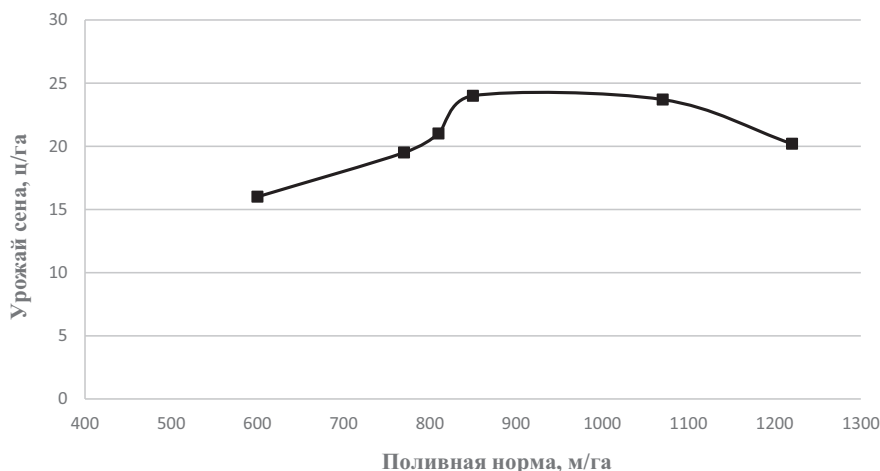


Рисунок 2. Урожай люцерны за 1 укос в зависимости от размера поливной нормы
Figure 2. Alfalfa harvest for 1 mowing depending on the size of the irrigation norm

Таблица 3. Влажность почвы в начале и в конце полосы
Table 3. Soil moisture at the beginning and end of the strip

Удельная поливная струя, л/сек-га	% сброса	Место отбора проб		Разница
		30 м от оросителя	30 м от сброса	
254	15,2	29,3	29,9	2,0
127	4,3	27,0	28,4	5,2
51,5	10,3	28,5	30,0	3,8

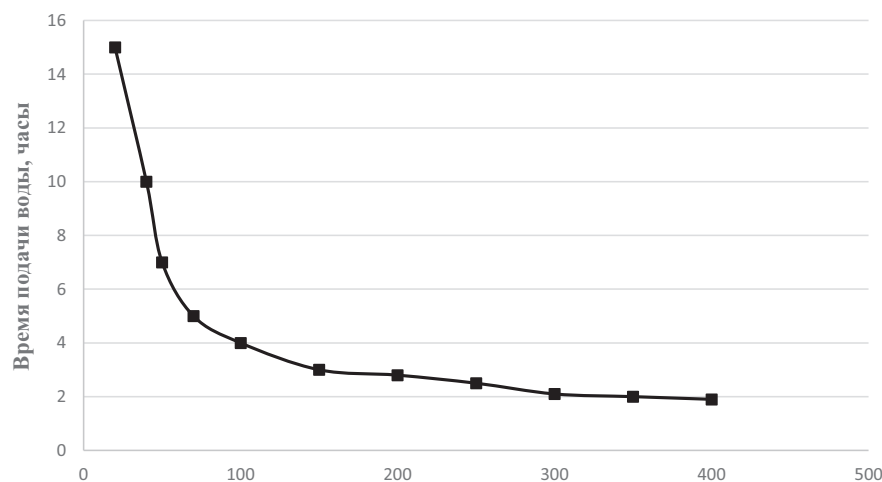


Рисунок 3. Скорость впитывания воды в почву при предполивной влажности
Figure 3. The rate of water absorption into the soil at pre-watering humidity



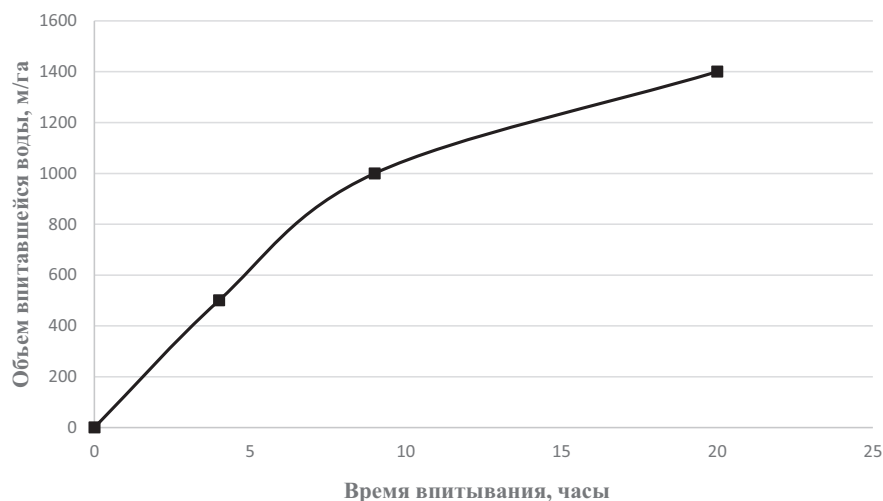


Рисунок 4. Интегральная кривая впитывания (ОБ) и подача (ОА)
Figure 4. Integral absorption curve (OB) and flow (OA)

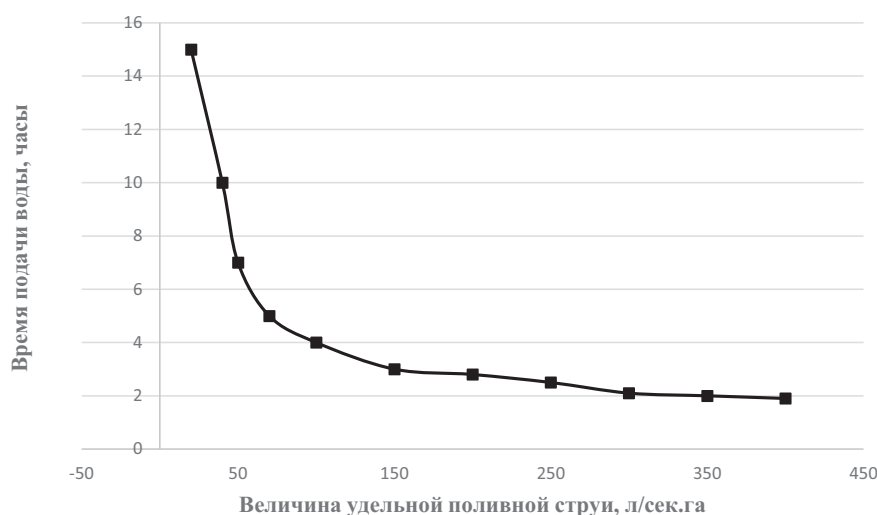


Рисунок 5. Продолжительность полива напуском по чекам в зависимости от удельной поливной струи
Figure 5. The duration of irrigation by discharge according to checks, depending on the specific irrigation jet

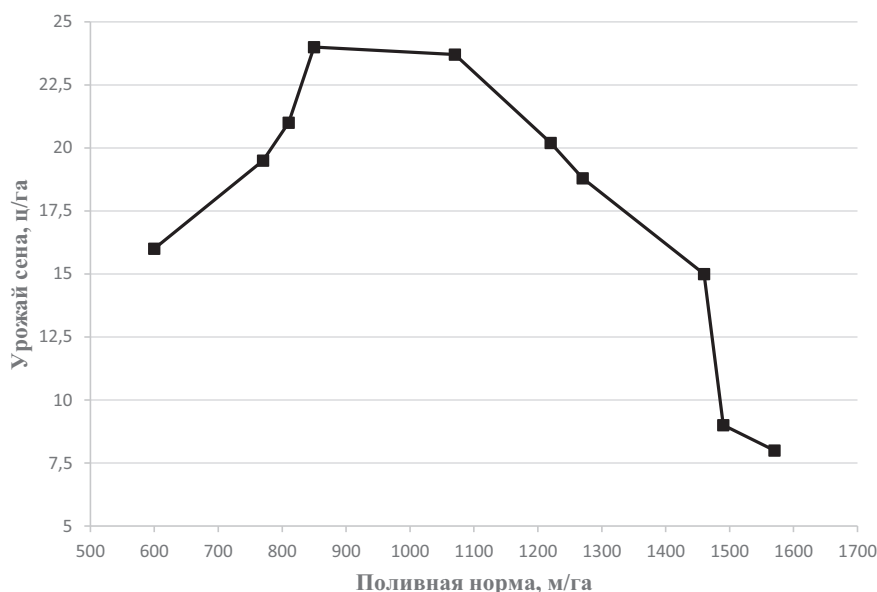


Рисунок 6. Урожай люцерны при поливе напуском по чекам в зависимости от поливной нормы
Figure 6. Alfalfa harvest during irrigation by check, depending on the irrigation rate

Как видно из рисунка 5, при струе 40-50 л/сек на 1 га продолжительность подачи поливной нормы порядка 1000 м³/га не превышает 7-8 часов. Всего, вместе с временем, необходимым для сброса лишней воды и впитывания ее в микропонижения чека, требуется 20-30 часов. При такой продолжительности полива вымочек люцерны в наших опытах не было.

В таблице 4 представлены результаты 28 опытов по поливу люцерны напуском по чекам, проведенных в 2021, 2022 и 2023 гг.

Равномерность увлажнения почвы после полива напуском по чекам определялась в трехкратной повторности путем отбора образцов в 7 точках, расположенных по диагонали чека — от оросителя к сбросу. При поливе с прекращением подачи, когда чек был полностью затоплен, неравномерность увлажнения достигла 11,9%. При поливе со сбросом 10% воды она оказалась почти такой же (11%). Лучшие результаты были получены, когда подача прекращалась после того, как водой было покрыто не более 3/4-4/5 площади чека. В этом случае неравномерность увлажнения составила 5,7%.

Большое значение для улучшения равномерности увлажнения имеет планировка чеков.

Для опытов 2021 г., охватывающих широкий диапазон поливных норм — от 638 до 1480 м³/га, составлен график связи между их величиной и урожаем (рис. 6). В этом случае имеет место зависимость, аналогичная изображенной на рисунке 2. Причем и здесь наибольшие урожаи получены при нормах порядка 900-1000 м³/га. Это объясняется тем, что почва хорошо увлажнялась на 80-90 см и корневая система проникала вглубь.

Как показали результаты опытов, при поливе напуском по полосам и по чекам в условиях кубанских рисовых систем с тяжелыми почвами оптимальной является поливная норма (нетто) порядка 900-1000 м³/га. Для участков с более легкими почвами поливная норма пока не определена, но можно предположить, что она будет большей.

Для разработанной техники полива напуском по чекам поливной режим сводился к 1-2 поливам за вегетацию в зависимости от погодных условий нормой 900-1000 м³/га. Каждый полив проводился на 5-6 день после укоса.

В 2022 г. в КФХ Головин Константин Викторович при двух поливах получен урожай зеленой массы люцерны 588 ц/га против 196 ц/га без полива. В 2023 г. при том же режиме орошения урожай составил 576 ц/га.

Выводы. В течение 2021-2023 гг. в КФХ Головин Константин Викторович проводились исследования по совершенствованию техники полива люцерны в условиях рисовых систем. В ходе опытов было установлено, что для получения максимального урожая люцерны необходимо проводить орошение по следующей схеме:

1. Предполивной период: полив за 3-5 дней до первого прорастания, что обеспечивает накопление почвенной влаги в корнеобитаемом слое и создает оптимальные условия для роста и развития растений.

2. Первый полив: проводится в фазе активного роста и прорастывания (май-июнь), когда растения нуждаются в максимальном количестве влаги.

3. Второй полив: проводится в жаркий период вегетации (август-сентябрь), когда наблюдается дефицит осадков и почвенная влага истощается.



Таблица 4. Полив люцерны напуском по чекам, спланированным под нулевой уклон
Table 4. Watering of alfalfa with an allowance according to checks planned for a zero slope

№ опыта	№ полива	Площадь чека, га	л/сек на 1 га	Время полива		Поливная норма, нетто	% сброса	Глубина промачивания, см	% вымочек	Урожай сена 1 укоса, ц/га
				час.	мин.					
2021 год										
1	1	3,65	584	3	0	1488	13,8	128	19,2	18,3
2	1	1,05	400	0	45	638	40,8	55	0	19,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	1	1,88	227	1	30	949	18,6	80	0	23,7
4	1	2,06	180	1	50	995	16,0	90	0	23,6
5	1	151	135	1	30	744	–	60	0	21,8
6	1	2,47	130	2	50	1115	14,9	100	0	22,9
7	1	1,05	130	2	55	858	39,4	75	0	22,6
8	1	3,68	127	2	50	1178	9,0	100	2	21,8
9	2	2,08	125	2	10	817	16,2	80	0	22,3
10	1	3,58	100	2	10	690	11,7	55	0	21,7
11	1	1,67	100	2	30	750	–	60	0	21,9
12	2	3,58	50,8	7	45	1269	10	110	3,1	19,4
13	2	3,11	40,5	6	0	875	–	75	0	22,4
14	2	2,20	34,1	6	0	790	–	65	0	21,7
2022 год										
15	2	3,34	53,5	6	30	1220	–	110	–	19,9
16	2	2,53	50,1	6	0	1100	–	100	–	20,4
17	2	4,09	49,7	6	40	1200	–	100	–	18,5
18	2	3,11	48,4	6	0	1044	–	–	–	23,7
19	1	3,34	25,7	13	0	1270	7,5	100	2,8	19,2
20	–	2,53	26,7	14	0	928	27	85	40	23,6
21	1	4,09	24,6	15	0	1233	14,2	1100	8,3	19,4
2023 год										
22	1	5,72	29	8	0	745	–	65	–	20,7
23	1	5,27	31,3	7	10	808	–	75	–	21,2
24	2	4,15	39,7	6	10	885	–	80	–	21,5
25	2	6,10	27,0	8	40	847	–	75	–	21,3
26	1	6,10	27,0	9	30	925	–	85	–	23,8
27	1	5,27	31,3	7	0	1000	–	90	–	23,4
28	1	5,27	31,3	8	0	901	–	80	–	23,2

Результаты исследований показали, что густота стояния растений риса в варианте с экологически чистой ресурсосберегающей технологией в 1,5-2 раза выше, чем в других вариантах.

Установлено, что наиболее рациональным в условиях Кубани является полив напуском по чекам. Полив по полосам незначительно сокращает время полива всего чека и не исключает вымокания посевов люцерны.

Доказано, что удельная поливная струя 40-50 л/сек на 1 га для условий кубанских рисовых систем является оптимальной. Она согласуется со скоростью впитывания и допустимым временем наличия слоя воды на поверхности или отдельных частях чека.

Список источников

- Degtyareva, O.G., Safronova, T.I., Rudchenko, I.I., Prihodko, I.A. (2019). Nonlinearity account in the foundation soils when calculating the piled rafts of buildings and constructions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Kislovodsk, 01-05 October 2019*, vol. 698 (2). Kislovodsk: Institute of Physics Publishing, p. 022015. doi: 10.1088/1757-899X/698/2/022015. EDN THNDL
- Приходько И.А., Парфенов А.В., Александров Д.А. Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования в рисоводстве Кубани // 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, 22 октября 2021 г. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2021. С. 150-152.
- Айдаров И.П., Арент К.П., Баякина В.П. и др. Мелиорация и водное хозяйство: справочник. М.: Росагропромиздат, 1990. Т. 6. 415 с.
- Приходько И.А., Бандурин М.А., Якуба С.Н. Пути решения совершенствования рационального природопользования в границах мелиоративно-водохозяйственного комплекса Нижней Кубани // Роль мелиорации в обеспечении продовольственной безопасности, Москва, 14-15 апреля 2022 г. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2022. С. 100-107.
- Приходько И.А., Анненко А.Д. Инновационные технологии возделывания риса в условиях Краснодарского края // Экология речных ландшафтов: сборник статей по материалам V Международной научной экологической конференции, Краснодар, 30 декабря 2020 г. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. С. 139-145.
- Владимиров С.А., Колесниченко В.В., Войтенко Д.А., Александров Д.А. Ресурсосберегающие и природоохранные технологии для решения экологических проблем на Кубани // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 73-3. С. 112-115. doi: 10.18411/IJ-05-2021-113
- Приходько И.А., Бандурин М.А., Степанов В.И. Задача выбора рациональных технологических операций при возделывании риса // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64. № 5. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10359
- Демьянов С.И., Владимиров С.А. Основные направления перехода рисоводства Кубани на экологически безопасное устойчивое производство // Инновационные решения социальных, экономических и технологических проблем современного общества: сборник научных статей по итогам круглого стола со всероссийским и международным участием, Москва, 15-16 августа 2021 г. Т. 4. М.: ООО «Конверт», 2021. С. 23-25.
- Крылова Н.Н., Иванов Н.А., Огрызко В.А. Совершенствование идей «Способа полива риса» // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. 2019. № 2 (февраль). URL: <http://akademnova.ru/page/875550>
- Владимиров С.А., Дронов М.В., Александров Д.А. Оценка изменений водных ресурсов в бассейне реки Кубань // Актуальные вопросы аграрной науки: материалы Национальной научно-практической конференции, Ульяновск, 20-21 октября 2021 г. Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2021. С. 148-152.
- Килиди А.И., Хатхоу Е.И., Александров Д.А. Аспекты ресурсосбережения в системе водораспределения на рисовые оросительные системы Кубани // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 71-2. С. 128-130. doi: 10.18411/IJ-03-2021-67
- Бандурин М.А., Приходько И.А., Бандурина И.П. Современные методы управления поливами на оросительных системах Юга России // Научная жизнь. 2021. Т. 16. № 8 (120). С. 986-997. doi: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-986-997





13. Кружилин И.П., Ганиев М.А., Кузнецова Н.В., Родин К.А. Водопотребление риса и удельные затраты на формирование урожая зерна при разных способах полива // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 108-117. doi: 10.32786/2071-9485-2018-02-108-117

14. Суров А.О., Владимиров С.А. Проблемы рационального использования водных и земельных ресурсов в рисоводстве // Аспирант. 2021. № 6 (63). С. 151-153.

15. Владимиров С.А., Прокопенко В.В., Александров Д.А. Ресурсосберегающие мелиорации на Кубани в условиях маловодья // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 71-2. С. 125-127. doi: 10.18411/lj-03-2021-66

16. Владимиров С.А., Кортота Д.К., Хилько А.С., Александров Д.А. Концепция устойчивого экологического рисоводства как основа развития мелиорации // Лесная мелиорация и эколого-гидрологические проблемы Донского водосборного бассейна: материалы Национальной научной конференции, Волгоград, 29-30 октября 2020 г. Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2020. С. 247-251.

References

1. Degtyareva, O.G., Safronova, T.I., Rudchenko, I.I., Prikhodko, I.A. (2019). Nonlinearity account in the foundation soils when calculating the piled rafts of buildings and constructions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Kislodvsk, 01-05 October 2019, vol. 698 (2). Kislodvsk: Institute of Physics Publishing, p. 022015. doi: 10.1088/1757-899X/698/2/022015. EDN THNDL

2. Prikhod'ko, I.A., Parfenov, A.V., Aleksandrov, D.A. (2021). Ekologo-meliorativnye aspekty ratsional'nogo prirodozovaniya v risovodstve Kubani [Ecological and meliorative aspects of rational nature management in the Kuban rice growing]. *Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya intellektual'nogo potentsiala sel'skogo khozyaistva regionov Rossii: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 90-letiyu FGBOU VO Chuvashskii GAU, Cheboksary, 22 oktyabrya 2021 g.* [Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of the Chuvash State Agrarian University "Scientific and educational environment as the basis for the development of the intellectual potential of agriculture in the regions of Russia", Cheboksary, October, 22, 2021]. Cheboksary, Chuvash SAU, pp. 150-152.

3. Aidarov, I.P., Arent, K.P., Bayakina, V.P. i dr. (1990). *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo: spravochnik* [Reclamation and water management: handbook]. Moscow, Rosagropromizdat Publ., vol. 6, 415 p.

4. Prikhod'ko, I.A., Bandurin, M.A., Yakuba, S.N. (2022). Puti resheniya sovershenstvovaniya ratsional'nogo priro-

dopol'zovaniya v granitsakh meliorativno-vodokhozyaistvennogo kompleksa Nizhnei Kubani [Ways of solving the improvement of rational nature management within the boundaries of the reclamation and water management complex of the Lower Kuban]. *Rol' melioratsii v obespechenii prodovol'stvennoi bezopasnosti, Moskva, 14-15 aprelya 2022 g.* [The role of land reclamation in ensuring food security, Moscow, April, 14-15, 2022]. Moscow, VNIIGIM, pp. 100-107.

5. Prikhod'ko, I.A., Annenko, A.D. (2021). Innovatsionnye tekhnologii vozdel'vaniya risa v usloviyakh Krasnodarskogo kraia [Innovative technologies of rice cultivation in the conditions of the Krasnodar territory]. *Ehkologiya rechnykh landshaftov: sbornik statei po materialam V Mezhdunarodnoi nauchnoi ehkologicheskoi konferentsii, Krasnodar, 30 dekabrya 2020 g.* [Collection of articles based on the materials of the V International Scientific Ecological Conference "Ecology of river landscapes", Krasnodar, December, 30, 2020]. Krasnodar, Kuban SAU, pp. 139-145.

6. Vladimirov, S.A., Kolesnichenko, V.V., Voitenko, D.A., Aleksandrov, D.A. (2021). Resursosberegayushchie i prirodozovnyye tekhnologii dlya resheniya ehkologicheskikh problem na Kubani [Resource-saving and environmental technologies for solving environmental problems in the Kuban]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education], no. 73-3, pp. 112-115. doi: 10.18411/lj-05-2021-113

7. Prikhod'ko, I.A., Bandurin, M.A., Stepanov, V.I. (2021). Zadacha vybora ratsional'nykh tekhnologicheskikh operatsii pri vozdel'vaniya risa [The task of choosing rational technological operations in rice cultivation]. *International Agricultural Journal*, vol. 64, no. 5. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10359

8. Dem'yanov, S.I., Vladimirov, S.A. (2021). Osnovnye napravleniya perekhoda risovodstva Kubani na ehkologicheski bezopasnoe ustoychivoe proizvodstvo [The main directions of the transition of Kuban rice farming to environmentally safe sustainable production: Innovative solutions to social, economic and technological problems of modern society]. *Innovatsionnye resheniya sotsial'nykh, ehkonomicheskikh i tekhnologicheskikh problem sovremennoy obshchestva: sbornik nauchnykh statei po itogam kruglogo stola so vs Rossiiskim i mezhdunarodnym uchastiem, Moskva, 15-16 avgusta 2021 g.* [Innovative solutions to social, economic and technological problems of modern society: a collection of scientific articles based on the results of the round table with All-Russian and international participation]. Moscow, vol. 4, pp. 23-25.

9. Krylova, N.N., Ivanov, N.A., Ogryz'ko, V.A. (2019). Sovershenstvovanie sposoba poliva risa [Improving the method of watering rice]. *Akademiya pedagogicheskikh idei «Novatsiya». Seriya: Studencheskii nauchnyi vestnik* [Academy of Pedagogical Ideas "Innovation". Series: Student scientific bulletin], no. 2 (February). URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

10. Vladimirov, S.A., Dronov, M.V., Aleksandrov, D.A. (2021). Otsenka izmenenii vodnykh resursov v basseine

reki Kuban' [Assessment of Changes in Water Resources in the Kuban River Basin]. *Aktual'nye voprosy agrarnoi nauki: materialy Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Ulyanovsk, 20-21 oktyabrya 2021 g.* [Topical issues of agricultural science: proceedings of the National scientific and practical conference, Ulyanovsk, October, 20-21, 2021]. Ulyanovsk, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, pp. 148-152.

11. Kilidi, A.I., Khatkhokhu, E.I., Aleksandrov, D.A. (2021). Aspekty resursosberezheniya v sisteme vodoraspredeleniya na risovye orositel'nye sistemy Kubani [Aspects of resource saving in the water distribution system for rice irrigation systems of the Kuban]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education], no. 71-2, pp. 128-130. doi: 10.18411/lj-03-2021-67

12. Bandurin, M.A., Prikhod'ko, I.A., Bandurina, I.P. (2021). Sovremennyye metody upravleniya polivami na orositel'nykh sistemakh Yuga Rossii [Modern methods of irrigation management in irrigation systems of the South of Russia]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific life], vol. 16, no. 8 (120), pp. 986-987. doi: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-986-997

13. Kruzhilin, I.P., Ganiev, M.A., Kuznetsova, N.V., Rodin, K.A. (2018). Vodopotrebleniye risa i udel'nye zatraty na formirovaniye urozhaya zerna pri raznykh sposobakh poliva [Rice water consumption and unit costs for grain yield formation with different irrigation methods]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education], no. 1 (49), pp. 108-117. doi: 10.32786/2071-9485-2018-02-108-117

14. Surov, A.O., Vladimirov, S.A. (2021). Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya vodnykh i zemel'nykh resursov v risovodstve [Problems of rational use of water and land resources in rice growing]. *Aspirant*, no. 6 (63), pp. 151-153.

15. Vladimirov, S.A., Prokopenko, V.V., Aleksandrov, D.A. (2021). Resursosberegayushchie melioratsii na Kubani v usloviyakh malovod'ya [Resource-saving melioration in the Kuban in conditions of low water]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education], no. 71-2, pp. 125-127. doi: 10.18411/lj-03-2021-66

16. Vladimirov, S.A., Kortota, D.K., Khil'ko, A.S., Aleksandrov, D.A. (2020). Kontseptsiya ustoychivogo ehkologicheskogo risovodstva kak osnova razvitiya melioratsii [The concept of sustainable ecological rice farming as the basis for the development of land reclamation]. *Lesnaya melioratsiya i ehkologo-gidrologicheskie problemy Donskogo vodosbornogo basseina: materialy Natsional'noi nauchnoi konferentsii, Volgograd, 29-30 oktyabrya 2020 g.* [Materials of the National scientific conference "Forest Reclamation and ecological and hydrological problems of the Don catchment basin", Volgograd, October, 29-30, 2020]. Volgograd, FSC of Agroecology RAS, pp. 247-251.

Информация об авторах:

Приходько Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, Scopus ID: 57214098822, Researcher ID: AAH-1647-2021, SPIN-код: 4011-7185, prikhodkoigor2012@yandex.ru

Бандурин Михаил Александрович, доктор технических наук, доцент, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, декан факультета гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, Scopus ID: 57201780087, SPIN-код: 6451-2467, chepura@mail.ru

Молчанова Галина Александровна, бакалавр 1 курса бакалавриата факультета гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8774-7216>, galya.molchanova.05@inbox.ru

Information about the authors:

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>, Scopus ID: 57214098822, Researcher ID: AAH-1647-2021, SPIN-code: 4011-7185, prikhodkoigor2012@yandex.ru

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>, Scopus ID: 57201780087, SPIN-code: 6451-2467, chepura@mail.ru

Galina A. Molchanova, 1st year bachelor's degree of the faculty of hydro-reclamation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8774-7216>, galya.molchanova.05@inbox.ru



Научная статья

УДК 631.42+631.471

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_619

ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИВРЕМЕННЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТКРЫТОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПАХОТНЫХ УГОДИЙ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

В.Н. Рашкович¹, Д.Г. Борщев¹, Д.И. Рухович¹, Д.А. Шаповалов²¹Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, Россия²Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

Аннотация. По данным анализа больших спутниковых данных с применением технологий нейросетевой оценки и фильтрации ДЗЗ были имплементированы новые методы для оценки неоднородности почвенного покрова на территории северного Казахстана. Проведен сравнительный анализ качества определения структуры почвенного покрова с помощью данных ДЗЗ по двум различным методикам. Первая методика является косвенной и основана на определении структуры почвенного покрова (СПП) путем анализа и агрегации мультимедийных вегетационных индексов (МВИ). Вторая методика является уникальной разработкой и основана на определении спектральной окрестности линии почв в пространстве RED-NIR (ОПП). Почвы на объекте исследования представлены южными черноземами различной мощности и степени гумусированности. Неоднородность почвенного покрова описывается в большей степени микрорельефом территории — по водораздельным и плакорным поверхностям почвы как правило смыты, хуже влагообеспечены и, как результат, менее мощные и менее гумусированные, чем почвы, расположенные на склонах и в депрессиях. При проведении полевых изысканий была установлена взаимосвязь между СПП, МВИ и ОПП в применении к почвам северного Казахстана. Структура почвенного покрова имеет крайне важную роль для земледелия в условиях дефицита влаги сухостепной зоны. Определение неоднородности почвенного покрова методом ОПП является новым мощным инструментом для построения картографической основы в целях точного земледелия. Дифференцированное внесение удобрений на исследованной территории по построенным на основе СПП картам-заданиям показало высокую результативность и позволило получить 3-х кратную прибавку урожая чечевицы.

Ключевые слова: мультимедийные вегетационные индексы, открытая поверхность почвы, структура почвенного покрова, точное земледелие, нейросетевая фильтрация снимков

Original article

APPLICATION OF MULTITEMPORAL SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE OPEN SOIL SURFACE TO DETERMINE THE SOIL COVER HETEROGENEITY OF ARABLE LANDS IN NORTHERN KAZAKHSTAN

V.N. Rashkovich¹, D.G. Borshev¹, D.I. Rukhovich¹, D.A. Shapovalov²¹Dokuchaev soil science institute, Moscow, Russia²State university of land use planning, Moscow, Russia

Abstract. Innovative techniques for assessing soil cover variability, leveraging extensive satellite data and neural network filtering technologies, were utilized to evaluate the northern Kazakhstan region. A comparative study on the accuracy of soil cover structure (SCS) determination via remote sensing data was conducted using two distinct approaches. The first, an indirect method, involves the analysis and aggregation of multitemporal vegetation indices (MVI). The second, a novel approach, focuses on identifying the spectral neighborhood of the soil line in RED-NIR space. The soils in the research area are characterized by southern chernozems with variable thickness and humus content, significantly influenced by the microrelief of the landscape. Soils found on watershed and upland areas are generally more eroded and drier, resulting in decreased thickness and lower humus content compared to those on slopes and in depressions. Field studies established a correlation between SCS, MVI, and open soil surface (OSS). The OSS method's reliability and accuracy were confirmed when applied to the soils of northern Kazakhstan. Understanding the structure of the soil cover is essential for agriculture, especially in the dry steppe zone where moisture is limited. The OSS method for determining soil heterogeneity offers a powerful tool for developing a cartographic foundation for precision agriculture. Using OSS maps to create task maps, differentiated fertilizer application in the studied area showed remarkable effectiveness, leading to a threefold increase in lentil yield.

Keywords: multitemporal vegetation index, open soil surface, precision planting, soil cover structure, neural-network satellite data filtering

Введение. Учение о структуре почвенного покрова и неоднородности почв в микромасштабе было заложено в середине прошлого столетия В.М. Фридрихом [1,2]. Он систематизировал и описал проявления неоднородности почвенного покрова, имеющие разный генезис, выраженность и масштабы проявления. На формирование структуры почвенного покрова оказывает влияние весь набор почвообразующих факторов: биоклиматические и литологические факторы влияют на различие почв в макромасштабах, а локальные условия рельефа и литологической пестроты — в микромасштабах [3].

Однако стройная теория Фридриха не снижала популярности в области сельскохозяйственного производства ввиду своей сложности для рядового специалиста в хозяйстве и невозможности прикладного её применения. Кроме того, для составления карты структур почвенного покрова традиционными методами, не подразумевающими применения данных ДЗЗ, требуется проведение колоссальной работы, заложения большого количества разрезов и крайне долгой обработки камеральных материалов [1,4–8].

На сегодняшний день технологии шагнули далеко вперед и открыли возможность

применения спутниковых данных, в том числе больших спутниковых данных, для целей и нужд сельскохозяйственного производства [9, 10]. Таким образом сегодня мы можем приблизиться к автоматизации процесса составления карт структур почвенного покрова и использовать их в дальнейшем как основу для точного земледелия. Большие количества свободно-распространяемых спутниковых снимков позволяют нам сегодня разрабатывать передовые методы оценки неоднородности почвенного покрова и составлять карты неоднородности почвенного плодородия, которые являются мощным



инструментом, необходимым при составлении карт-заданий для техники в хозяйствах [4,11].

В качестве объекта исследования была выбрана территория северного Казахстана (рис. 1). По природно-сельскохозяйственному районированию она относится к степной зоне, Казахстанской провинции. Территория является плоской равниной и характеризуется слабой выраженностью микрорельефа.

Почвы на объекте исследования представлены южными черноземами различной мощности и степени гумусированности. Неоднородность почвенного покрова описывается в большей степени микрорельефом территории — по водораздельным и плакорным поверхностям почвы как правило смыты, хуже влагообеспечены и, как результат, менее мощные и менее гумусированные, чем почвы, расположенные на склонах и в депрессиях.

Основной целью исследования является определение зависимостей между структурой

почвенного покрова (СПП), построенной на основе мультивременных вегетационных индексов, и спектральными характеристиками открытой поверхности почвы.

Материалы и методы.

1. Нейросетевая фильтрация больших данных дистанционного зондирования земли.
2. Построение карт неоднородности почвенного плодородия на основе мультивременных вегетационных индексов (МВИ).
3. Построение карты открытой поверхности почвы на основе спектральной окрестности линии почв (ОПП).
4. Полевые почвенные изыскания на основе карт МВИ и ОПП.
5. Замеры биологической урожайности по зонам неоднородности почвенного плодородия.

Для расчетов МВИ и ОПП использовались данные со спутниковых группировок Landsat и Sentinel.

Результаты

На рис. 2 представлена карта агрегации мультивременных вегетационных индексов одного из полей на территории исследования. Карта раскрашена в красно-желто-зеленой палитре, где красным цветом показывается слабая вегетация, а зеленым — сильная. Такие карты являются на сегодняшний день основными для определения неоднородности почвенного покрова внутри сельскохозяйственных угодий. Свое распространение они получили ввиду простоты составления и доступности необходимых исходных данных. Однако, такие карты не могут показать напрямую разницу в почвенном покрове поскольку являются косвенными, так как почвенная неоднородность оценивается по почвенному плодородию, что не является уникальной характеристикой для конкретной почвы.

На рис. 3 представлена карта открытой поверхности почвы, раскрашенная в сине-зелено-оранжевой палитре, где синие тона — наиболее темные почвы, а оранжевые — наиболее светлые. Поскольку технология составления таких карт является относительно новой, мы на данный момент не располагаем моделями взаимосвязи данных спектрального отклика и непосредственной почвенной разности. Однако на данный момент мы точно знаем, что более темные участки на карте коррелируют с более влажными или гумусированными участками на поле. Поскольку для составления такой карты используются снимки без вегетации на полях, оценка почвенной неоднородности происходит напрямую. Такой способ оценки позволяет более точно и более детально определить структуру почвенного покрова как внутри полей, так и между полями.

На рис. 4 представлена карта с наложением МВИ на ОПП. Визуально становится очевидно, что зоны повышенного плодородия на карте МВИ связаны с более темными участками на карте ОПП и, наоборот, менее плодородные



Рисунок 1. Расположение объекта исследований
Figure 1. Location of the study area

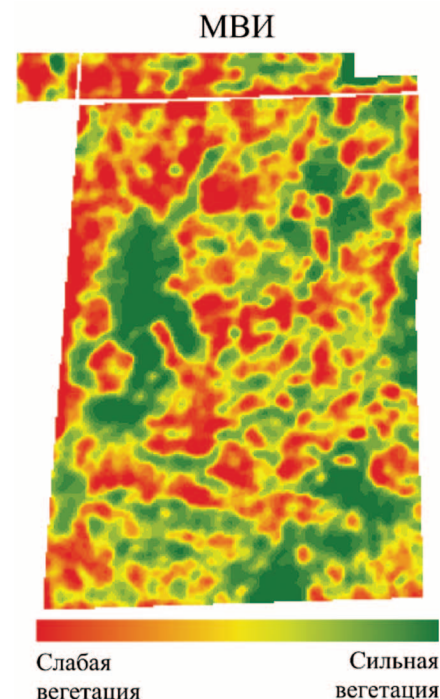


Рисунок 2. Карта МВИ
Figure 2. MVI map



участки связаны с более светлыми участками. Такая же зависимость наблюдается на рис. 5, где видно, что, даже при высоких уровнях погрешности, все равно можно достоверно отличить более темные-плодородные почвы от более светлых-неплодородных почв.

Рис. 6 представляет результаты полевых почвенных изысканий. Точки апробации были заложены для максимального раскрытия причин неоднородности почвенного покрова.

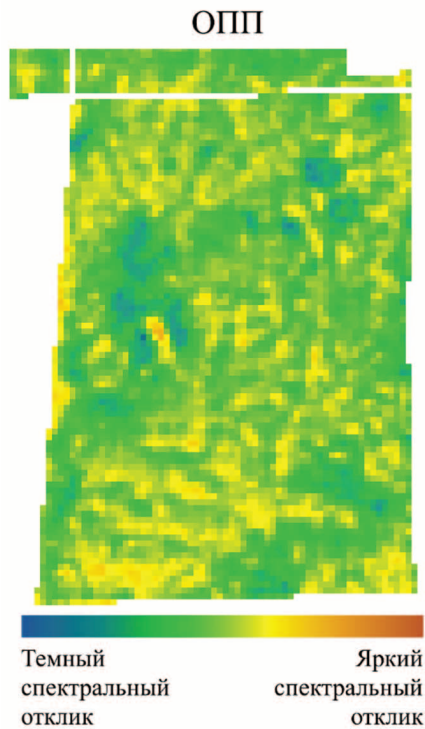


Рисунок 3. Карта ОПП
Figure 3. OSS map

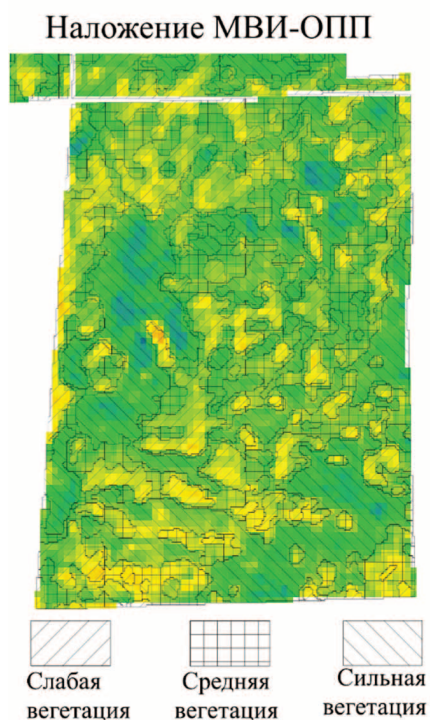


Рисунок 4. Карта наложения МВИ-ОПП
Figure 4. MVI-OSS intersection map

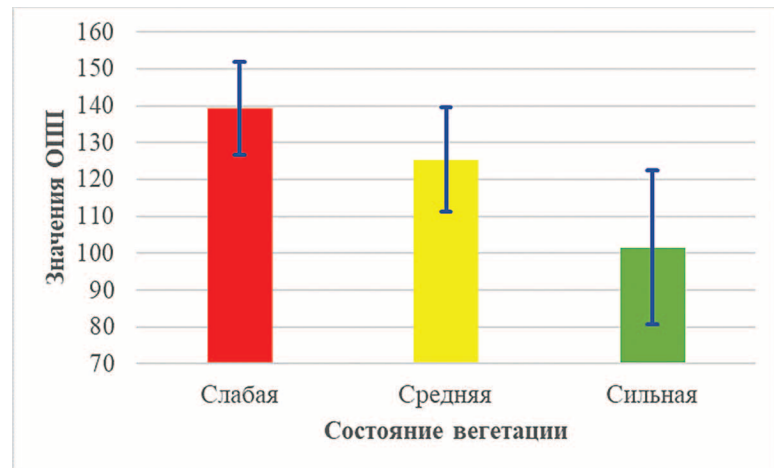


Рисунок 5. Корреляция ОПП и МВИ
Figure 5. OSS-MVI correlation

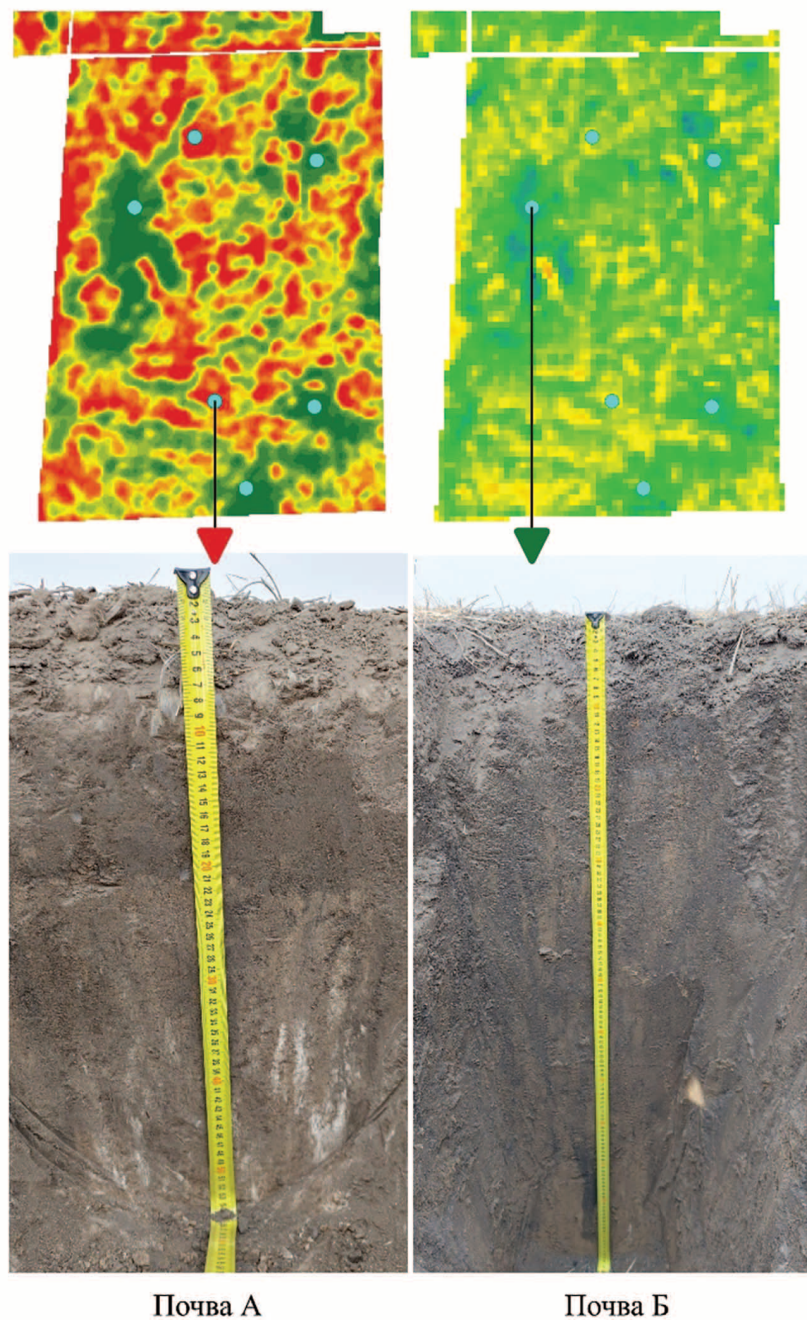


Рисунок 6. Почвенный разности на объекте исследований
Figure 6. Difference in soils on the study site

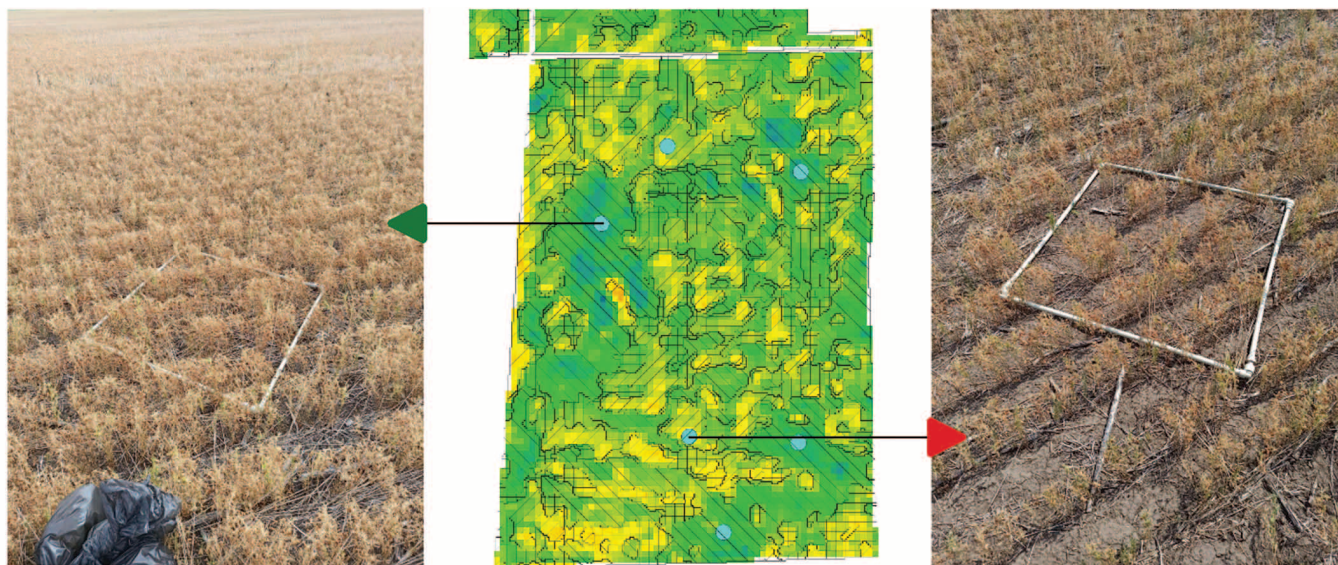


Рисунок 7. Разница в вегетации чечевицы
Figure 7. Difference in lentil vegetation

Обе почвы являются южными черноземами, однако их почвенный профиль достаточно сильно отличается. Почва в низкопродуктивной, светлой зоне (Soil A) имеет мощность гумусового горизонта в 20см, в то время как почва в высокопродуктивной зоне (Soil B) гумусовые затеки опускаются на глубину до 110см. Кроме того, в почве А отчетливо видны новообразования карбонатов, отсутствующие в почве Б. По данным предыдущих агрохимических обследований хозяйством также было установлено высокое содержание карбонатов, что сильно сказывается на общем плодородии почв. В условиях сухих степей Казахстана такая разница является крайне существенной и имеет колоссальное влияние на урожайность, что показано на рис. 7.

На рис. 7 приводится фактическая разница в урожайности между различными зонами плодородия, определенными разными методами. Как видно из рисунка, разница в продуктивности вегетации достаточно существенная. Фактическая урожайность составила 127кг/га в высокопродуктивном участке и 34кг/га в низкопродуктивном.

Обсуждение. Структура почвенного покрова северного Казахстана в большей степени связана с условиями микрорельефа территории. Перераспределение влаги и ее аккумуляция в депрессиях рельефа формирует благоприятные условия для развития сельскохозяйственных культур. В депрессии рельефа также переносится весь эрозионный материал, смытый с автоморфных поверхностей, дополнительно обогащая пахотный горизонт органическим веществом. В условиях повышенного содержания влаги и органического вещества растения способны все глубже опускать свою корневую систему, создавая каналы и ходы, по которым органическое вещество может затекать все ниже и ниже, формируя профиль почвы Б на рис. 6. Гумусовое вещество, затекающее на большую глубину, в свою очередь повышает общую площадь питания для корневой системы.

Такие условия формируют крайне контрастную картинку структуры почвенного покрова, где все понижения рельефа являются плодородными и высокопродуктивными, в то время как

вершины рельефа оказываются смытыми и низкопродуктивными. Органическое вещество и влага также являются сильно контрастными и их детекция по снимкам почвы без вегетации становится возможной, раскрывая потенциал метода ОПП. Аккумуляция влаги и органического вещества делает почвы более темными на снимках, в то время как эрозия, смывающая органическое вещество, и вспашка, перемешивающая верхний темный горизонт почвы с нижележащим осветленным горизонтом, делают их более светлыми, позволяя определять спектральную окрестность линии почв и в дальнейшем их дифференцировать.

Корреляционный анализ показал, что ОПП и МВИ коррелируют на уровне 0,75. Согласно рис. 5, при квантильном группировании МВИ можно достоверно наблюдать разницу между слабой и сильной вегетацией и четко дифференцировать границу между ними. Однако, к сожалению, достоверно найти пороговые значения для группировки сырых данных МВИ не

удалось. Полученные различными способами границы интервалов показывают очень похожие картины по взаимосвязи факторов, как показано на рис. 8.

В общем виде взаимосвязь представляется полиномом, однако требует дальнейшего изучения и установления достоверных границ группировки.

С прикладной точки зрения построение детальных карт СПП методом ОПП представляет большую ценность для целей и задач точного земледелия. Поскольку ОПП строится непосредственно по снимкам почвы без вегетации, они обладают большей детализацией и, благодаря прямой оценке почвенных условий, по картам ОПП становятся наглядно видны, например, проблемы засоления или опесчаненности, которые могут быть неочевидны на МВИ. Такой подход может помочь снизить расходы и повысить урожайность и маржинальность культур при корректной постобработке и грамотном перераспределении удобрений на поле.

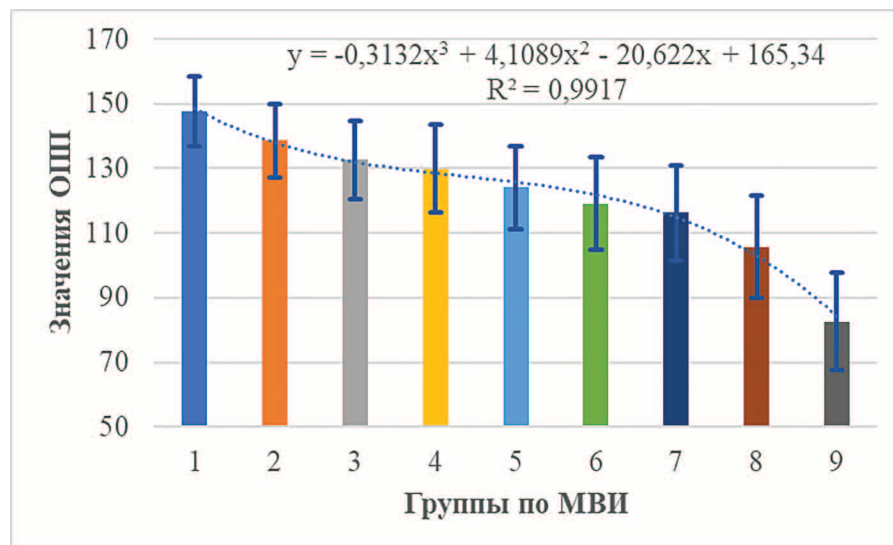


Рисунок 8. Взаимосвязь ОПП и МВИ
Figure 8. OSS and MVI correlation



По использованию карты ОПП в качестве основы для карт-заданий по дифференциации удобрений необходимо провести наземное обследование, по результатам которого следует оценить фактические потенциалы и проблематики каждой конкретной почвы. В противном случае можно столкнуться с проблемой перерасхода удобрений на низкопродуктивных участках (рис.6, Почва А) и недокормленности растений на высокоплодородных участках (рис 6, Почва Б).

По данных хозяйства, исторически урожайность чечевицы на исследуемом поле составляла 50кг/га в валовом выражении. После внедрения технологии применения карты ОПП для дифференцированного внесения удобрений позволила определить лимиты плодородия каждой из почв в структуре почвенного покрова и повысить урожайность продуктивных участков до 127кг/га.

Закключение

Накопление многолетнего массива данных спутниковых снимков группировок Landsat и Sentinel и развитие технологий нейросетей и искусственного интеллекта позволяет разрабатывать и применять передовые технологии для нужд сельскохозяйственного картографирования, в частности для составления карт структур почвенного покрова.

Картирование структур почвенного покрова является важнейшим компонентом в системах точного земледелия. С помощью СПП можно комплексно определить проблематику и общие характеристики почв, что позволяет разработать дифференцированную программу питания растений для достижения максимальной продуктивности на каждом конкретном участке поля.

Традиционные методы составления карт структур почвенного покрова на основании МВИ обладают рядом недостатков, как, например, невозможность сравнить состояние двух соседних полей из-за разной вегетации на них. ОПП является прямым методом оценки СПП и не зависит от вегетации, что позволяет картировать большие массивы в кратчайшие сроки и проводить сравнение почв между различными территориями по одной результирующей карте.

Список источников

1. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М: Мысль, 1972. 423 с.
2. Fridland V.M. Structure of the soil mantle // Geoderma. 1974. Vol. 12, № 1-2. P. 35-41.
3. Скрыбина О.А. Структура почвенного покрова, методы ее изучения. Пермь: Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова, 2007. 206 с.
4. Rukhovich D.I. et al. Recognition of the Bare Soil Using Deep Machine Learning Methods to Create Maps of Arable Soil Degradation Based on the Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Data // Remote Sens (Basel). 2022. Vol. 14, № 9. P. 2224.
5. Якушева О.И. Влияние внутриверхушечной почвенной неоднородности и уровня интенсификации агротехнологий на урожайность яровой пшеницы: Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. СПб, 2013.
6. Кирушин В.И. Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель // Почвоведение. 2020. № 7. С. 871-879.
7. Кирушин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1130-1139.
8. Куляница А.Л. и др. Анализ информативности методов обработки больших спутниковых данных систем точного земледелия при коррекции крупномасштабных почвенных карт // Почвоведение. 2020. № 12. С. 1460-1477.
9. И.Ю. Мамонтова, А.А. Фомин Экономические методы регулирования земельных отношений в России // International agricultural Journal. 2023. № 3. С. 806-818.
10. Haneklaus S, Lilienthal H, Schnug E. 25 years Precision Agriculture in Germany — a retrospective // 13th International Conference on Precision Agriculture. St. Louis, Missouri, USA, 2016.
11. Королева П.В. и др. Местоположение открытой поверхности почвы и линии почвы в спектральном пространстве RED-NIR // Почвоведение. 2017. № 12. P. 1435-1446.

References

1. Fridland V.M. (1972). *Struktura pochvennogo pokrova* [Soil cover structure], Moscow, Mysl', 423 p.
2. Fridland V.M. (1974). Structure of the soil mantle. *Geoderma*, vol. 12, no. 1-2, pp. 35-41.

3. Skryabina O.A. (2007). *Struktura pochvennogo pokrova, metody ee izucheniya* [Soil cover structure and methods for its study], Perm', Permskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya imeni akademika D.N. Pryanishnikova, 206 p.

4. Rukhovich D.I. et al. (2022). Recognition of the Bare Soil Using Deep Machine Learning Methods to Create Maps of Arable Soil Degradation Based on the Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Data. *Remote Sens (Basel)*, vol. 14, no. 9, P. 2224.

5. Yakusheva O.I. (2013). *Vliyaniye vnutripol'noi pochvennoi neodnorodnosti i urovnya intensifikatsii agrotekhnologii na urozhainost' yarovoi pshenitsy* [Influence of intrafield soil fertility heterogeneity and agrotechnical intensification levels on wheat yield], Dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences. St. Petersburg.

6. Kiryushin V.I. (2020). *Metodologiya kompleksnoi otsenki sel'skokhozyaistvennykh zemel'* [Methodology of agricultural lands assessment]. *Pochvovedenie*, no. 7, pp. 871-879.

7. Kiryushin V.I. (2019). *Upravleniye plodorodiem pochv i produktivnost'yu agrotsenozov v adaptivno-landshaftnykh sistemakh zemledeliya* [Management of soil fertility and agrocenosis productivity assessment in landscape-adaptive land management practices]. *Pochvovedenie*, no. 9, pp. 1130-1139.

8. Kulyanitsa A.L. i dr. (2020). *Analiz informativnosti metodov obrabotki bol'shikh sputnikovyykh dannykh sistem tochnogo zemledeliya pri korrektsii krupnomasshtabnykh pochvennykh kart* [Analysis of informativeness of big satellite and precision farming data processing methods for correction of large-scale soil maps]. *Pochvovedenie*, no. 12, pp. 1460-1477.

9. I.Y. Mamontova, A.A. Fomin (2023). Economic methods of land relations regulation in Russia. *International agricultural Journal*, no. 3, pp.806-818.

10. Haneklaus S, Lilienthal H, Schnug E. (2016). 25 years Precision Agriculture in Germany — a retrospective. 13th International Conference on Precision Agriculture, St. Louis, Missouri, USA.

11. Koroleva P.V. i dr. (2017). Mestopolozhenie otkrytoi poverkhnosti pochvy i linii pochvy v spektral'nom prostanstve RED-NIR [Open soil surface location in the RED-NIR spectral space]. *Pochvovedenie*, no. 12, pp. 1435-1446.

11. I.Y. Mamontova, A.A. Fomin (2023). Economic methods of land relations regulation in Russia. *International agricultural Journal*, no. 3, pp.806-818.

Информация об авторах:

Рашкович Василий Николаевич, аспирант, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, инженер-картограф, ООО «Агроноут»,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7541-5671>, vasily.rashkovich@gmail.com

Борщев Дмитрий Геннадьевич, аспирант, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, заместитель генерального директора по вопросам развития и распространения, ООО «Агроноут», ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8002-0698>, dimaborshev@gmail.com

Рухович Дмитрий Иосифович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией почвенной информатики, ведущий научный сотрудник, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8002-0698>, landmap@yandex.ru

Шаповалов Дмитрий Анатольевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры высшей математики, физики и информатики, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8268-911X>, shapoval_ecology@mail.ru

Information about the authors:

Vasily N. Rashkovich, postgraduate student, Dokuchaev soil science institute, cartographer, Agronote LLC,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7541-5671>, vasily.rashkovich@gmail.com

Dmitrii G. Borshchev, postgraduate student, Dokuchaev soil science institute, cartographer, deputy general director for development, Agronote LLC,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8002-0698>, dimaborshev@gmail.com

Dmitry I. Rukhovich, head of the laboratory of soil informatics, leading researcher, Dokuchaev soil science institute,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8002-0698>, landmap@yandex.ru

Dmitry A. Shapovalov, doctor of technical science, professor, State university of land use planning,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8268-911X>, shapoval_ecology@mail.ru





Научная статья

УДК 632.51

doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_624

ПУТИ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Н.Л. Адаев¹, З.П. Оказова^{1,2}, А.Г. Амаева¹

¹Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Грозный, Россия

²Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия

Аннотация. При анализе структуры посевных площадей России установлено, что картофель входит в число культур-лидеров. Так, в России картофель возделывается на площади более 1,1 млн га, на Северном Кавказе около 4,0 тыс. га. Сорные растения в агроценозе — это не только сокращение площади питания культурных растений, но и резерваторы вредных объектов. Так, амброзия полыннолистная и паслен черный являются резерваторами целого комплекса вредителей и болезней картофеля. Цель исследования — используя урожайные данные, графическим способом установить один из параметров вредоносности сорного полевого компонента — критический период в агроценозе картофеля разных сроков созревания в лесостепной зоне Чеченской Республики. Исследование проводилось в период 2022–2023 гг. в лесостепной зоне Чеченской Республики. Для проведения опыта были выбраны два сорта картофеля: среднеранний сорт Русский сувенир и среднеспелый сорт Аврора. В ходе обследования посадок картофеля в лесостепной зоне Чеченской Республики установлен сложный тип засоренности, произрастают порядка 20 видов сорных растений из 18 семейств. В агроценозе картофеля лесостепной зоны Чеченской Республики смешанный тип засоренности. В посадках среднераннего сорта картофеля Русский сувенир установлен критический период вредоносности сорных растений 24 дня с момента появления всходов; среднеспелого сорта картофеля Аврора — 33 дня. Таким образом, можно сделать вывод, что в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики наиболее целесообразно возделывание раннеспелых сортов картофеля.

Ключевые слова: сорного полевого компонент, вредоносность, критический период, урожайность, культура земледелия

Original article

WAYS TO GREEN POTATO CULTIVATION TECHNOLOGY

N.L. Adaev¹, Z.P. Okazova^{1,2}, A.G. Amaeva¹

¹Chechen State University named after. A.A. Kadyrov, Grozny, Russia

²Chechen State Pedagogical University, Grozny, Russia

Abstract. When analyzing the structure of cultivated areas in Russia, it was found that potatoes are among the leading crops. Thus, in Russia potatoes are cultivated on an area of more than 1.1 million hectares, in the North Caucasus about 4.0 thousand hectares. Weeds in agroecosystem are not only a reduction in the feeding area of cultivated plants, but also reservoirs of harmful objects. Thus, ragweed and black nightshade are reserves for a whole complex of potato pests and diseases. The purpose of the study is to use yield data to graphically establish one of the parameters of the harmfulness of the weed field component — the critical period in the agroecosystem of potatoes of different ripening periods in the forest-steppe zone of the Chechen Republic. The study was conducted in the period 2022–2023. in the forest-steppe zone of the Chechen Republic. Two potato varieties were selected for the experiment: the mid-early variety Russian Souvenir and the mid-season variety Aurora. During a survey of potato plantings in the forest-steppe zone of the Chechen Republic, a complex type of weed infestation was established; about 20 species of weeds from 18 families grow. In the potato agroecosystem of the forest-steppe zone of the Chechen Republic, there is a mixed type of weediness. In plantings of the mid-early potato variety Russian Souvenir, a critical period for the harmfulness of weeds has been established 24 days from the moment of emergence; mid-season potato variety Aurora — 33 days. Thus, we can conclude that in the conditions of the forest-steppe zone of the Chechen Republic, it is most advisable to cultivate early-ripening potato varieties.

Keywords: weed component, harmfulness, critical period, productivity, farming culture

Введение. При анализе структуры посевных площадей России установлено, что картофель входит в число культур-лидеров. Так, в России картофель возделывается на площади более 1,1 млн. га, на Северном Кавказе около 4,0 тыс. га.

На современном этапе одними из актуальных вопросов возделывания картофеля можно назвать получение экологически чистой продукции, что обеспечивается снижением пестицидной нагрузки на агроценоз картофеля. Кроме того, в сложившейся непростой ситуации важно обеспечить сельскохозяйственных товаропроизводителей высококачественным отечественным посадочным материалом, отвечающим всем требованиям. Важно в полном объеме использовать биологические особенности культуры для того, чтобы минимизировать пестицидную нагрузку [10, 11].

В связи с тем, что большинство сельскохозяйственных угодий засорено в средней и сильной степени актуальность темы исследования сомнений не вызывает. Сорные растения в агроценозе — это не только сокращение площади питания культурных растений, но и резерваторы вредных объектов. Так, амброзия полыннолистная и паслен черный являются резерваторами целого комплекса вредителей и болезней картофеля [8].

Цель исследования — используя урожайные данные, графическим способом установить один из параметров вредоносности сорного полевого

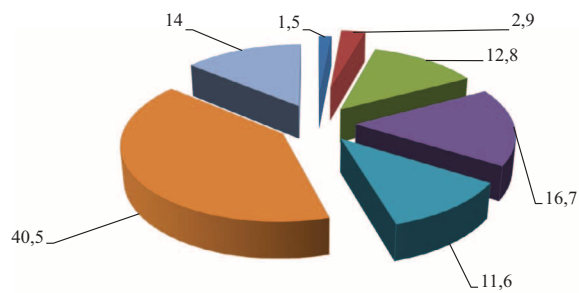
компонента — критический период в агроценозе картофеля разных сроков созревания в лесостепной зоне Чеченской Республики.

Методы исследования. Исследование проводилось с использованием Методических указаний по определению критических периодов и экономических порогов вредоносности сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур (1985) [4, 9].

Экспериментальная база. Исследование проводилось в период 2022–2023 гг. в лесостепной зоне Чеченской Республики. Учетная площадь делянки 10 м², повторность опыта четырехкратная. Для проведения опыта были выбраны два сорта картофеля: среднеранний сорт Русский сувенир и среднеспелый сорт — Аврора. Заложено модельный полевой опыт, где моделировалась различная продолжительность ухода за посевом [2, 7].

Результаты и обсуждение. В ходе обследования посадок картофеля в лесостепной зоне Чеченской Республики установлен сложный тип засоренности, произрастают порядка 25 видов сорных растений из 18 семейств. При этом наибольшее распространение получили поздние яровые сорные растения, что можно объяснить биологическими особенностями исследуемой культуры. Численность составила от 5 до 450 шт/м² (рис.1).

Превалировали яровые поздние яровые сорняки (40,5%), что связано с биологическими особенностями культуры [1, 5, 6].



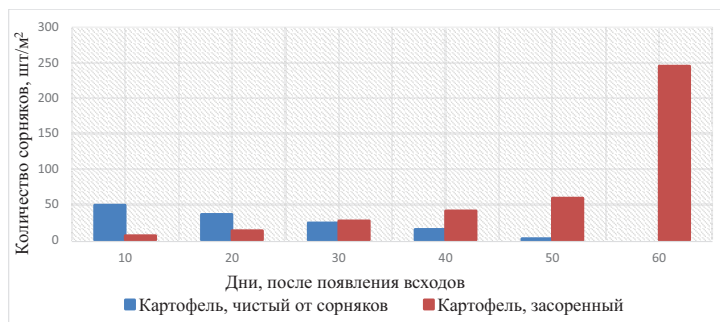
■ зимующие ■ ранние яровые ■ стержнекорневые
■ корнеотпрысковые ■ корневищные ■ поздние яровые
■ яровые средние

Рисунок 1. Группы сорных растений в агроценозе картофеля (2022-2023 гг.)

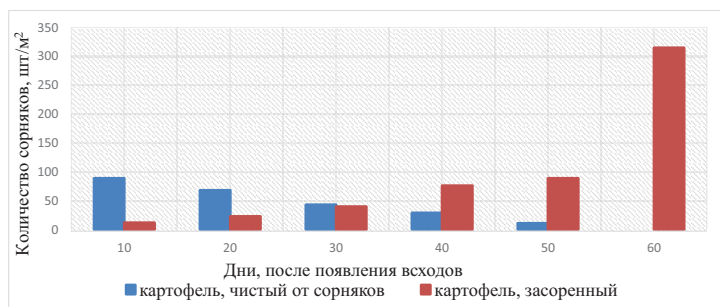
Figure 1. Groups of weeds in potato agroecosystem (2022-2023)

Таблица 1. Биомасса сорных растений на фоне различной длительности приемов ухода за посадками картофеля (2022-2023 гг.)
Table 1. Biomass of weeds against the background of different durations of methods for caring for potato plantings (2022-2023)

Начало ухода за посадками	Годы		Среднее за 2022-2023 гг.	
	2022	2023	г/м ²	%
Среднеранний сорт Русский сувенир				
10 дней от появления всходов	815,20	742,80	779,00	73,52
20 дней от появления всходов	405,90	319,10	362,50	87,68
30 дней от появления всходов	270,60	211,00	240,80	91,82
40 дней от появления всходов	130,00	119,80	124,90	95,75
50 дней от появления всходов	40,50	30,90	35,70	98,79
Посадки чистые весь период вегетации	0,00	0,00	0,00	100,0
10 дней от появления всходов засорены	32,50	26,20	29,35	99,10
20 дней от появления всходов засорены	89,40	66,60	78,00	97,35
30 дней от появления всходов засорены	231,90	198,50	215,20	92,69
40 дней от появления всходов засорены	332,00	304,90	318,45	89,18
50 дней от появления всходов засорены	438,05	402,15	420,10	85,72
Засорены весь период вегетации	3090,60	2791,00	2940,80	-
НСР ₀₅ , г/м ²	23,15	7,98		
Среднеспелый сорт Аврора				
10 дней от появления всходов	975,20	941,40	958,30	69,27
20 дней от появления всходов	589,08	542,32	565,70	81,86
30 дней от появления всходов	336,00	305,80	320,90	89,71
40 дней от появления всходов	281,20	239,40	260,30	91,66
50 дней от появления всходов	94,40	83,74	89,07	97,15
Посадки чистые весь период вегетации	0,00	0,00	0,00	0,00
10 дней от появления всходов засорены	83,20	74,80	79,00	97,47
20 дней от появления всходов засорены	141,10	105,40	123,40	96,05
30 дней от появления всходов засорены	315,20	301,80	308,50	90,11
40 дней от появления всходов засорены	433,00	417,80	425,40	86,36
50 дней от появления всходов засорены	523,10	512,90	518,00	83,39
Засорены весь период вегетации	3208,00	3028,00	3118,00	0,00
НСР ₀₅ , г/м ²	29,05	8,23		



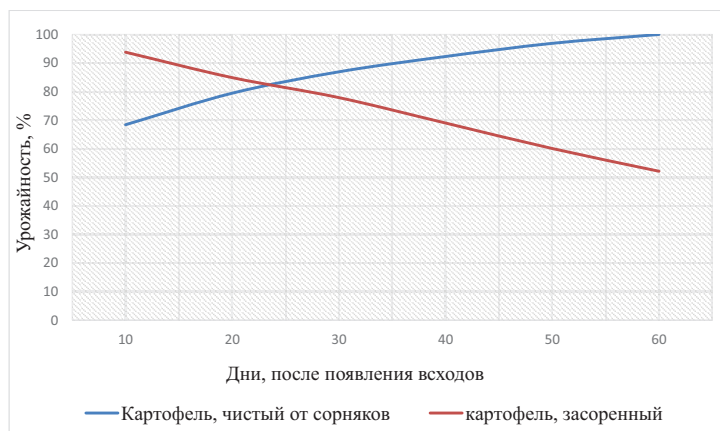
Среднеранний сорт Русский сувенир



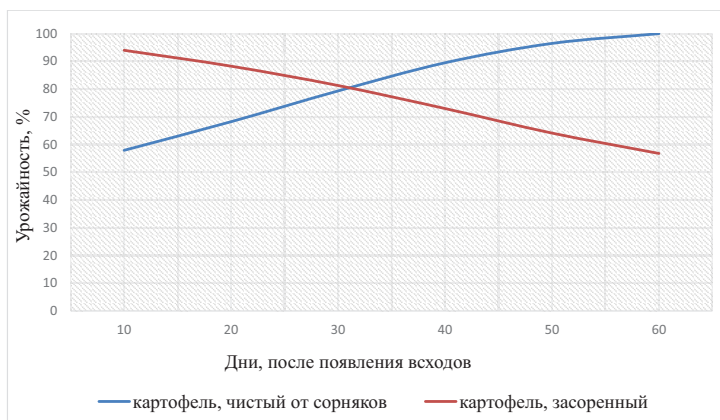
Среднеспелый сорт Аврора

Рисунок 2. Количество сорных растений в посадках картофеля разных сроков созревания (2022-2023 гг.)

Figure 2. Number of weeds in potato plantings of different ripening periods (2022-2023)



Среднеранний сорт Русский сувенир



Среднеспелый сорт Аврора

Рисунок 3. Критические периоды вредоносности сорных растений в посадках картофеля (2022-2023 гг.)

Figure 3. Critical periods of weed damage in potato plantings (2022-2023)

В сравнении с Республикой Северная Осетия-Алания менее разнообразен, что можно объяснить меньшим количеством осадков, выпадающих в течение вегетационного периода, более высокой температурой воздуха и низкой его относительной влажностью. Так, в лесостепной зоне Республики Северная Осетия-Алания в агроценозе картофеля произрастает более 25 видов сорных растений, представителей 21 семейства.

Анализ результатов опыта показал, что в агроценозе раннеспелого сорта картофеля Русский сувенир, чистом от сорняков 10 дней после появления всходов было 49 шт/м² сорных растений, снижение массы сорнополевого компонента составило 73,52% снижение засоренности. Посадка среднеспелого сорта Аврора: сорняков больше — 89 шт/м², и снижение массы меньше — 69,27% (табл. 1, рис. 2).

На вариантах, где посадки среднераннего сорта картофеля Русский сувенир находились без сорняков 20-50 дней, воздушно-сухая масса составила 362,50-35,70 г/м² или снижение массы — 87,68-98,79%.

На посеве среднеспелого сорта картофеля Аврора снижение количества и массы сорных растений было меньшим: 12-89 шт/м² (2,53-16,61% соответственно). В этом блоке были сорные растения «второй волны», это те экземпляры, которые не оказывают достоверного влияния на снижение урожайности картофеля. Во втором блоке засоренность моделировалась в противоположном направлении — картофель засорен 10-50 дней и, затем — посадки чистые от сорняков.

Перед уборкой раннеспелого сорта картофеля Русский сувенир на всех смоделированных вариантах блока число сорных растений — 1,8-44,0 шт/м² (0,60-14,66% от контроля).

На посадках, засоренных весь вегетационный период — 315,0 шт/м² с воздушно-сухой массой 3118,00 г/м².

С увеличением численности сорных растений прямо пропорционально увеличивалась и их воздушно-сухая масса, что подтверждает факт внутривидовой и межвидовой конкуренции [5].

Критический период вредоносности сорных растений в посевах кукурузы определяется графически, основным параметром для его определения является урожайность культуры. Урожайность посадок среднераннего сорта картофеля Русский сувенир чистых от сорняков 29,5 т/га, посадок, засоренных в течение всего вегетационного периода — 15,57 т/га.

Урожайность при поддержании агроценоза чистым от сорной растительности в течение 10-50 дней — 20,17-28,58 т/га (потери 31,60-3,10%). Во втором блоке, где картофеля засорен 10-50 дней, затем в ходе вегетации был чистым от

сорняков урожайность — 27,67-15,37 т/га (6,20-47,87%). Урожайность среднеспелого сорта картофеля Аврора чистого от сорняков 24,60 т/га, агроценоза, засоренного в течение всего вегетационного периода — 13,97 т/га. По урожайным данным графически определен критический период вредоносности сорнополевого компонента (рис. 3).

Урожайность при поддержании агроценоза чистым от сорной растительности в течение 10-50 дней — 14,25-23,73 т/га (потери 42,07-3,52%). Во втором блоке, где картофель засорен 10-50 дней, затем в ходе вегетации был чистым от сорняков урожайность — 23,12-13,97 т/га (6,00-43,20%).

В ходе проведения опыта установлено, что независимо от группы спелости гибрида первый блок характеризовался большими потерями урожая, что связано с меньшей конкурентоспособностью культуры в начале вегетационного периода. Второй блок — потери урожая значительно меньше. Это объясняется повышением конкурентоспособности культуры по отношению к сорным растениям.

Область применения результатов. Результаты, полученные в ходе работы найдут применение при составлении регистров сорной растительности посадок картофеля и мероприятий по борьбе с вредными объектами в Чеченской Республике и Полученные результаты необходимы при разработке экологически обоснованных мер борьбы с сорняками в агроценозе раннеспелых сортов картофеля в лесостепной зоне Чеченской Республики и на Северном Кавказе в целом.

Вывод. В агроценозе картофеля лесостепной зоны Чеченской Республики смешанный тип засоренности. В посадках среднераннего сорта картофеля Русский сувенир установлен критический период вредоносности сорных растений — 24 дня с момента появления всходов; среднеспелого сорта картофеля Аврора — 33 дня. Таким образом, можно сделать вывод, что в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики целесообразно возделывание раннеспелых сортов картофеля.

Список источников

1. Байрамбеков Ш.Б. и др.. Контроль численности однолетней сорной растительности в посадках раннего картофеля // Проблемы развития АПК региона. 2020. № 2(42). С. 21-27.
2. Банадысев С.А. Менеджмент сорняка *Solanum tuberosum* // Наше сельское хозяйство. 2020. № 3(227). С. 34-42.
3. Волчек И.Г. Мониторинг сорных растений в агроценозах картофеля в Беларуси // Защита растений. 2023. № 47. С. 13-20.
4. Келдыш М.А. и др.. Сорный компонент экосистем как источник распространения фитовирусов на сельско-

хозяйственные культуры // Защита и карантин растений. 2023. № 11. С. 32-34.

5. Оказова З.П. и др.. Экологические аспекты вредоносности сорных растений в агроценозе картофеля // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 5(395). С. 545-548.

6. Ткач А.С. и др.. Борьба со злаковыми сорными растениями в посадках картофеля // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. № 2(63). С. 62-68.

7. Чернов О.С. Факторы влияния на взаимоотношения растений в агрофитоценозах Верхневолжья // Владимирский земледелец. 2021. № 1(95). С. 35-43.

8. Шалыгина А.А., Бацазова Т.М. Влияние севооборота на засоренность посевов сельскохозяйственных культур // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 85-3. С. 68-71.

9. Шпанев А.М., Смук В.В. Засоренность зернотравнопропашного севооборота на Северо-Западе России // Земледелие. 2024. № 1. С. 10-15.

10. Bertholdsson N-O. Early vigour and allelopathy — two useful traits for enhanced barley and wheat competitiveness against weeds // Weed Research. 2005. Vol. 45. № 2. P. 94-102.

11. Golebiowska H., Kaus A. Kaus Influence of diversified tillage system on weed infestation in crop maize // Progress in Plant Protection. 2009. Vol. 49. № 2. P. 779-783.

References

1. Bayrambekov Sh.B. (2020). Control of the number of annual weeds in early potato plantings / Sh.B. Bayrambekov, O.G. Korneva, E.V. Polyakova, E.D. Garyanova. Problems of development of the regional agro-industrial complex, no. 2(42), pp. 21-27.
2. Banadysev S.A. (2020). Management of the weed *Solanum tuberosum*. Our agriculture, no. 3(227), pp. 34-42.
3. Volchkevich I.G. (2023). Monitoring of weeds in potato agroecosystems in Belarus. Plant protection, no. 47, pp. 13-20.
4. Keldysh M.A., Chervyakova O.N. (2023). Weed component of ecosystems as a source of spread of phytoviruses to agricultural crops. Protection and quarantine of plants, no. 11, pp. 32-34.
5. Okazova Z.P., Adaev N.L., Khanieva I.M. (2023). Ecological aspects of the harmfulness of weeds in potato agroecosystems. International Agricultural Journal, no. 5(395), pp. 545-548.
6. Tkach A.S., Golubev A.S., Svirina N.V. (2021). Control of cereal weeds in potato plantings. News of the St. Petersburg State Agrarian University, no. 2(63), pp. 62-68.
7. Chernov O.S. (2021). Factors influencing the relationships of plants in agrophytocenoses of the Upper Volga region. Vladimir Farmer, no. 1(95), pp. 35-43.
8. Shalygina A. A., Batsazova T.M. (2022). The influence of crop rotation on weed infestation of agricultural crops. Trends in the development of science and education, no. 85-3, pp. 68-71.
9. Shpanev A.M., Smuk V.V. (2024). Weediness of grain-grass-row crop rotation in the North-West of Russia. Agriculture, no. 1, pp. 10-15.
10. Bertholdsson N-O. (2005). Early vigour and allelopathy — two useful traits for enhanced barley and wheat competitiveness against weeds. Weed Research, vol. 45, no. 2, pp. 94-102.
11. Golebiowska H., Kaus A. (2009). Influence of diversified tillage system on weed infestation in crop maize. Progress in Plant Protection, vol. 49, no. 2, P. 779-783.

Информация об авторах:

Адаев Нурбек Ломалиевич, доктор биологических наук, профессор, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3770-7240>, mr.adaev6173@mail.ru

Оказова Зарина Петровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Чеченский государственный педагогический университет, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4405-7725>, okazarina73@mail.ru

Амаева Асет Ганиевна, кандидат биологических наук, доцент, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3770-7240>, aset-666@mail.ru.

Information about the authors:

Nurbek L. Adaev, doctor of biological sciences, professor, Chechen State University named after A.A. Kadyrov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3770-7240> mr.adaev6173@mail.ru

Zarina P. Okazova, doctor of agricultural sciences, professor, Chechen State Pedagogical University, Chechen State University named after A.A. Kadyrov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4405-7725>, okazarina73@mail.ru

Aset G. Amaeva, candidate of biological sciences, associate professor, Chechen State University named after A.A. Kadyrov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3770-7240>, aset-666@mail.ru.