



### За вклад в развитие АПК России

**Царев Павел Павлович, генеральный директор АО «АгроГард».** Агрохолдинг АО «АгроГард» в 2023 году отметил 20-летний юбилей. Последние 12 лет компанию возглавляет Царев Павел Павлович. Все эти годы компания демонстрирует устойчивый рост. Инвестиционная политика АО «АгроГард» направлена на сбалансированное развитие всех отраслей сельскохозяйственного производства. За последние 3 года инвестиции на развитие предприятий агрохолдинга составили более 4,8 млрд. руб. В рамках реализации трехлетней инвестиционной программы предприятия АО «АгроГард» получили 45 зерноуборочных комбайнов отечественных марок. Значительная часть инвестиций направляется в строительство, реконструкцию и модернизацию предприятий агрохолдинга. Компания «АгроГард» позиционирует себя как стабильный и устойчиво развивающийся агрохолдинг, занимающий одно из ведущих мест в отрасли сельского хозяйства, который своей деятельностью вносит вклад в реализацию государственной политики в области обеспечения продовольственной безопасности России.



### За вклад в развитие Ассоциации «Теплицы России»

**Рогова Наталья Дмитриевна, генеральный директор Ассоциации «Теплицы России».** Созданная ведущими тепличными предприятиями страны, Ассоциация «Теплицы России» в 2024 году отмечает 30-летний рубеж своей деятельности по развитию отечественного тепличного овощеводства и обеспечению продовольственной безопасности государства. За эти годы организация выросла в мощную структуру, представленную более 200 предприятиями, ассоциация представляет их интересы в законодательных и исполнительных органах государственной власти Российской Федерации. В этот период были построены и модернизированы более 2 тыс. га теплиц, в основном круглогодичного выращивания. Все это позволило достичь в 2023 году рекордного урожая: овощей — более 1,58 млн. тонн, культивируемых грибов — 150 тыс. тонн, цветов на срезку — более 383 млн. шт. 20 лет ассоциация проводит специализированную выставку «Защищенный грунт России», демонстрирующую достижения научно-технического прогресса в этой сфере.



### За вклад в развитие садоводства

**Хаустов Сергей Валерьевич, вице-президент Ассоциации садоводов России, председатель комитета Тамбовской областной Думы по аграрным вопросам, экологии и природопользованию России.** С ноября 2004 Сергей Хаустов возглавлял вновь созданное ООО «Снежеток» и на сегодняшний день предприятие постоянный участник федерального Дня садовода (дважды проводился в ООО «Снежеток») и различных выставок, имеет 13 золотых медалей и множество дипломов за внедрение инновационных технологий в садоводстве; за лучшее садоводческое хозяйство; за выращивание плодово-ягодных культур по интенсивной технологии с капельным орошением; за достижения высоких показателей в производстве плодовой продукции. С 2007 года Сергей Хаустов активно занимается общественной работой в Ассоциации садоводов России в качестве вице-президента. За эти годы Ассоциация внесла очень большой вклад в развитие садоводства и питомниководства страны. В настоящее время Сергей Валерьевич возглавляет комитет областной Думы по аграрным вопросам, экологии и природопользованию.



### За вклад в развитие мелиорации

**Хисматуллин Марс Мансурович, директор ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Приволжскому федеральному округу, г.Казань» Хисматуллин М.М.** за последние годы были разработаны и реализованы республиканские целевые программы по развитию мелиорации земель в Республике Татарстан, в рамках которых восстановлено и модернизировано более 35 тыс. га орошаемых земель, посажено более 32 тыс.га лесополос, пробурено около 800 артезианских скважин на воду и проложено более 600 км водопровода. Благодаря программам республика полностью обеспечила потребности в картофеле и овощах на орошении. Разработаны и внедрены в производство экологически безопасные ресурсосберегающие приемы формирования высокопродуктивных агроценозов безрассадной капусты, моркови, кукурузы на зерно и многолетних трав на орошении. Впервые в лесостепной зоне Среднего Поволжья была разработана и внедрена авторская комплексная система мелиорации пойменных лугов, обеспечивающая повышение их продуктивности в 2,0-2,5 раза.



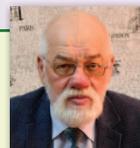
### За развитие селекции и семеноводства в России

**Прянишников Александр Иванович — директор департамента селекции и семеноводства с/х культур АО «Щелково Агрохим», член-корреспондент РАН.** Прянишников А.И. автор более 20 сортов озимой пшеницы, 5 сортов сои и 3 гибридов подсолнечника. Селекционные достижения пользуются широким спросом в сельскохозяйственном производстве. Александр Иванович автор высокопродуктивных сортов Орловского биотипа, которые впервые в России реализовали потенциал урожайности озимых пшениц на уровне 165 ц/га и выше, а в производстве два года подряд сорт Ермоловка входит в Книгу Рекордов России с урожайностью 122,6 ц/га (2023 г.). Прянишников А.И. курирует селекционные программы по селекции сои, гибридного подсолнечника и гороха, им сформированы основные экологические векторы селекционной работы, которые через систему эколого-географических испытаний реализованы в различных регионах РФ.



### За вклад в развитие картофелеводства в России

**Губина Татьяна Дмитриевна, Руководитель Аппарата Картофельного Союза.** Союз участников картофеля и овощей (Картофельный Союз) создан в 2011 году. Наиболее актуальными задачами текущего момента Аппарат Союза видит в продвижении и популяризации российских технологий, в первую очередь российской селекции картофеля и овощей. Однако, поддерживая политику импортозамещения, Картофельный Союз, последовательно выступает за сохранение конкурентности и доступности как к российским, так и иностранным решениям. Основные мероприятия Союза — выставки, Дни поля, вебинары направлены на информирование профессионального сообщества о последних достижениях, инновационных технологиях. Большая работа Аппарата Союза связана с увеличением спроса на вкусный картофель, овощи и продукты переработки.



### За подготовку кадров для сельского хозяйства

**Ивойлов Александр Васильевич, профессор Аграрного института Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева.** Вся трудовая деятельность Александра Васильевича связана с агропромышленным комплексом России. Основные направления его деятельности: эколого-агрохимическая оценка удобрений на выщелоченных черноземах лесостепи, изучение сеgetального компонента основных агрофитоценозов, разработка сортовой агротехники пивоваренного ячменя, картофеля и других культур. А.В. Ивойлов с 1995 года преподает в Аграрном институте, под руководством Александра Васильевича выполнены и защищены более 90 дипломов и магистерских диссертаций.



### За вклад в развитие рисоводства

**Гаркуша Сергей Валентинович, директор ФГБНУ «Федеральный научный центр риса».** Гаркуша С.В. на протяжении ряда лет занимается вопросами повышения эффективности отрасли рисоводства в Краснодарском крае. В 2016 году в Краснодарском крае получен 1 миллион тонн риса, что является абсолютным рекордом за всю историю рисосеяния на Кубани. Достиженный результат во многом обеспечили усилия руководимого С.В. Гаркушей научного коллектива ФГБНУ «ФНЦ риса», в первую очередь — селекционеров центра. В настоящее время С.В. Гаркуша руководит исследованиями, связанными с разработкой учеными центра технологических паспортов вновь создаваемых сортов риса нового поколения: устойчивых к болезням, высокоурожайных, сортов с высокой антиоксидантной активностью для функционального питания и др. Под руководством Сергея Валентиновича центр активизировал сотрудничество с ведущими образовательными и научными центрами страны. В Российской Федерации выращивают сорта риса только отечественной селекции, из которых 80% созданы в Федеральном научном центре риса.



### Научная работа по аграрной тематике

**Бобренко Игорь Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения Омского ГАУ, член экспертного совета ВАК по агрономии и лесному хозяйству.** Сфера научных исследований Игоря Александровича: управление минеральным питанием сельскохозяйственных культур на основе комплексной диагностики, применение органических удобрений, экологические аспекты применения удобрений, мониторинг парниковых газов. Бобренко И.А. провел исследования по оптимизации минерального питания 16 сельскохозяйственных культур. Игорь Александрович руководитель гранта Российского научного фонда на тему «Научно-обоснованная система мониторинга потоков парниковых газов при различных технологиях введения в оборот залежных земель» (2022-2024 гг.). За достижение высоких показателей в выращивании продукции растениеводства и повышении плодородия почв работы Бобренко Игоря Александровича неоднократно был награжден медалями Всероссийской агропромышленной выставки «Золотая осень».



## ЦАРЕВ ПАВЕЛ ПАВЛОВИЧ, к.э.н.

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР АО «АГРОГАРД»

Почетный работник АПК России

Заместитель председателя комитета АПК ТПП

Компания «АгроГард» является одним из крупнейших российских сельскохозяйственных холдингов, который занимается растениеводством и молочным животноводством, обладает собственными элеваторными мощностями. Общая площадь земельных угодий компании составляет 156,6 тыс. га, расположенных в пяти филиалах компании в Краснодарском крае и регионах Центрального Черноземья. Агрохолдинг АО «АгроГард» в 2023 году отметил 20-летний юбилей. Последние 12 лет компанию возглавляет кандидат экономических наук Царев Павел Павлович, почетный работник агропромышленного комплекса России, заместитель председателя Комитета Торгово-промышленной палаты РФ по развитию агропромышленного комплекса. П.П. Царев в 1986 году окончил Московский институт народного хозяйства имени Г.В. Плеханова. С 2003 года работает в сельскохозяйственной отрасли на различных руководящих должностях, внося большой личный вклад в развитие сельского хозяйства за счет обеспечения роста эффективности десяти управляемых предприятий, входящих в структуру агрохолдинга. В феврале 2024 г. П.П. Царев стал победителем премии «Агроинвестор года — 2023» в номинации «Топ-менеджер года».

Курс на устойчивое развитие компании опирается не только на увеличение производственных показателей, но и эффективность использования ресурсов компании. Стабильное производство продукции растениеводства, как одной из составляющих продовольственной безопасности Российской Федерации, рост урожайности и валового сбора основных культур, повышение плодородности земель обеспечивается в АО «АгроГард» за счет внедренной под руководством П.П. Царева системы земледелия, сочетающей в себе комплекс мероприятий по оптимизации структуры посевных площадей, организации рационального севооборота, использования современных перспективных сортов зерновых культур отечественной селекции, эффективного использования удобрений, внедрения интегрированной системы защиты растений от болезней и вредителей и др. Агропредприятия АО «АгроГард» в отрасли растениеводства демонстрируют стабильную динамику роста объемов производства зерновых

и зернобобовых культур. В сезоне 2022/2023 гг. предприятиями агрохолдинга был получен рекордный урожай — валовый сбор зерновых составил 661 тыс. т, а общий валовый сбор по всем культурам превысил 1 млн т. По итогам 2023 года урожайность пшеницы составила 57,0 ц/га, ячменя — 55,4 ц/га, кукурузы — 103,3 ц/га, сахарной свеклы 535 ц/га, сои — 25,3 ц/га, подсолнечника — 32,2 ц/га. Надои молока по итогам 2023 года составили 8 428 кг на одну фуражную корову.

В условиях текущей реальности развитие возможно без использования современных технологий, инноваций как в семеноводстве и агротехнологиях, так и в сельхозмашиностроении, использовании геопозиционирования и т.д. С 2011 года в агрохолдинге под руководством П.П. Царева реализуются масштабные инвестиционные проекты по развитию складской инфраструктуры, строительству зерносушильных комплексов, формированию парка современной высокопроизводительной сельскохозяйственной техники, модернизации и развитию молочно-товарного комплекса. Общий объем инвестиций в данные проекты насчитывает более 10 млрд руб. Инвестиционная политика АО «АгроГард», проводимая под руководством П.П. Царева, направлена на сбалансированное развитие всех отраслей сельскохозяйственного производства. За последние 3 года инвестиции на развитие предприятий агрохолдинга составили более 4,8 млрд. руб. В рамках реализации трехлетней инвестиционной программы предприятия АО «АгроГард» получили 45 зерноуборочных комбайнов отечественных марок. Значительная часть инвестиций направляется в строительство, реконструкцию и модернизацию предприятий агрохолдинга.

Одним из основных инструментов управления агрохолдингом является система бюджетирования. Для формирования бюджетов на следующий год в холдинге устанавливаются целевые производственные и финансово-экономические показатели, планирование которых осуществляется на основе имеющихся ретроспективных данных, а также на основе анализа конъюнктуры рынка и влияния макроэкономических факторов. Для руководителя холдинга бюджеты являются оцифрованной моделью бизнеса и направлены на обеспечение достижения установленных целевых значений. После утверждения бюджетов осуществляется строгий контроль их исполнения, в первую очередь, в части затрат. Посредством этого инструмента происходит управление и контроль расходов, просчитываются последствия принятых решений, их влияние на конечный финансовый результат.

Важной составляющей в достижении высоких результатов в области растениеводства является сотрудничество компании «АгроГард» с ПАО «ФосАгро» по эффективному использованию систем и технологий минерального питания растений. В рамках сотрудничества с научными подразделениями ПАО «ФосАгро» и научно-исследовательскими организациями с 2018 г. на предприятиях агрохолдинга проводятся опыты в формате агрополигонов. Полученные в ходе опытов высокие агрономические результаты демонстрируются в рамках проведения Дней поля.

Результаты, которых достигает компания в условиях производства на селе, стали возможными благодаря тому, что П.П. Царев особое внимание уделяет кадровому потенциалу. Системные меры реализуемой на предприятии кадровой





покупает продукцию агрохолдинга, наличие таких сертификатов является свидетельством того, что АО «АгроГард» заботится об обеспечении высокого качества своей продукции и является ответственным участником зернового рынка.

Руководство ставит одной из приоритетных задач на ближайшие годы работу по обеспечению высокого качества готовой продукции, так как этот фактор влияет на конкурентоспособность продукции, и всего бизнеса в целом. Соответственно, это повлечет необходимость внесения изменений в технологии производства. На фоне снижения маржинальности отрасли также ставится задача оптимизации затрат. В прошлом сезоне компания начала реализовывать проект по семеноводству. Первые результаты оказались удовлетворительными, планируется продолжить этот проект. В связи с меняющейся политикой продаж и необходимостью обеспечения возможности более длительного хранения продукции планируется развивать складскую инфраструктуру: намечено строительство зерносушильного комплекса в одном из филиалов ЦФО и строительство дополнительных мест долговременного хранения готовой продукции.

Компания «АгроГард» позиционирует себя как стабильный и устойчиво развивающийся агрохолдинг, занимающий одно из ведущих мест в отрасли сельского хозяйства, который своей деятельностью вносит вклад в реализацию государственной политики в области обеспечения продовольственной безопасности России. Достигнутые за годы существования компании производственные и финансовые результаты и сформированная команда единомышленников позволяют рассчитывать на долгие годы успешной деятельности агрохолдинга.

политики, позволяют привлекать в агрохолдинг высококвалифицированный персонал. На предприятиях агрохолдинга действует система социальных гарантий и социальной материальной поддержки работников. Также на протяжении всей своей деятельности предприятия агрохолдинга оказывают благотворительную помощь общественным, муниципальным и социальным организациям и социально незащищенным группам населения в регионах своего присутствия. За вклад в поддержку своих работников, членов их семей, населения и организаций компания «АгроГард» в 2022 г. была признана победителем премии «Агроинвестор года — 2022» в номинации «Социально-ответственная инициатива» — «Забота о сотрудниках».

Руководство понимает, что проблема дефицита рабочей силы свойственна сельскому хозяйству, так как происходит отток населения из сельских поселений в городскую среду. Тем не менее, в агрохолдинге кадрового кризиса нет, но, безусловно, есть дефицит квалифицированных специалистов и рабочих. В настоящее время на предприятиях в первую очередь не хватает агрономов, животноводов, трактористов-машинистов и водителей грузового транспорта.

Следует отметить, что для сельского хозяйства, как и для многих других отраслей, характерен достаточно высокий средний возраст специалистов, занятых в производстве. Сейчас средний возраст специалистов на предприятиях агрохолдинга превышает 45 лет. Поэтому компанией разрабатываются мероприятия по привлечению и удержанию молодых работников, ведется работа с образовательными учреждениями по приему на практику студентов. Вместе с тем, по мнению руководства, для удержания кадров в селе недостаточно действий только со стороны сельскохозяйственных компаний. Необходимо на уровне государства разрабатывать программы по привлечению молодежи в сельское хозяйство.

П.П. Царев пользуется заслуженным авторитетом и уважением среди всех руководителей и работников предприятий агрохолдинга. За время работы в отрасли П.П. Царев зарекомендовал себя как грамотный и талантливый руководитель, в совершенстве владеющий вопросами экономики и управления сельскохозяйственным производством, обладающий прекрасными организаторскими способностями, которые использует в работе с коллективом общей численностью более 2 700 человек. Также компания и Царев П.П. пользуются заслуженным авторитетом у своих партнеров — поставщиков и покупателей на агропромышленном рынке. В 2022 г. компания «АгроГард» была

признана победителем премии «Агроинвестор года — 2022» в номинации «Надежный поставщик зерна».

Предприятия холдинга регулярно проходят сертификацию Российского зернового союза. Прохождение сертификации складских объектов является добровольным, то есть каждый сельхозтоваропроизводитель сам принимает решение проходить такую сертификацию или нет. Вместе с тем, наличие подобных сертификатов является значимым как для самих сельхозтоваропроизводителей, так и для их партнеров. Прохождение данной проверки позволяет привести все технологические процессы при работе с зерновыми культурами на складских объектах и сами складские объекты в такое состояние, которое удовлетворяет различным внешним требованиям, предъявляемым к приемке, подработке и хранению сельскохозяйственных культур. Для партнеров, в первую очередь для тех, кто





Международный  
сельскохозяйственный журнал  
Издаётся с 1957 года

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

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



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



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



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

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



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



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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
А.А. Фомин

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

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

Учредитель и издатель: ООО «Электронная наука»

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

Свидетельство Московской регистрационной Палаты № 002.043.018 от 04.05.2001 г.

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

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

Дата выхода в свет 15.04.2024 г. Тираж 5600  
Цена договорная

© Международный сельскохозяйственный журнал

EDITOR  
А.А. Fomin

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

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

Founder and publisher: ООО «E-science»

Certificate of registration media  
PI № FS77-49235 of 04.04.2012

Certificate of Moscow registration Chamber  
№ 002.043.018 of 04.05.2001

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

Address for postal correspondence:  
105064, Moscow, box 62

Date of issue 15.04.2024. Edition 5600  
The price is negotiable

© International agricultural journal

Награды  
«Международного  
сельскохозяйственного  
журнала»:

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



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



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



Земельные отношения и землеустройство

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ / EDITORIAL BOARD

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

## СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS



### ГЛАВНАЯ ТЕМА НОМЕРА THE MAIN THEME OF THE MAGAZINE

Национальная премия имени П.А. Столыпина «Аграрная элита России-2024»  
The national prize named after P.A. Stolypin "Agrarian elite of Russia-2024" 115



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

Тихомиров А.И., Фомин А.А. Государственная поддержка АПК России: основные тенденции и социально-экономическое значение  
Tikhomirov A.I., Fomin A.A. State support of the agricultural industry of Russia: main trends and social economic importance 121

Рыкова И.Н., Губанов Р.С., Юрьева А.А. Актуальные вопросы стимулирования производства яблок в России с учетом мер государственной поддержки  
Rukova I.N., Gubanov R.S., Yurieva A.A. Current issues of stimulating apple production in Russia in consideration of state support measures 126



### ЗЕМЕЛЬНЫЕ ОТНОШЕНИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО LAND RELATIONS AND LAND MANAGEMENT

Антропов Д.В., Комаров С.И. Классификация регионов страны в целях прогнозирования и планирования по показателям системы регионального землепользования  
Antropov D.V., Komarov S.I. Classification of the country's regions for the purpose of forecasting and planning according to the indicators of the regional land use system 130

Папаскири Т.В., Кучер Д.Е., Пивень Е.А., Чернова Е.Г., Алексеенко Н.П., Тетерюков А.И. Эффективность использования естественных водных ресурсов посевами зернового сорго в богарных условиях сухостепной зоны Калмыкии  
Papaskiri T.V., Kucher D.E., Piven E.A., Chernova E.G., Alekseyenko N.P., Teteryukov A.I. The efficiency of the use of natural water resources by grain sorghum crops in the rain-fed conditions of the dry steppe zone of Kalmykia 135

Барышников Н.Г., Иванов А.А., Самыгин Д.Ю., Алексеева С.Н. Перспективные направления планирования пространственного развития производства аграрной продукции  
Baryshnikov N.G., Ivanov A.A., Samygin D.Yu., Alekseeva S.N. Promising directions for spatial development of agricultural products production 140



### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ENVIRONMENTAL AND FOOD SECURITY

Зайцев А.А., Дмитриев Н.Д., Родионов Д.Г. Инструментарий диагностики продовольственной безопасности территории как составляющей ее ресурсного потенциала  
Zaytsev A.A., Dmitriev N.D., Rodionov D.G. A diagnosis tool of food security of a territory as a component of its resource potential 144

Галазова С.С., Медведева М.Б., Солдатова А.О. Концептуальные и прикладные аспекты «зеленого» финансирования /контекст повышения отраслевой эффективности на примере сельского хозяйства/  
Galazova S.S., Medvedeva M.B., Soldatova A.O. Conceptual and applied aspects of "green" finance /the context of increasing industry efficiency using the example of agriculture/ 149

Жданова Р.В., Рассказова А.А., Хватыш Н.В., Соколова Т.А., Хуторова А.О. Экологическая оценка особо охраняемых природных территорий на основе мониторинга окружающей среды  
Zdanova R.V., Rasskazova A.A., Khvatysh N.V., Sokolova T.A., Khutorova A.O. Ecological assessment of specially protected natural areas based on environmental monitoring 154



### АГРАРНАЯ РЕФОРМА И ФОРМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ AGRARIAN REFORM AND FORMS OF MANAGING

Жахов Н.В., Бессонова Е.А., Ронжина М.А., Алексеева В.В. Воздействие инновационной деятельности на основные социально-экономические показатели аграрных регионов России  
Zhakhov N.V., Bessonova E.A., Ronzhina M.A., Alekseeva V.V. Impact of innovation activity on the main socio-economic indicators of agricultural regions of Russia 158

Смирнова В.В. Развитие цифровых технологий сельского хозяйства в условиях деглобализации  
Smirnova V.V. Development of digital technologies of agriculture in conditions of deglobalization 163

Лысенко Ю.В., Лысенко М.В., Калмакова Н.А., Дубынина А.В. Архитектура индикаторов и их целевых показателей уровня и качества жизни сельского и городского населения региона  
Lysenko Yu.V., Lysenko M.V., Kalmakova N.A., Dubynina A.V. Architecture of indicators and their targets for the level and quality of life of the rural and urban population of the region 167

Барышникова Н.А., Киреева Н.А., Кузнецова И.О., Алтухов П.Л. Феномен дачи с позиции концепции реципрокности: экономико-социологический анализ  
Baryshnikova N.A., Kireeva N.A., Kuznetsova I.O., Altukhov P.L. The phenomenon of dacha from the perspective of the concept of reciprocity: economic and sociological analysis 172

Мальсагова Р.Г. Совершенствование господдержки аграрных предприятий в условиях внедрения цифрового рубля  
Malsagova R.G. Improving state support for agricultural enterprises in the context of the introduction of the digital ruble 178

Новиков А.В. Обоснование и выбор инвестиционных проектов развития Арктики с учетом интересов традиционного природопользования  
Novikov A.V. Justification and selection of investment projects for the development of the Arctic, taking into account the interests of traditional nature management 183



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

Шухалова А.Г., Тимофеев С.А., Долгих В.В. Высоковирулентные и специфичные биопестициды на основе генетически модифицированных энтомопатогенных грибов  
Shukhalova A.G., Timofeev S.A., Dolgikh V.V. Highly virulent and specific biopesticides based on genetically modified entomopathogenic fungi 188

Токарев К.Е., Лебедь Н.И. Мультиклассовое распознавание посевов сельскохозяйственных культур рекуррентной нейронной сетью глубокого обучения со сверточными слоями по цветным аэрофотоснимкам высокого разрешения  
Tokarev K.E., Lebed N.I. Multiclass recognition of crops by a recurrent deep learning neural network with convolutional layers based on high-resolution color aerial photographs 192

Приходько И.А., Бандурин М.А., Сергеев А.Э., Евтеева И.Д. Разработка природоподобных технологий в условиях возрастающего дефицита водных ресурсов, техногенных угроз и климатических аномалий на Юге России  
Prikhodko I.A., Bandurin M.A., Sergeev A.E., Evteeva I.D. Development of nature-like technologies in conditions of increasing scarcity of water resources, man-made threats and climatic anomalies in the South of Russia 196

Лебедь Н.И., Токарев К.Е., Нехорошев Д.Д., Сторожаков С.Ю., Попов А.Ю. Разработка методов управления производственными процессами фитогенозов в условиях точного земледелия с использованием гибридных автоматизированных систем и алгоритмов искусственного интеллекта  
Lebed N.I., Tokarev K.E., Nekhoroshev D.D., Storozhakov S.Yu., Popov A.Yu. Development of methods for managing the production processes of phytoagrogenoses in precision farming using hybrid automated systems and artificial intelligence algorithms 201

Левшаков Л.В., Лазарев В.И. Эффективность удобрений с серой при возделывании сои на зональных почвах ЦЧР  
Levshakov L.V., Lazarev V.I. The effectiveness of fertilizers with sulfur in the cultivation of soybeans on zonal soils of the CCR 205

Бардаханова Т.Б., Мункуева В.Д., Иванова С.Н., Осодоев П.В., Еремко З.С. Комплексная оценка антропогенной нагрузки на агроландшафты трансграничных территорий Северной Азии  
Bardakhanova T.B., Munkueva V.D., Ivanova S.N., Osodoev P.V., Eremko Z.S. Comprehensive assessment of anthropogenic load on agrolandscapes of transboundary territories of North Asia 210

Косенко С.В. Низкорослые продуктивные формы озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Пензенской области  
Kosenko S.V. Low growing productive forms of winter soft wheat in forest-steppe conditions of the Penza region 216

Плужникова И.И., Криушин Н.В., Бакулова И.В. Морфометрические особенности и продуктивность растений конопли посевной под влиянием фитосанитарных мероприятий, проводимых в агроценозе культуры  
Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V., Bakulova I.V. Morphometric features and productivity of hemp plants under the influence of phytosanitary measures carried out in the agrocenosis of the culture 219

Макаханиук Ж.С., Замана С.П. Использование салата латук в качестве тест-объекта для оценки берегового грунта реки Ходца  
Makakhaniuk J.S., Zamana S.P. Use of lettuce salad as a test object for assessing pollution of the coastal soil of the Khodtsa river 225

Оказова З.П., Амаева А.Г., Шутко А.П. Засоренность как фактор физиологического и фитопатологического благополучия посевов кукурузы  
Okazova Z.P., Amaeva A.G., Shutko A.P. Weed control as a factor of physiological and phytopathological well-being of corn crops 229

Кирейчева Л.В., Рогачев Д.А., Юрченко И.Ф., Рогачев А.Ф. Оптимизация распределения ограниченных водных ресурсов методами эволюционно-генетического программирования  
Kireicheva L.V., Rogachev D.A., Yurchenko I.F., Rogachev A.F. Optimization of the distribution of limited water resources by methods of evolutionary genetic programming 233



# ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ АПК

Научная статья

УДК 332.1:338.432

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_121

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА АПК РОССИИ: ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

А.И. Тихомиров<sup>1</sup>, А.А. Фомин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российский государственный аграрный университет —  
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

<sup>2</sup>Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

**Аннотация.** В статье проанализировано современное состояние развития аграрного сектора экономики страны и определены факторы, влияющие на эффективность развития отрасли и финансово-экономическое положение предприятий АПК. Установлено, что благоприятная рыночная конъюнктура и оказанная бюджетная поддержка отрасли позволили сельскохозяйственным организациям увеличить за 2020-2022 гг. прибыль до налогообложения на 26,5% и чистую прибыль на 26,3%. Определены ключевые особенности регулирования АПК в современных условиях хозяйствования. Рассмотрены формы и механизмы оказания государственной поддержки АПК, состоящие из прямой и косвенной поддержки, государственного регулирования и администрирования. Установлено, что общий объем оказанной бюджетной поддержки сельскохозяйственным организациям из бюджетов всех уровней за 2018-2022 гг. составил 803,4 млрд руб. Наибольший объем денежных средств было выделено на стимулирование инвестиционной деятельности 239,0 млрд руб., рост составил 29,7%. Отмечена тенденция сокращения субсидирования по всем направлениям за 2018-2022 гг. на 2,8%, что обусловлено снижением инвестиционной активности и темпов наращивания производства продукции сельского хозяйства из-за насыщения внутреннего агропродовольственного рынка продукцией собственного производства, а также снижением платежеспособного спроса в результате падения реально располагаемых доходов населения. Обоснованы новации в механизмах оказания бюджетной поддержки, связанные с объединением компенсирующей и стимулирующей субсидии в одну единую субсидию с определением обязательных приоритетов для всех субъектов и направлений субсидирования, которые региональные органы управления АПК имеют право выбирать по своему усмотрению. Показана важность формирования стратегических приоритетов оказания государственной поддержки в обеспечении продовольственной безопасности страны. На основании проведенного анализа предложены новые концептуальные подходы по государственному регулированию и субсидированию сельского хозяйства, позволяющий повысить адресность и объективность оказания бюджетной поддержки.

**Ключевые слова:** государственная поддержка, развитие сельского хозяйства, субсидии, эффективность, регулирование рынка

Original article

## STATE SUPPORT OF THE AGRICULTURAL INDUSTRY OF RUSSIA: MAIN TRENDS AND SOCIAL ECONOMIC IMPORTANCE

A.I. Tikhomirov<sup>1</sup>, A.A. Fomin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy  
named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

<sup>2</sup>State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

**Abstract.** The article analyzes the current state of development of the agricultural sector of the country's economy and identifies factors influencing the efficiency of industry development and the financial and economic situation of agricultural enterprises. It was established that favorable market conditions and the budgetary support provided to the industry allowed agricultural organizations to increase their productivity in 2020-2022. profit before tax by 26.5% and net profit by 26.3%. The key features of regulation of the agro-industrial complex in modern economic conditions are identified. The forms and mechanisms for providing state support to the agricultural sector, consisting of direct and indirect support, state regulation and administration, are considered. It has been established that the total amount of budget support provided to agricultural organizations from budgets of all levels for 2018-2022. amounted to 803.4 billion rubles. The largest amount of funds was allocated to stimulate investment activities — 239.0 billion rubles, an increase of 29.7%. There was a tendency to reduce subsidies in all areas for 2018-2022. by 2.8%, which is due to a decrease in investment activity and the rate of increase in agricultural production due to the saturation of the domestic agri-food market with domestically produced products, as well as a decrease in effective demand as a result of a fall in real disposable income of the population. Innovations in the mechanisms for providing budget support are substantiated, related to the combination of compensating and incentive subsidies into one single subsidy with the definition of mandatory priorities for all subjects and areas of subsidizing, which regional governing bodies of the agro-industrial complex have the right to choose at their discretion. The importance of forming strategic priorities for providing state support in ensuring the country's food security is shown. Based on the analysis, new conceptual approaches to state regulation and subsidization of agriculture have been proposed, which makes it possible to increase the targeting and objectivity of providing budget support.

**Keywords:** government support, agricultural development, subsidies, efficiency, market regulation

**Введение.** Одним из ключевых факторов, определяющих эффективность развития аграрного сектора экономики, является объем и доступность государственной поддержки для сельскохозяйственных товаропроизводителей, а также уровень администрирования и быстрота доведения финансовых ресурсов до конечных получателей.

На сегодняшний день количественный состав и качественный характер субсидий, направляемых на развитие АПК из федерального и региональных бюджетов, предопределяет не только размер получаемой прибыли и конкурентоспособность производимой продукции, но, и во многом, формирует основу для проведения технико-технологической модернизации

отрасли, обеспечения расширенного воспроизводства и повышения устойчивости АПК России.

При этом совершенствование механизмов и повышение эффективности государственной поддержки отрасли в условиях усиления негативных геополитических процессов и санкционного давления приобретает первоочередное значение и фактически становится



лимитирующим фактором обеспечения продовольственной безопасности страны [1, 2].

Исходя из этого, изучение основных тенденций развития бюджетной поддержки и направлений их совершенствования является актуально научно-практической задачей, требующей особого внимания со стороны органов управления АПК, представителей научного и отраслевого бизнес-сообщества.

**Материалы и методы исследований.** В качестве материалов для проведения исследований использовались официальные данные Росстата, органов управления АПК и отраслевых объединений.

Методологической основой для исследования явились работы ведущих российских и зарубежных ученых. В процессе исследования применялись специальные методы исследования экономико-математический, расчетно-конструктивный, монографический и метод экспертных оценок.

**Результаты исследований.** Развитие АПК России на протяжении последних лет проходило под влиянием разнонаправленных процессов, которые, с одной стороны, связаны с формированием благоприятной рыночной конъюнктуры на внутреннем агропродовольственном рынке, из-за сокращения его емкости и предложения, что обусловило в значительной степени повышение цен реализации на основные виды сельскохозяйственной продукции после введения эмбарго на импорт продуктов питания из ряда «недружественных» стран, а с другой, ростом затрат и стоимости используемых ресурсов (средств производства и расходных материалов) вследствие усиления инфляционных и девальвационных процессов в экономике [3].

Более существенное влияние на развитие аграрного сектора России оказала пандемия новой коронавирусной инфекции и рост цен на мировом рынке сырья и продовольствия, а также усиление экономических санкций и ограничений в сфере торгово-экономического сотрудничества и трансферта технологий, что привело к необходимости выработке новых подходов к государственной поддержке и регулирования АПК на основе проведения глубокого анализа сложившихся тенденций и факторов различной природы, оказывающих прямое и косвенное воздействие на устойчивое развитие отрасли в современных условиях хозяйствования [4].

Отмеченные процессы обеспечили значительный рост интереса к этому вопросу, как со стороны органов управления АПК и отраслевого бизнес-сообщества, так и представителей научной сферы и образования. Данная проблема стала предметом обсуждения на высшем государственном уровне и была рассмотрена на крупнейших тематических конференциях и выставках.

В данной работе мы ориентировались на изучение ключевых факторов и современных тенденций оказания государственной поддержки и регулирования рынка АПК, которые, по нашему мнению, во многом определяют эффективность развития отрасли и ее устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды и возможностям скорейшей адаптации отечественных товаропроизводителей к современным условиям хозяйствования.

Рассматривая развитие аграрного сектора России за последние годы стоит отметить положительные тенденции, связанные в первую очередь с достаточно благоприятной рыночной

конъюнктуры на основных мировых рынках сырья и продовольствия (зерновые и масличные культуры), где российские производители занимают существенную долю в экспортных поставках и имеют возможность тем самым снижать предложение и давление на цены на внутреннем рынке, повышая свои показатели хозяйственно-экономической деятельности.

Начиная с 2020 г. на мировом рынке отмечается значительный рост цен на зерновые и масличные культуры, а также на продукты их переработки, что привело к росту внутренних цен и в значительной степени к росту доходности сельскохозяйственных производителей и АПК в целом.

Несмотря на введение со стороны Правительства Российской Федерации ограничительных мер на экспорт ряда культур зерновой группы и масличных для обеспечения экономической доступности продуктов питания для населения, произошло заметное возрастание их стоимости и на внутреннем рынке, что обеспечило улучшение большинства показателей финансово-экономической деятельности сельскохозяйственных организаций Российской Федерации (табл. 1).

В частности, за 2020-2022 гг. зафиксирован рост прибыли до налогообложения, как с учетом оказания бюджетной поддержки, так и без нее на 26,5 и 30,5% соответственно, а также чистой прибыли на 26,3%.

Наряду с этим за аналогичный период отмечен значительное возрастание производственных затрат, коммерческих и управленческих расходов на 26,9 и 80,7%, однако одновременный рост выручки и прямой государственной поддержки в форме субсидий на 30,6 и 12,4% соответственно позволили нивелировать негативное влияние увеличения издержек.

Усиление процессов концентрации и специализации производства привело к сокращению количества функционирующих предприятий за

счет их укрупнения, а внедрение новых технологий и управленческих практик позволило повысить производительность и оплату труда сотрудников за 2020-2022 гг. на 34,7% и высвободить незначительное количество трудовых ресурсов при одновременном увеличении фонда заработной платы на 30,2%.

Рассматривая процесс государственного регулирования АПК, следует обратить внимание на формы и механизмы оказания воздействия на сельскохозяйственных товаропроизводителей и рынки продовольствия, которые во многом обусловлены уровнем государственной поддержки аграрного сектора экономики [6,7,8].

По нашему мнению, все действующие на сегодняшний день направления государственной поддержки отрасли можно разделить на четыре формы, отличающиеся между собой механизмами оказания, фактором воздействия и уровнем влияния (табл. 2).

К первой группе прямой поддержки производителей сельскохозяйственной продукции следует отнести субсидии на компенсацию части затрат на производство и переработку сельскохозяйственной продукции и субсидии на компенсацию части инвестиционных затрат на строительство новых и модернизации действующих объектов АПК.

Ко второй группе, заключающейся в опосредованной косвенной поддержке, относятся все финансово-кредитные инструменты с бюджетной поддержкой и созданием льготных режимов кредитования, лизинга, страхования, транспортировки и логистики грузов, а также преференции в области налогообложения.

Третья группа включает в себя механизмы государственного регулирующего воздействия на АПК за счет преимущественно проведения мероприятий по наращиванию экспорта и активизации внешнеэкономической деятельности, а также использования мер таможенно-тарифного регулирования.

Таблица 1. Основные показатели финансово-экономической деятельности сельскохозяйственных организаций Российской Федерации

Table 1. Main indicators of financial and economic activity of agricultural organizations of the Russian Federation

Наименование показателя	Год			2022 г. к 2020 г., %
	2020	2021	2022	
Количество организаций, тыс. ед.	16,3	15,9	15,8	96,9
в т.ч. прибыльных, тыс. ед.	14,0	13,7	13,6	97,1
удельный вес прибыльных организаций, %	86,1	86,2	86,1	-
Выручка от реализации продукции и товаров, выполнения работ, оказания услуг, трлн. руб.	3,6	4,3	4,7	130,6
Производственная себестоимость, трлн. руб.	2,6	3,0	3,3	126,9
Коммерческие и управленческие расходы, млн. руб.	161,3	245,5	291,4	180,7
Полная себестоимость, трлн. руб.	2,8	3,2	3,6	128,6
Прибыль от реализации, млн. руб.	660,3	882,2	805,4	122,0
Государственная поддержка в форме субсидий из бюджетов всех уровней, млрд. руб.	147,3	156,0	165,5	112,4
Прибыль до налогообложения, млрд. руб.				
с учетом субсидий, млрд. руб.	624,8	872,5	790,1	126,5
без учета субсидий, млрд. руб.	486,0	721,8	634,0	130,5
Чистая прибыль, млрд. руб.	613,6	858,2	775,0	126,3
Рентабельность всей деятельности, %				
с учетом субсидий, %	21,0	25,6	20,3	96,7
без учета субсидий, %	16,3	21,2	16,3	100,0
Среднемесячная начисленная заработная плата сотрудников, тыс. руб.	32,6	37,3	43,9	134,7
Фонд оплаты труда, млрд. руб.	444,7	494,3	579,1	130,2
Среднесписочная численность работников, тыс. чел.	1,138	1,106	1,100	96,7

\* источник: составлено на основании данных Минсельхоза России [5]



Последняя группа форм государственной поддержки связана с совершенствованием механизмов администрирования процессов и осуществления контрольно-надзорных функций за счет упрощения процедур документооборота, ведомственного надзора и контроля, а также взаимодействия с органами государственной власти.

Общий объем оказанной бюджетной поддержки сельскохозяйственным организациям из бюджетов всех уровней за 2018-2022 гг. составил 803,4 млрд руб. при этом наибольший объем пришелся на стимулирование инвестиционной деятельности 239,0 млрд руб. или 29,7%.

Несмотря на общий колоссальный объем доведенных средств до сельскохозяйственных товаропроизводителей, следует обратить внимание на сокращение субсидирования по всем направлениям за 2018-2022 гг. на 2,8%, что обусловлено насыщением внутреннего агропродовольственного рынка продукцией собственного производства и снижением платежеспособного

спроса из-за падения реально располагаемых доходов населения, и как следствие снижение инвестиционной активности и темпов наращивания производства продукции сельского хозяйства.

Особенно ярко данная тенденция выражена в области государственной поддержки инвестиционной деятельности, которая за 2018-2022 гг. сократилась в 3,2 раза, что обусловлено снижением потребности в создании невостребованных рынков новых производственных мощностей в АПК и насыщением внутреннего рынка продукцией уже ранее созданных и функционирующих организаций.

Сокращение поддержки растениеводства и животноводства связано также с насыщением внутреннего рынка по большинству видам продуктов питания животного происхождения, за исключением молока, молочных продуктов и говядины, а также достаточно низким экспортными поставками, что наиболее характерно для подотрасли животноводства в отличие от растениеводства.

Так, за 2018-2022 гг. общая государственная поддержка программ и мероприятий в животноводстве сократилась на 18,5%, в то время как аналогичный показатель в растениеводстве составил за данный период времени 20,0%.

Характерной особенностью современного этапа бюджетной поддержки и государственного регулирования АПК является переход от стимулирования увеличения количественных показателей развития отрасли, связанных в первую очередь с наращиванием валового объема производства сельскохозяйственной продукции, к качественным индикаторам. К этой группе показателей относятся повышение доходности организаций аграрного сектора экономики за счет возмещения части производственных затрат, модернизация материально-технической базы, вовлечение в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения и развитие мелиоративного хозяйства [8].

За 2018-2022гг. на поддержку ведомственной программы вовлечения в эффективный оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации было выделено 29,8 млрд руб., а темп прироста субсидирования по этому направлению за данный период достиг 34,7% (табл. 3).

При этом следует обратить внимание, что реализация этой программы преимущественно осуществляется в регионах с рискованным земледелием и низким плодородием почвы, что предопределяет значительно более низкую инвестиционную привлекательность этих земельных активов для потенциальных инвесторов и более высокий уровень деградации почвенного покрова.

Вместе с тем по отдельным направлениям сельскохозяйственного производства влияние субсидий на рентабельность остается еще достаточно высокой, а по некоторым именно государственная поддержка позволяет выйти в положительную зону доходности из убыточного состояния (табл. 4).

Таблица 2. Основные формы и механизмы оказания государственной поддержки АПК России  
Table 2. The main forms and mechanisms of state support for the agro-industrial complex of Russia

Форма поддержки	Механизм оказания
Прямая поддержка	- субсидии на компенсацию части затрат на производство и переработку сельскохозяйственной продукции; - субсидии на компенсацию части инвестиционных затрат при строительстве новых и модернизации действующих объектов АПК
Косвенная поддержка	- льготной лизинг; - льготное кредитование (краткосрочное и инвестиционное); - льготное страхование; - льготные налоговые режимы и ставки; - льготные тарифы на транспортировку средств производства и продукции
Регулирующая поддержка	- поддержка экспорта продукции АПК; - закупочные и товарные интервенции; - квотирование и пошлины
Администрирование процессов и контрольно-надзорные функции	- упрощение процедур документооборота, ведомственного надзора и контроля, а также взаимодействия с органами государственной власти; - проведение ветеринарно-санитарных и фитосанитарных мероприятий, направленных на недопущение заноса и распространения болезней растений и животных; - содействие в проведении сертификации продукции и предприятий, в т.ч. ориентированные на экспортные поставки

\*источник: составлено на основании данных Минсельхоза России [9] и собственных исследований

Таблица 3. Современное состояние государственной поддержки сельскохозяйственных организаций Российской Федерации  
Table 3. Current state of state support for agricultural organizations of the Russian Federation

Показатели	год					2022 г. к 2018 г., %
	2018	2019	2020	2021	2022	
Получено бюджетных средств, млрд. руб.	172,7	153,9	150,1	158,9	167,8	97,2
Государственная поддержка мероприятий в области растениеводства, млрд. руб.	13,6	16,1	17,4	10,4	10,9	80,0
в т.ч. погектарная поддержка на площади сельскохозяйственных культур, млрд. руб.	11,6	13,3	15,6	10,4	10,9	94,0
распределено на произведенную продукцию растениеводства, млрд. руб.	1,5	1,4	0,5	-	-	-
сумма средств государственной поддержки, нераспределенная по видам культур и продукции растениеводства, млрд. руб.	0,5	1,4	1,3	-	-	-
Государственная поддержка мероприятий в области животноводства, млрд. руб.	27,1	29,4	46,8	21,1	22,1	81,5
в т.ч. распределено на поголовье разводимое поголовье животных и птицы, млрд. руб.	21,5	24,2	24,5	12,2	12,9	60,0
распределено на произведенную продукцию животноводства (сырье), млрд. руб.	5,3	4,3	21,5	8,9	9,3	175,5
сумма средств государственной поддержки, нераспределенная по видам животных и продукции животноводства, млрд. руб.	0,3	0,9	0,8	-	-	-
Государственная поддержка инвестиционной деятельности в АПК, млрд. руб., в т.ч.:	78,1	59,4	51,1	26,1	24,3	в 3,2 раза
на возмещение части процентной ставки по инвестиционным кредитам (займам) в АПК	51,7	37,7	27,2	18,1	15,7	30,4
на возмещение части прямых понесенных затрат на создание и модернизацию объектов АПК, включая приобретение техники и (или) оборудования	15,5	8,4	9,4	7,8	8,3	53,5
на возмещение части прямых понесенных затрат на создание и (или) модернизацию тепличных комплексов для производства овощей в защищенном грунте в Дальневосточном федеральном округе (ДФО)	-	-	-	-	0,1	-
прочие направления инвестирования, по которым предоставляется государственная поддержка, не включенные в другие группировки	10,9	13,3	14,5	0,2	0,2	в 54,5 р
Государственная поддержка программы вовлечения в эффективный оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса РФ, млрд. руб.	4,9	8,9	6,7	2,7	6,6	134,7
Государственная программа «Комплексное развитие сельских территорий», млрд. руб.	-	-	0,2	0,1	0,1	-

\*источник: составлено на основании данных Минсельхоза России [5,9,10]





Особенно ярко выражена данная тенденция в производстве мяса мелкого и крупного рогатого скота, где убыточность от реализации без субсидирования за 2018-2022 гг. составила 12,6 и 14,2%, а прямая бюджетная поддержка позволила реализовать данную продукцию с рентабельностью 3,5 и 2,5%, соответственно, что играет существенное значение в сохранении объемов производства и привлечении новых ресурсов для инвестирования.

Менее значимое влияние государственная поддержка оказывает на развитие молочного скотоводства, где доля компенсации производственных затрат субсидиями составляет 10,1%, а доходность подотрасли за счет этого фактора выросла на 8,4 п.п.

Сохранение бюджетной поддержки молочнопродуктового подкомплекса АПК на данном уровне является принципиально важным направлением государственной агропродовольственной

политики, поскольку позволяет сохранить приемлемую доходность для инвестиционной деятельности и наращивания объемов производства молока, учитывая технологические сложности ведения молочного скотоводства и достаточно длительный период окупаемости инвестиций по сравнению с другими отраслями аграрного сектора экономики [11,12].

На производство продукции растениеводства государственная поддержка, как правило, не оказывает такого детерминирующего воздействия и существенно не влияет на рентабельность производства.

С целью повышения устойчивости АПК России к современным макроэкономическим и геополитическим вызовам Минсельхозом России была предложена новая концепция оказания государственной поддержки, в основу которой легли подходы по объединению 14 направлений компенсирующей и стимулирующей субсидий в одну единую субсидию, включающую в себя 12 приоритетных направлений поддержки. Из них 5 устанавливаются как обязательные для всех регионов, а другие 3 органы управления АПК субъекта выбирают из 7 оставшихся самостоятельно.

Основным концептуальным подходом нового механизма оказания бюджетной поддержки, вводимого с 1 января 2024 года, стало переориентирование на компенсацию затрат сельскохозяйственным товаропроизводителям для повышения их доходности и устойчивости к неблагоприятным внешним факторам, а не стимулирования прироста производства (табл. 5).

Это обусловлено высоким уровнем насыщения внутреннего рынка по основным группам товаров и давлением имеющегося рыночного предложения на цены, что снижает рентабельность хозяйственно-экономической деятельности организаций АПК.

Среди других новаций следует выделить расширение направлений поддержки субъектов малых и средних форм хозяйствования, в том числе на начинающие сельскохозяйственные потребительские кооперативы (СПОК), действующие до 12 месяцев.

Кроме того, в связи с необходимостью замещения импортного посевного материала и обеспечения технологического суверенитета отрасли была в качестве приоритета выделена поддержка элитного семеноводства отечественной селекции и включено условие о страховании площадей под элитное семеноводство.

К приоритетным направлениям оказания государственной поддержки, обязательных для всех регионов следует также выделить субсидирование выполнения агротехнических работ, племенного животноводства, страхование и развитие малых форм хозяйствования, которые носят стратегический характер для устойчивого функционирования АПК и обеспечения продовольственной безопасности страны.

Общий объем финансирования приоритетных направлений в 2024 году по предварительным оценкам Минсельхоза России составит 24,3 млрд руб. Так, субсидирование развития племенной базы животноводства составит 7,9 млрд руб., а на функционирование малых форм хозяйствования 5,6 млрд руб.

На меры государственной поддержки, выбираемые региональными органами управления АПК выделяются 25,1 млрд руб., среди которых наибольший удельный вес занимает субсидирование производства молока и плодово-ягодной продукции.

Таблица 4. Влияние государственной поддержки на рентабельность производства отдельных видов продукции в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации за 2018-2022 гг.  
Table 4. The impact of state support on the profitability of production of certain types of products in agricultural organizations of the Russian Federation for 2018-2022

Вид продукции	Средняя доля компенсации затрат субсидиями, %	Средняя рентабельность без учета субсидий, %	Средняя рентабельность с учетом субсидий, %	Влияние субсидий на рентабельность, п.п.
Мясо КРС (мясной и помесной КРС)	8,5	-14,2	2,5	16,7
Мясо овец и коз	12,2	-12,6	3,5	16,1
Молоко КРС	10,1	19,7	28,1	8,4
Овощи открытого грунта	5,2	18,8	24,3	5,5
Зерновые и зернобобовые культуры	3,1	38,5	41,8	3,3
Картофель	2,4	26,6	28,9	2,3
Овощи защищенного грунта	1,1	7,6	8,4	0,8
Яблоки	0,9	16,6	17,3	0,7
Сахарная свекла	0,3	38,1	38,4	0,3

\*источник: составлено на основании данных Минсельхоза России [9]

Таблица 5. Совершенствование механизма оказания государственной поддержки сельскохозяйственных организаций в рамках единой субсидии  
Table 5. Improvement of the mechanism for providing state support to agricultural organizations within the framework of a single subsidy

2023 год	2024 год	2023 год
Компенсирующая субсидия 26,7 млрд. руб.	Единая субсидия 49,4 млрд. руб.	Стимулирующая субсидия 31,8 млрд. руб.
-	Обязательные приоритеты 24,3 млрд. руб.	-
Поддержка агротехнических работ 6,5 млрд. руб.	Поддержка агротехнических работ 3,4 млрд. руб.	-
Поддержка элитного семеноводства 2,8 млрд. руб.	Поддержка элитного семеноводства 2,5 млрд. руб.	-
Поддержка племенного животноводства, 8,6 млрд. руб.	Поддержка племенного животноводства, 7,9 млрд. руб.	-
Страхование с господдержкой 5,4 млрд. руб.	Страхование с господдержкой 4,8 млрд. руб.	-
-	Развитие малых форм хозяйствования 5,6 млрд. руб.	Развитие малых форм хозяйствования 6,5 млрд. руб.
-	Приоритеты на выбор регионов, 25,1 млрд. руб.	-
Мясное скотоводство 2,0 млрд. руб.	Мясное скотоводство 2,0 млрд. руб.	-
Овцеводство и козоводство — 0,7 млрд. руб. Производство шерсти — 0,2 млрд. руб.	Овцеводство и козоводство, производство шерсти 1,2 млрд. руб.	Овцеводство и козоводство, 0,5 млрд. руб.
-	Поддержка производства льна и конопли 0,1 млрд. руб.	Производство льна и конопли, 0,1 млрд. руб.
-	Поддержка производства плодово- ягодной продукции 5,8 млрд. руб.	Поддержка производства плодово- ягодной продукции, 7,3 млрд. руб.
-	Поддержка производства молока 14,3 млрд. руб.	Поддержка производства молока 14,8 млрд. руб.
-	Переработка молока и (или) глубокая переработка зерна 1,3 млрд. руб.	Глубокая переработка зерна — 0,3 млрд. руб. Переработка молока — 1,2 млрд. руб.
Поддержка традиционных подотраслей (мараловодство, табун- ное коневодство) 0,1 млрд. руб. Приобретение семян кормовых культур для районов Крайнего севера 0,03 млрд. руб. Северное оленеводство 0,3 млрд. руб.	Поддержка традиционных подотраслей (включая северное оленоводство) 0,4 млрд. руб.	-

\*источник: составлено на основании данных Минсельхоза России [9]



На данные направления со стороны федерального бюджета планируется выделение финансовых ресурсов в размере 14,3 и 5,8 млрд руб. соответственно, что связано с необходимостью наращивания объемов внутреннего производства и замещением импортной молочной продукции, а также фруктов и ягод.

Формирование и выделение приоритетных направлений государственной поддержки на национальном уровне, по нашему мнению, является обоснованным решением, которое ставит перед собой задачу решения стратегических задач по обеспечению устойчивого развития АПК России и продовольственной безопасности страны, и повышения на этой основе физической и экономической доступности продуктов питания для населения.

Вместе с тем, необходимо более акцентировано подойти к вопросу разграничения бюджетной поддержки и выработать критерии «нуждаемости» в ней для сельскохозяйственных товаропроизводителей.

**Заключение.** В целях повышения объективности оказания государственной поддержки в форме предоставления прямых субсидий и стимулирование повышения уровня доходности производителей сельскохозяйственной продукции считаем целесообразным изменение стратегических подходов и переход на более адресный характер доведения субсидий.

Данный механизм потребует проведение системного анализа хозяйственно-экономической деятельности организаций, включающего в себя определение масштаба предприятия, объема производства, полученной выручки и прибыли, количество постоянно работающего персонала, а также регион функционирования данного предприятия.

При этом, по нашему мнению, приоритетным направлением выделения субсидий со стороны федерального бюджета должны стать организации, соответствующие малым и средним формам хозяйствования, ведущие свою производственную деятельность в регионах рискованного земледелия, и имеющих низкий бонитет почв, что во многом предопределяет их относительно невысокий финансовый результат, и, зачастую, не позволяя увеличить доходность.

Кроме того, особое внимание при оказании мер государственной поддержки должно быть уделено предприятиям, обеспечивающим рабочими местами подавляющее большинство населения в своих муниципальных образованиях, и активно решающим задачи развития социальной инфраструктуры в сельской местности.

#### Список источников

- Алтухов А.И. Особенности обеспечения продовольственной безопасности России в условиях санкционного давления // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2023. № 4. С. 5-17.
- Петриков А.В. Стратегические направления совершенствования аграрной политики России в условиях

санкционного давления // Научные труды Вольного экономического общества России. 2022. Т. 235. № 3. С. 122-133.

3. Тихомиров А.И., Фомин А.А. Технологическая импортозависимость АПК России: современные вызовы и возможности // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. Т. 66, № 1 (391) С. 139-146.

4. Ушаев И.Г., Маслова В.В. Научные подходы к совершенствованию государственного регулирования АПК на современном этапе // АПК: экономика, управление. 2022. № 4. С. 3-10.

5. Шакурова Ю.Р. Процесс приема и основные изменения в отчетности товаропроизводителей АПК за 9 месяцев 2023 года. URL: <http://cspap.ru/upload/medialibrary/fab/uwkzos5nqb408tjlsrri2w1xxb1kgf%0D%09F%0D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%0D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%A8%D0%B0%D0%BA%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%AE%D0%A0.pdf> (дата обращения 16.01.2024)

6. Брылев А.А., Турчаева И.Н. Методическое сопровождение государственной поддержки сельского хозяйства // АПК: экономика, управление. 2023. № 11. С. 90-100.

7. Дзудцова И.И. Механизмы государственной поддержки агропромышленного комплекса // Региональные проблемы преобразования экономики. 2019. № 11. С. 51-56.

8. Бондаренко Ю.П. Оценка государственного субсидирования сельского хозяйства // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2020. № 8. С. 55-61.

9. Фастова Е.В. Сохранение финансовой устойчивости организаций АПК в условиях внешних вызовов. URL: [http://vk.com/doc/759478179\\_668801877?hash=hpmcnl9P37zv67beJT25kmfQGXzH59P4vK1TsvauC](http://vk.com/doc/759478179_668801877?hash=hpmcnl9P37zv67beJT25kmfQGXzH59P4vK1TsvauC) (дата обращения 16.01.2024)

10. Дацковская Н.А. Основные изменения финансово-бюджетной политики в аграрной отрасли. Завершение финансирования 2023 года и основные изменения на 2024 год. URL: <https://cspap.ru/upload/medialibrary/8a6/3jv6eb419ptm0ybc8nmb1cjqimqmjnb7%0D%09F%0D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%0D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%94%D0%B0%D1%86%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%9D%D0%90.pdf> (дата обращения 16.01.2024).

11. Чинаров В.И. Настоящее и будущее молочного скотоводства // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 7. С. 46-50.

12. Тихомиров, А.И. Экономические условия для технологической модернизации и интенсификации молочного скотоводства // Техника и оборудование для села. 2019. № 5 (263). С. 38-42.

13. Фомин А.А., Сыямина Е.И. ESG-трансформация в сельском хозяйстве и устойчивое развитие территорий // Московский экономический журнал. 2023. Т. 8. № 7.

14. Мамонтова И.Ю., Фомин А.А. Экономические методы регулирования земельных отношений в России // International Agricultural Journal. 2023. Т. 66. № 3.

15. Фомин А.А., Мамонтова И.Ю. Состояние земельных и водных ресурсов планеты и методы устойчивого ведения сельского хозяйства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 4 (388). С. 420-422.

#### References

- Altuhov A.I. (2023). *Osobnosti obespecheniya prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii v usloviyakh sankcionnogo davleniya* [Features of ensuring food security in Russia under sanctions pressure]. *Ehkonomika, trud, upravlenie v selskom khozyajstve*, no. 4, pp. 5-17.
- Petrikov A.V. (2022). *Strategicheskie napravleniya sovershenstvovaniya agrarnoj politiki Rossii v usloviyakh sank-*

*cionnogo davleniya* [Strategic directions for improving Russia's agricultural policy in the context of sanctions pressure]. *Nauchnye trudy Vol'nogo ehkonomicheskogo obshchestva Rossii*, vol. 235, no. 3, pp. 122-133.

3. Tikhomirov A.I., Fomin A.A. (2023). *Tekhnologicheskaya importozavisimost' APK Rossii: sovremennye vyzovy i vozmozhnosti* [Technological import dependence of the Russian agro-industrial complex: modern challenges and opportunities]. *Mezhdunarodnyj selskokhozyajstvennyj zhurnal*, vol. 66, no. 1 (391), pp. 139-146.

4. Ushachev I.G., Maslova V.V. (2022). *Nauchnye podhody k sovershenstvovaniyu gosudarstvennogo regulirovaniya APK na sovremennom etape* [Scientific approaches to improving the state regulation of agriculture at the present stage]. *APK: ehkonomika, upravlenie*, no. 4, pp. 3-10.

5. Shakurova YU.R. *Process priema i osnovnye izmeneniya v otchetnosti tovaroproduzitelej APK za 9 mesyacev 2023 goda*. URL: <http://cspap.ru/upload/medialibrary/fab/uwkzos5nqb408tjlsrri2w1xxb1kgf%0D%09F%0D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%0D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%A8%D0%B0%D0%BA%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%AE%D0%A0.pdf> (data obrashcheniya 16.01.2024)

6. Brylev A.A., Turchaeva I.N. (2023). *Metodicheskoe soprovozhdenie gosudarstvennoj podderzhki selskogo khozyajstva* [Methodological support of state support of agriculture]. *APK: ehkonomika, upravlenie*, no. 11, pp. 90-100.

7. Dzudcova I.I. (2019). *Mekhanizmy gosudarstvennoj podderzhki agropromyshlennogo kompleksa* [Mechanisms of state support for the agro-industrial complex]. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ehkonomiki*, no. 11, pp. 51-56.

8. Bondarenko YU.P. *Otsenka gosudarstvennogo subsidirovaniya selskogo khozyajstva* [Assessment of state subsidies for agriculture]. *Ehkonomika selskokhozyajstvennykh i pererabatyvayushchik predpriyatij*, no. 8, pp. 55-61.

9. Fastova E.V. *Sokhraneniye finansovoy ustojchivosti organizacij APK v usloviyakh vneshnikh vyzovov*. URL: [http://vk.com/doc/759478179\\_668801877?hash=hpmcnl9P37zv67beJT25kmfQGXzH59P4vK1TsvauC](http://vk.com/doc/759478179_668801877?hash=hpmcnl9P37zv67beJT25kmfQGXzH59P4vK1TsvauC) (data obrashcheniya 16.01.2024)

10. Dackovskaya N.A. *Osnovnye izmeneniya finansovobudzhnetnoj politiki v agrarnoj otrasli. Zaversheniye finansirovaniya 2023 goda i osnovnye izmeneniya na 2024 god*. URL: <https://cspap.ru/upload/medialibrary/8a6/3jv6eb419ptm0ybc8nmb1cjqimqmjnb7%0D%09F%0D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%0D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%94%D0%B0%D1%86%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%9D%D0%90.pdf> (data obrashcheniya 16.01.2024).

11. Chinarov V.I. (2022). *Nastoyashchee i budushchee molochnogo skotovodstva* [The present and future of dairy cattle breeding]. *Ehkonomika selskogo khozyajstva Rossii*, no. 7, pp. 46-50.

12. Tikhomirov, A.I. (2019). *Ehkonomicheskie usloviya dlya tekhnologicheskoy modernizatsii i intensivatsii molochnogo skotovodstva* [Economic conditions for technological modernization and intensification of dairy cattle breeding]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, no. 5 (263), pp. 38-42.

13. Fomin A.A., Syamina E.I. (2023). *ESG-transformatsiya v selskom khozyajstve i ustojchivoe razvitiye territorij* [ESG-transformation in agriculture and sustainable development of territories]. *Moskovskij ehkonomicheskij zhurnal*, vol. 8, no. 7.

14. Mamontova I.YU., Fomin A.A. (2023). *Ehkonomicheskie metody regulirovaniya zemel'nykh otoshenij v Rossii* [Economic methods of land relations regulation in Russia]. *International Agricultural Journal*, vol. 66, no. 3.

15. Fomin A.A., Mamontova I.YU. (2022). *Sostoyaniye zemel'nykh i vodnykh resursov planety i metody ustojchivogo vedeniya selskogo khozyajstva* [The state of the land and water resources and methods of sustainable agriculture]. *Mezhdunarodnyj selskokhozyajstvennyj zhurnal*, no. 4 (388), pp. 420-422.

#### Информация об авторах:

**Тихомиров Алексей Иванович**, к.э.н., доцент кафедры управления, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8339-7696>, tikhomirov991@gmail.com

**Фомин Александр Анатольевич**, к.э.н., профессор кафедры менеджмента и управленческих технологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3881-8348>, agrodar@mail.ru

#### Information about the authors:

**Alexey I. Tikhomirov**, candidate of economic sciences, associate professor of department of management, Russian State Agrarian University —

Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8339-7696>, tikhomirov991@gmail.com

**Alexander A. Fomin**, candidate of economic sciences, professor of the department of management and managerial technologies,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3881-8348>, agrodar@mail.ru





## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯБЛОК В РОССИИ С УЧЕТОМ МЕР ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ

И.Н. Рыкова, Р.С. Губанов, А.А. Юрьева

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

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования изменения себестоимости производства яблок в России, динамики потребительских и оптовых цен на яблоки российских производителей, а также особенностей реализации стимулирующих субсидий на закладку и уход за садами семечковых и косточковых культур, включая яблоки. Цель исследования заключалась в выявлении внутренних и внешних факторов, воздействующих на изменение себестоимости производства и реализации яблок отечественного производства. Анализ базировался на использовании сравнительных методов количественных и статистических данных, в том числе в ретроспективном периоде, а также методов обобщения полученных данных и экспертных оценок. Актуальность исследования обусловлена необходимостью оценки эффективности действующих мер государственной поддержки отечественного промышленного садоводства в условиях новых стратегических вызовов на фоне санкционной политики недружественных стран. Научная новизна заключается в разработке методики расчета эффективности мер государственной поддержки, позволяющей на практике оценить экономический эффект субсидирования на основе оптимизации рентабельности садоводческих хозяйств в результате снижения капитальных расходов на производство яблок. Результаты исследования показали, что на изменение себестоимости производства яблок наибольшее влияние оказывают следующие факторы: увеличение стоимости импортных материалов и семян для организации садоводства; рост коммерческих расходов от продажи яблок на внутреннем рынке; логистические ограничения по экспорту готовой продукции. В результате исследования действующих и перспективных мер государственной поддержки в статье обобщены показатели эффективности предоставления бюджетных субсидий производителям продукции садоводства. В статье также произведена оценка вместимости одновременного хранения фруктов в различных регионах Северо-Кавказского федерального округа, что позволило сделать вывод о наличии позитивного тренда в динамике объемов заготовки и хранения фруктов в целом, и яблок, в частности. Выявленная тенденция обуславливает необходимость наращивания средств производства для хранения и переработки яблок в Кабардино-Балкарской Республике; в Ставропольском крае; в Республике Дагестан.

**Ключевые слова:** садоводство, производство, яблоки, себестоимость, прибыль, импорт, экспорт, государственная поддержка

Original article

## CURRENT ISSUES OF STIMULATING APPLE PRODUCTION IN RUSSIA IN CONSIDERATION OF STATE SUPPORT MEASURES

I.N. Rykova, R.S. Gubanov, A.A. Yurieva

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

**Abstract.** The article presents the results of a study of changes in the cost of apple production in Russia, the dynamics of consumer and wholesale prices for apples from Russian producers, as well as the features of the implementation of incentive subsidies for planting and caring for orchards of pome and stone fruit crops, including apples. The purpose of the study was to identify internal and external factors affecting changes in the cost of production and sales of domestically produced apples. The analysis was based on the use of comparative methods of quantitative and statistical data, including a retrospective period, as well as methods for summarizing the data obtained and expert assessments. The relevance of the study is due to the need to assess the effectiveness of current government support measures for domestic industrial horticulture in the context of new strategic challenges against the backdrop of the sanctions policies of unfriendly countries. The scientific novelty lies in the development of a methodology for calculating the effectiveness of government support measures, which makes it possible to practically evaluate the economic effect of subsidies based on optimizing the profitability of horticultural farms as a result of reducing capital costs for apple production. The results of the study showed that changes in the cost of apple production are most influenced by the following factors: an increase in the cost of imported materials and seeds for gardening; growth in business expenses from selling apples on the domestic market; logistics restrictions on the export of finished products. As a result of a study of current and future government support measures, the article summarizes the effectiveness indicators of providing budget subsidies to producers of horticultural products. The article also assessed the capacity of one-time storage of fruits in various regions of the North Caucasus Federal District, which allowed to conclude that there is a positive trend in the dynamics of the volumes of procurement and storage of fruits in general, and apples in particular. The identified trend determines the need to increase production means for storing and processing apples in the Kabardino-Balkaria Republic; in the Stavropol Territory; in the Republic of Dagestan.

**Keywords:** horticulture, production, apples, cost, profit, import, export, government support

**Введение.** В современных экономических условиях производители яблок испытывают объективную потребность в поиске и распределении средств государственной поддержки для бесперебойности процесса заготовки, сбыта и экспорта готовой продукции [1, 2]. Реалии таковы, что сегодня предложение яблок на рынке реализуется на фоне продолжающейся высокой зависимости от импорта посадочного материала, что осложняется ввиду санкционных ограничений и экономических вызовов недружественных стран.

Несмотря на это, роль производства яблок трудно переоценить, ввиду того что среди наиболее востребованных фруктов во всем мире в тройку лидеров вошли свежие яблоки. В 2022 году удельный вес свежих яблок в суммарных продажах всех фруктов на мировом рынке достиг высокой отметки — 11,6% [3].

Однако, возникают следующие негативные факторы производства и сбыта яблок в России: рост затрат на приобретение импортных материалов и семян для организации рационального садоводства; повышение коммерческих расходов в цепочке добавленной стоимости производства фруктов и яблок [4]; трудности с экспортом готовой продукции на внешних агропродовольственных рынках. Все эти явления и процессы предопределили актуальность и значимость проводимого исследования в области стимулирования производства яблок.

**Материалы и методы.** Методологической базой явились фундаментальные и прикладные исследования в области производства и сбыта яблок в российских условиях. В статье применялись методы научного познания, включая сравнение, группировку, ряды динамики

и абстрагирование. Также на базе применения диагностического метода обобщены выводы о причинах роста себестоимости производства яблок с ориентиром на научное доказательство. Для детальной проработки вопросов анализа и формирования объемов производства и стоимости хранения яблок в свете новых вызовов и угроз в статье использовались экономико-статистические методы, графические методы и табличная интерпретация данных.

В ходе анализа причинно-следственных связей выявлено, что на стоимость экспорта яблок влияет система следующих экономических показателей: стоимость производства яблок и объем экспортируемой продукции; цена за 1 кг яблок в рублях и в иностранной валюте; курс иностранной валюты по отношению к российскому рублю и др. Методом логического анализа и дедукции



обосновано, что фактор сезонности спроса на яблоки сопряжен с организационно-логистическими параметрами: условиями их закупок; типом производителя; качеством сортов и ценами на импортные компоненты производства яблок.

**Ход исследования.** В связи с реализацией государственной поддержки повысилась эффективность производства плодово-ягодной продукции, в рамках которой субсидии и компенсации выступают основным инструментом стимулирования сельскохозяйственных товаропроизводителей [5].

Вместе с тем, реализация мер государственной поддержки в последние три года осуществлялась с преодолением комплекса организационных проблем:

1. Отсутствие доступа к бюджетным субсидиям всех товаропроизводителей, участвующих в конкурсном отборе на получение государственных финансовых ресурсов для выращивания и производства яблок.

2. Нерациональность и неполнота освоения бюджетных субсидий в случае положительного решения в отношении конкретного товаропроизводителя.

3. Нецелевое использование бюджетных средств в случае перераспределения федеральной поддержки отрасли садоводства в пользу регионального уровня.

Государство предоставляет стимулирующие субсидии на закладку и уход за садами семечковых и косточковых культур, в том числе яблок, груш, слив, абрикосов, персиков, вишни и черешни. При расчете размера бюджетной субсидии учитывается дополнительный коэффициент, отражающий удельный вес затрат аграриев на закладку питомников. Это позволит снизить такие затраты примерно на 20%, а также увеличить производство отечественных саженцев, сформировать базу посадочного материала и питомников.

За последние годы отечественное садоводство значительно нарастило темпы роста, и существует достаточный потенциал воспроизводства российских яблок [6].

Яблоки, являясь продукцией садоводства, относятся к товарам, требующим особых условий для их хранения и объективно имеющим высокие ценовые колебания на реализацию в зимний и весенний период [7].

Уровень цен большую роль играет и при организации внешней торговли яблоками. В этой связи отметим, что удельный вес цены экспорта яблок из России в 2023 году увеличился на 0,3 \$ за 1 кг.

Анализ стоимости яблок показал, что в 2022 году наблюдался значительный разрыв между потребительской ценой и ценой производителей (рисунок 1).

В марте 2023 года в сегменте оптовых продавцов цена на яблоки составляла 46,95 руб. за кг, против 49,03 руб. за кг — в январе 2023 года.

Наблюдалось повышение стоимости готового товара в оптовом звене с 45,71 руб. за кг — в январе до 48,70 руб. за кг — в марте 2023 года. В среднем разрыв между потребительской и ценой производителей составляет 60-70%, в августе и сентябре 2022 года наблюдался разрыв 78,9-72,2 руб. за кг, а в январе и феврале 2023 года цена была минимальной — 56,7-58,7 руб. за кг.

Средняя цена за 1 кг импортных яблок снизилась с 66,17 руб. за 1 кг в 2021 году до 59,87 руб. — в 2023 году. Анализ розничных цен на яблоки показал их положительную динамику, так как в ноябре 2022 года цена составляла 100,01 руб./кг, а в декабре 2022 года она достигла роста до 101,60 руб./кг.

Подчеркнем, что розничной ценой реализации яблок признается цена, формируемая

в момент их продажи физическим лицам при условии, что потребление товара будет осуществляться в личных, семейных, домашних целях. Установление розничной цены на яблоки не предполагает дальнейшей организации предпринимательской деятельности в части увеличения экономического оборота от реализуемой продукции. В конечной стоимости производства и реализации яблок отмечается роль розничного ценообразования. Розничные цены на яблоки включают затраты производителя, рентабельность продаж, торговую надбавку, наценку и иные промежуточные звенья цепочки добавленной стоимости. В результате формируется итоговая плата за анализируемый товар, предлагая оптимальный выбор потребителям на агропродовольственном рынке.

В цепочке добавленной стоимости производства яблок стартовые затраты приходятся на цены производителей, которые варьируются от 37,74 руб./кг — в октябре 2022 года до 86,96 руб./кг — в июне 2022 года. В результате ро-

ста цен производителей на величину оптово-посреднических надбавок, конечная себестоимость яблок может возрасти до 109-119,38 руб., как это наблюдалось в аспекте анализа мелкооптовых цен за апрель — май 2022 года.

На себестоимость производства яблок воздействует комплекс различных экономических факторов, включая механизм ценообразования, организацию выращивания и переработки сельскохозяйственного сырья с применением дорогостоящих технологий. В ряде случаев, затраты на внедрение инновационных технологий, используемых при производстве яблок компенсируются за счет предоставления товаропроизводителям средств государственной поддержки.

В составе себестоимости производства семечковых и косточковых культур более 50% затрат приходится на материальные расходы и фонд оплаты труда.

Материальные расходы в себестоимости производства семечковых культур включают следующие элементы: саженцы, шпалера (3,90%);

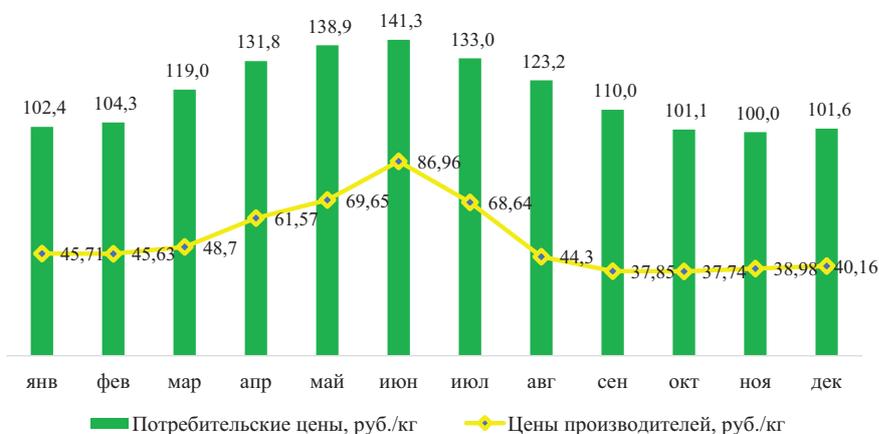


Рисунок 1. Динамика цен на яблоки, производимые в России в 2022 году, руб. за кг  
Figure 1. Dynamics of prices for apples produced in Russia in 2022, rubles per kg

Источник: составлено авторами по данным Росстата, Fira.

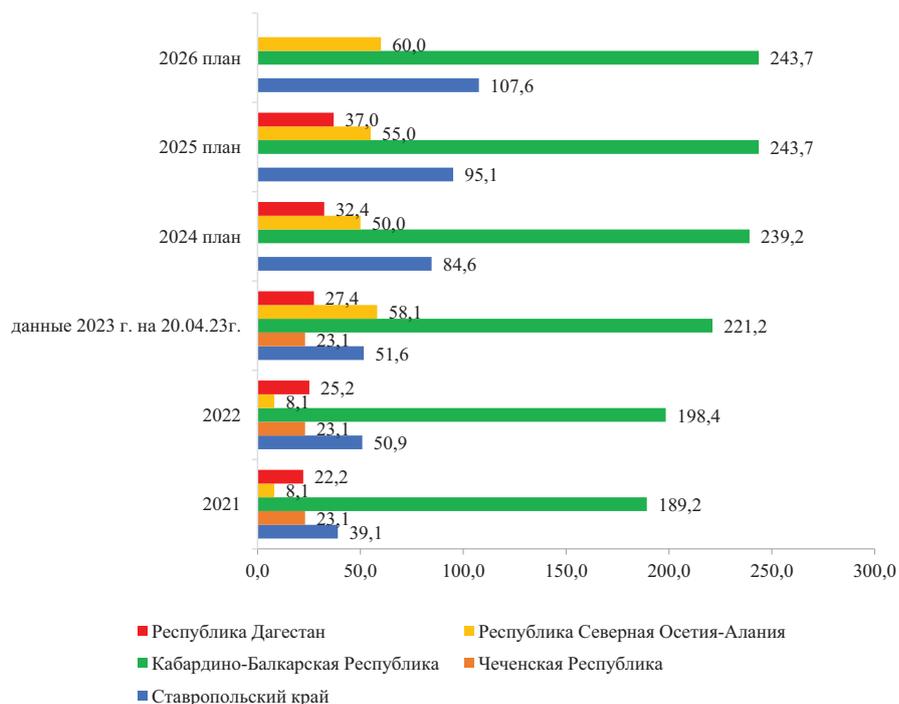


Рисунок 2. Вместимость и объем единовременного хранения фруктов в камерах, тыс. тонн  
Figure 2. Capacity and volume of one-time storage of fruits in chambers, thousand tons

Источник: составлено авторами по данным [8].





затраты на приобретение удобрений (2,60%); расходы на приобретение средств защиты растений (24,44%); затраты на приобретение топлива и энергии на технологические цели (2,80%); мелiorационные работы (3,40%); расходы на оплату труда (20,66%); расходы на логистику (10,51%).

Реалии таковы, что в 2022 году рост себестоимости производства семечковых и косточковых произошел за счет увеличения цен на средства защиты растений (от 15% до 25%). В связи с наличием проблем с приобретением импортной техники и технологического оборудования для производства семечковых в России из-за санкций недружественных стран в 2022 году сформировался рост расходов на транспортировку (до 10%).

Увеличение цен в 2022 году на строительные материалы (до 35%) не в малой степени отрицательно воздействует на формирование затрат по проектам строительства фруктохранилищ.

Рассматривая тенденции производства и логистики яблок, нельзя не затронуть вопрос оценки качества их хранения в ОРЦ внутри отдельных регионов России (рис. 2).

Из данных рисунка 2 видно, что вместимость одновременного хранения фруктов в камерах в 2023 году улучшилась в: Кабардино-Балкарской Республике (до 243,7 тыс. тонн); в Ставропольском крае (до 95,1 тыс. тонн); в Республике Дагестан (до 37 тыс. тонн). Позитивный тренд изменения объемов хранения фруктов в целом, и яблок, в частности, обуславливает необходимость наращивания средств производства для хранения и переработки исследуемого вида сельскохозяйственной продукции.

На примере регионов СКФО видно, что значительная доля фруктов хранится в оптово-распределительных центрах Кабардино-Балкарской Республики (от 189,2 тыс. тонн до 243,7 тыс. тонн).

Независимо от типа цен, анализируемых в контексте решения задач повышения эффективности производства яблок, в хозяйствах может возрасти сумма затрат на амортизацию новых фруктохранилищ.

При строительстве новых хранилищ все меньше вводится мощностей по переработке фруктов (с 70% до 20%), но вводится в эксплуатацию оборудование с регулируемой газовой средой, что позволяет увеличить сроки хранения отечественной продукции и реализовывать ее вне зависимости от сезона, создавая конкуренцию импортным аналогам.

Наибольшие объемы одновременного хранения фруктов в Кабардино-Балкарской Республике, где указанный показатель в 2022 году в 3,9 раза превышал объемы одновременного хранения фруктов в Ставропольском крае, в 8,6 раз — объемы в Чеченской Республике и в 24 раза — объемы Республики Северная Осетия — Алания.

Анализируя структуру импорта яблок в разрезе таможенных постов следует пояснить, что общий товароборот данного вида товаров в 2023 году достиг значения 117,7 млн \$, что за 4 мес. 2023 года формирует валовую выручку в размере 95%. Основные импортные потоки при продаже яблок в 2022-2023 гг. формировались за счет территориального распределения сегментов продаж в: центральной и южной части России. Страны — партнеры с Россией по организации внешней торговли яблоками являются: Китай, Узбекистан, Грузия, Азербайджан, Турция, Сербия, Молдова.

Значительное увеличение импорта яблок в 2023 году на 4,7 млн \$ США обуславливается активной внешнеторговой политикой Китая, оборот по импорту которого в 2023 году достиг значения удельного веса — 97%.

Анализ крупнейших организаций СКФО, осуществляющих производство и реализацию яблок, свидетельствует о проблеме убыточности отдельных производителей, так как финансовые результаты характеризуются получением отрицательного чистого дохода от продаж. Например, прямые убытки от продаж в 2022 году в относительном выражении были характерны для: ООО «Полоса» Республики Дагестан (-33,7%); ООО «Казачий хутор» Республики Северная Осетия — Алания (-15,4%).

Следует отметить, что экспорт российских яблок организуется по различным направлениям развития агропродовольственного рынка. Одним из примеров расширения производства яблок является реализация масштабного инвестиционного проекта ООО «Сад-Гигант Ингушетия». В рамках реализации данного проекта существует соглашение о партнерстве между Республиками Саудовская Аравия и Ингушетия для обеспечения ежегодных поставок яблок из России в Эр-Рияд. Экспорт яблок, выращенных в садах интенсивного типа, из российского региона в ближневосточную страну осуществляется на условиях отгрузки свыше 30 тыс. тонн. В перспективе до 2024-2026 гг. объем поставок яблок за границу в анализируемом направлении сбыта увеличится до 100 тыс. тонн [9].

**Результаты и обсуждение.** Помимо убыточности в системе современных вызовов и угроз товаропроизводители также испытывают следующие проблемы при выращивании, переработке и реализации яблок.

1. Высокая зависимость от импорта яблок, негативно влияющая на масштабы и условия внутренней конкуренции.

2. Высокий удельный вес заемных источников финансирования проектов производства яблок.

3. Дефицит собственных мощностей хранения яблок, что противоречит принципам обеспечения конкурентоспособности товаропроизводителей.

4. Нерациональная структура налоговых расходов товаропроизводителей. Приоритетное значение имеет налоговая нагрузка производителей яблок при расчетах с бюджетом и государственными внебюджетными фондами.

5. Рост себестоимости продукции при производстве яблок и сокращение рентабельности.

Для решения множества проблем производителей фруктов в целом и организаторов производства яблок, в частности, целесообразно не просто использовать предусмотренные законодательством Российской Федерации механизмы государственной поддержки, но и совершенствовать ее практику с учетом новых реалий и возможностей агропродовольственного рынка России.

В практике оказания мер государственной поддержки возникает множество противоречивых тенденций и явлений:

- предоставление поддержки хозяйствам, имеющим площади плодовых насаждений на начало текущего года не менее 50 га;
- выделение субсидий для покрытия доли затрат на раскорчевку выбывающих из оборота садов и рекультивацию данных площадей;
- оказание государственной финансовой помощи садоводческим хозяйствам, обеспечивающим реализацию проектов по закладке яблоневого сада суперинтенсивного типа.

Таблица 1. Методика расчета эффективности мер государственной поддержки производства продукции садоводства

Table 1. Methodology for calculating the effectiveness of government support measures for horticultural production

№ п/п	Показатели	Алгоритм расчета	Методологические пояснения
1	Эффективность бюджетных субсидий	$\Delta \text{Э} = I_{\text{вп}} - I_{\text{вдс}}$	где $\Delta \text{Э}$ — экономический эффект субсидирования, полученный как разность между приростами следующих показателей: $I_{\text{вп}}$ — прирост валовой продукции на 1 руб. субсидий, $I_{\text{вдс}}$ — прирост валовой добавленной стоимости на продукцию садоводства на 1 руб. субсидий
2	Рост рентабельности субсидий	$R = P \div S \times 100\%$	где $R$ — рентабельность субсидирования садоводческих хозяйств, достигнутая в результате снижения капитальных расходов или текущих затрат. $P$ — прибыль производителей продукции садоводства $S$ — текущие и/или капитальные затраты
3	Фискальный эффект государства	$\Phi = H \div W \times 100\%$	где $\Phi$ — фискальный (налоговый) эффект от развития садоводства, достигнутый в результате опережающего темпа роста налоговых платежей. $H$ — сумма налогов, сборов и иных обязательных платежей в бюджет, взимаемая с производителей продукции садоводства. $W$ — субсидии, предоставленные в качестве мер государственной поддержки субъектам деятельности на рынке фруктов и яблок
4	Коэффициент импорта яблок на 1 руб. продаж	$K_{\text{и}} = I \div Q \times 100\%$	где $I$ — стоимость импорта яблок. $Q$ — выручка от продаж. $K_{\text{и}}$ — коэффициент импорта яблок на 1 руб. продаж
5	Доля бюджетных трансфертов на поддержку цен производителей яблок	$D_{\text{бт}} = \text{MT} \div S \times 100\%$	$D_{\text{бт}}$ — доля бюджетных трансфертов на поддержку цен производителей яблок $\text{MT}$ — межбюджетные трансферты. $S$ — текущие и/или капитальные затраты.
6	Доля капитальных вложений на 1 руб. стимулирующих субсидий на производство яблок	$D_{\text{кв}} = S \div W_3 \times 100\%$	$D_{\text{кв}}$ — доля капитальных вложений на 1 руб. стимулирующих субсидий. $S$ — текущие и/или капитальные затраты. $W_3$ — стимулирующие субсидии, предоставленные производителям яблок.
7	Доля субсидий на расширенное воспроизводство яблок	$D_{\text{с}} = W_r \div F \times 100\%$	$D_{\text{с}}$ — доля субсидий на расширенное воспроизводство яблок. $W_r$ — субсидии, предоставленные на расширенное воспроизводство яблок. $F$ — суммарный объем финансирования расширенного воспроизводства яблок

Источник: составлено авторами по данным: [10], [11], [12], [13], [14].



Примечательно, что в случае данного варианта оказания государственной поддержки формируется целевая установка — замещение старых посадок яблонь на новые сады.

Для преодоления противоречий в практике оказания господдержки производителей яблук целесообразно оценивать действующие и перспективные меры бюджетного стимулирования организации садоводства по определённой методике (табл. 1).

По данным таблицы 1 можно рекомендовать лицам, принимающим управленческие решения в сфере организации государственной поддержки садоводческих хозяйств, обеспечить достоверность расчёта и оценки налоговой, бюджетной, инвестиционной и инновационной эффективности перераспределения средств бюджетов бюджетной системы РФ в целях стимулирования производства яблук.

Вместе с тем, удельный вес субсидируемых затрат для суперинтенсивных садов остается значительно низким по сравнению с другими типами садов, даже с учетом дифференцированной субсидии. Таким образом, при реализации мер государственной поддержки необходимо четко определить какие сады учитываются в составе традиционных, а какие — в структуре интенсивных и суперинтенсивных садов, что позволит систематизировать и оптимизировать государственную поддержку [15].

#### Область применения результатов. Выводы.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать выводы о том, что стимулирование промышленного садоводства в перспективе будет иметь положительный эффект в результате организации рационального процесса субсидирования производителей. Вместе с тем, несмотря на все достижения по оказанию всесторонней государственной поддержки, полностью решить проблему дефицита собственных оборотных средств отечественных производителей яблук пока не удается. Объективными условиями роста эффективности государственной поддержки и финансового обеспечения устойчивости производства яблук в промышленных масштабах являются: регулирование инфляционных факторов; специфическое ценообразование при сбыте яблук через таможенные посты; оптимальные схемы логистики импорта компонентов производства яблук в Российскую Федерацию; учет сезонности спроса на яблоки; внедрение внутрифирменной системы стратегического планирования.

Предложенная авторами методика расчёта эффективности мер государственной поддержки производства продукции садоводства может быть положена в основу выработки управленческих решений государственными органами власти в части планирования и реализации мероприятий по стимулированию развития отечественного промышленного садоводства.

#### Список источников

- Hryshchuk N. Principles and criteria for the formation of state support for agricultural production // *Colloquium-Journal*. 2020. № 33-3 (85). С. 78-86.
- Рыкова И.Н., Метельникова Е.О. Эффективность мер государственной поддержки в области сельскохозяйственного машиностроения // *Финансовый журнал НИФИ*. 2016. № 3 (31). С. 98-104.
- Положихина М.А. Возможности и проблемы импортозамещения (на примере производства яблук). Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2022. № 4. С. 80-96. DOI:10.38050/01300105202245.
- Yusianto R., Marimin M., Suprihatin S., Hardjomidjojo H. Smart logistics system in food horticulture industrial products: a systematic review and future research agenda // *International Journal of Supply Chain Management*. 2020. Т. 9. № 2. С. 943-956.
- Шичихя Р.А., Шадрин А.А., Рыбалко Н.В., Харченко С.Н. Государственное регулирование ценовой политики агроэкономики в современных условиях (на примере плодово-ягодного подкомплекса Краснодарского края) // *Бизнес. Образование. Право*. № 4 (45). 2018. С. 80-87.
- Дегальцева Ж.В., Плужная А.А. Развитие информационного обеспечения калькулирования готовой продукции садоводства // *Естественно-гуманитарные исследования*. 2022. № 39 (1). С. 358-364.
- Терновых К.С., Леонова Н.В., Маркова А.Л. Эффективность инновационных технологий хранения продукции садоводства // *International agricultural journal* № 3. 2019. С. 111-119.
- Рыкова И.Н. Новые вызовы для производителей яблук: рост себестоимости. 6-я международная выставка технологий выращивания, хранения и сбыта плодово-ягодной продукции «ПРО Яблоко 2023», г. Минеральные воды, 2023 [Электронный ресурс]. URL: <http://proyabloko.pro/presentation-36> (дата обращения 15.09.2023)
- Мухин Н.Ю., Басиллашвили Т.П., Булыгина Н.Ю., Скорова А.В. Экспорт продовольственных товаров из России // *Российский внешнеэкономический вестник*. 2018. № 2. С. 74-84.
- Черепанова Д.М. Оценка уровня государственной поддержки АПК в России и странах Европейского союза / Д.М. Черепанова, Ю.Н. Никулина, Р.Г. Янбых // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022. Т. 23, № 5. С. 740-750.
- Водяников В.Т. Экономическая оценка инвестиционных проектов в агроинженерии. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 268 с. URL: <http://elibrary.ru> (дата обращения: 23.08.2023)
- Зюкин Д.А. Изменение господдержки развития сельского хозяйства в условиях кризиса // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК: материалы II Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 221-226. URL: <http://elibrary.ru> (дата обращения: 23.08.2023)
- Ушачев И.Г. Научные подходы к совершенствованию государственного регулирования в АПК на современном этапе / И.Г. Ушачев, В.В. Маслова // АПК: экономика, управление. 2022. № 4. С. 3-10. URL: <http://elibrary.ru> (дата обращения: 23.08.2023)
- Попова Е.А., Полунина Н.Ю. Совершенствование инфраструктуры агропродовольственного рынка региона // *Российское предпринимательство*. 2018. Том 19. № 7. С. 2007-2020. DOI 10.18334/rp.19.7.39218
- Татарина М.Н. Современное состояние и проблемы развития интенсивного садоводства в России // *Экономика: теория и практика*. 2020. № 2 (58). С. 31-39.

#### References

- Hryshchuk N. (2020). Principles and criteria for the formation of state support for agricultural production. *Colloquium-Journal*, no. 33-3 (85), pp. 78-86.
- Rykova I.N., Metelnikova E.O. (2016). *Effektivnost' mer gosudarstvennoy podderzhki v oblasti sel'skokhozyaystvennogo*

*mashtroeniya* [The effectiveness of state support measures in the field of agricultural engineering]. *NIFI Financial Journal*, no. 3 (31), pp. 98-104.

3. Posovikhina M.A. (2022). *Vozmozhnosti i problemy' importozameshheniya (na primere proizvodstva yablok)* [Opportunities and problems of import substitution (using the example of apple production)]. *Bulletin of Moscow University. Series 6. Economics*, no. 4, pp. 80-96.

4. Yusianto R., Marimin M., Suprihatin S., Hardjomidjojo H. (2020). Smart logistics system in food horticulture industrial products: a systematic review and future research agenda. *International Journal of Supply Chain Management*, vol. 9, no. 2, pp. 943-956.

5. Shichikhya R.A., Shadrina Zh.A., Rybalko N.V., Kharchenko S.N. (2018). *Gosudarstvennoe regulirovanie cenovoy politiki agro' ekonomiki v sovremenny' x usloviyax (na primere plodovo-yagodnogo podkompleksa Krasnodarskogo kraja)* [State regulation of the pricing policy of agricultural economics in modern conditions (using the example of the fruit and berry subcommittee of the Krasnodar Territory)]. *Business. Education. Right*, no. 4 (45), pp. 80-87.

6. Degaltseva Zh.V., Pluzhnaya A.A. (2022). *Razvitie informatsionnogo obespecheniya kal' kulirovaniya gotovoy produktsii sadovodstva* [Development of information support for the calculation of finished gardening products]. *Natural-humanitarian research*, no. 39 (1), pp. 358-364.

7. Ternov K.S., Leonova N.V., Markova A.L. (2019). *E'fektivnost' innovatsionny' x tekhnologiy khraneniya produktsii sadovodstva* [Efficiency of innovative technologies for storing horticultural products]. *International agricultural journal*, no. 3, pp. 111-119.

8. Rykova I.N. (2023). *Novy' e vy' zovy' dlya proizvoditelej yablok: rost sebestoimosti* [New challenges for apple producers: cost growth], 6th international exhibition of technologies for growing, storing and marketing fruit and berry products «PRO Apple 2023», *Mineralnye Vody, 2023* [Electronic resource]. URL: <http://proyabloko.pro/presentation-36> (access date 09.15.2023)

9. Mukhin N.Yu., Basilashvili T.P., Bulygina N.Yu., Skurova A.V. (2018). *Ekspert prodovol'stvenny' x tovarov iz Rossii* [Export of food products from Russia]. *Russian Foreign Economic Bulletin*, no. 2, pp. 74-84.

10. Cherepanova D.M. (2022). *Ocenka urovnya gosudarstvennoy podderzhki APK v Rossii i stranax Evropejskogo soyuza* [Assessment of the level of state support for the agro-industrial complex in Russia and the countries of the European Union]. *Agriarian Science of the Euro-North-East*, vol. 23, no. 5, pp. 740-750.

11. Vodyannikov V.T. (2022). *Ekonomicheskaya ocenka investitsionny' x projektov v agroinzhenerii* [Economic evaluation of investment projects in agroengineering], St. Petersburg, Lan, 268 p.

12. Zyukin D.A. (2022). *Izmenenie gospodderzhki razvitiya sel'skogo khozyajstva v usloviyax krizisa* [Changing state support for the development of agriculture in a crisis]. The role of agrarian science in the sustainable development of the agro-industrial complex: materials of the II International scientific and practical conference, Kursk, pp. 221-226.

13. Ushachev I.G. (2022). *Nauchny' e podkhody' k sovershenstvovaniyu gosudarstvennogo regulirovaniya v APK na sovremennom e' tape* [Scientific approaches to improving state regulation in the agro-industrial complex at the present stage]. *AIC: economics, management*, no. 4, pp. 3-10.

14. Popova E.A., Polunina N.Yu. (2018). *Sovershenstvovanie infrastruktury' agroprodovol'stvennogo ry'nka regiona* [Improving the infrastructure of the agro-food market in the region]. *Russian Journal of Entrepreneurship*, vol. 19, no. 7, pp. 2007-2020.

15. Tatarnina M.N. (2020) *Sovremennoe sostoyaniye i problemy' razvitiya intensivnogo sadovodstva v Rossii* [Current state and problems of development of intensive horticulture in Russia]. *Economics: theory and practice*, no. 2 (58), pp. 31-39.

#### Информация об авторах:

**Рыкова Инна Николаевна**, доктор экономических наук, академик РАЕН, руководитель Центра отраслевой экономики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9171-2278>, rykova@nifi.ru

**Губанов Роман Сергеевич**, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник Центра отраслевой экономики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1675-8150>, rgubanov@nifi.ru

**Юрьева Анна Александровна**, научный сотрудник Центра отраслевой экономики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5579-8027>, ayureva@nifi.ru

#### Information about the authors:

**Inna N. Rykova**, doctor of economic sciences, academican of the Russian Academy of Natural Sciences, head of the center for branch economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9171-2278>, rykova@nifi.ru

**Roman S. Gubanov**, candidate of economic sciences, leading researcher of the of the center for branch economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1675-8150>, rgubanov@nifi.ru

**Anna A. Yuryeva**, researcher of the of the center for branch economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5579-8027>, ayureva@nifi.ru





Научная статья

УДК 332.33+332.36

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_130

## КЛАССИФИКАЦИЯ РЕГИОНОВ СТРАНЫ В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СИСТЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

**Д.В. Антропов, С.И. Комаров**

Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

**Аннотация.** В статье авторы представляют результаты проведённой классификации регионов России на основе разработанного перечня критериев, характеризующих систему землепользования, которая будет способствовать более полному учёту особенностей развития и современного состояния земельных ресурсов и земельно-имущественных отношений при корректировке и обновлении стратегии пространственного развития страны и регионов, обоснованию программ социально-экономического развития, планирования и прогнозирования системы регионального землепользования. Предложен авторский перечень показателей, характеризующий систему землепользования в регионе (экономические, социальные, экологические) и предложено зонирование территории России на основе показателей, характеризующих систему землепользования в регионе. Предложенные показатели были агрегированы в базу данных из официальных статистических источников, а также федеральных и региональных информационных систем. Опираясь на собранный информационный массив, предложено зонирование территории страны на 5 кластеров (зон) на основе вышеуказанного перечня показателей. Составлены картограммы зонирования (районирования) территорий в разрезе федеральных округов, определён типичный регион в каждой выделенной ранее зоне.

**Ключевые слова:** землепользование, планирование землепользования, районирование, классификация, показатели землепользования, зонирование территорий, типичный регион

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

Original article

## CLASSIFICATION OF THE COUNTRY'S REGIONS FOR THE PURPOSE OF FORECASTING AND PLANNING ACCORDING TO THE INDICATORS OF THE REGIONAL LAND USE SYSTEM

**D.V. Antropov, S.I. Komarov**

The State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

**Abstract.** In the article, the authors present the results of the classification of Russian regions based on the developed list of criteria characterizing the land use system, which will contribute to a more complete account of the development features and current state of land resources and land-property relations when adjusting and updating the spatial development strategy of the country and regions, and justifying programs socio-economic development, planning and forecasting of the regional land use system. The author's list of indicators characterizing the land use system in the region (economic, social, environmental) is proposed and zoning of the territory of Russia is proposed based on indicators characterizing the land use system in the region. The proposed indicators were aggregated into a database from official statistical sources, as well as federal and regional information systems. Based on the collected information array, it is proposed to zoning the country's territory into 5 clusters (zones) based on the above list of indicators. Cartograms of zoning (zoning) of territories in the context of federal districts were compiled, a typical region was determined in each previously identified zone.

**Keywords:** land use, land use planning, zoning, classification, land use indicators, zoning of territories, typical region

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

С 2014 года в Российской Федерации создана система стратегического планирования, в основе которой лежит Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 № 172-ФЗ. Как показал проводимый ранее анализ (на 2018 год) в стратегиях социально-экономического развития регионов страны вопросам земельных отношений, охране и повышению эффективности использования земельных ресурсов уделяется недостаточно внимания [11]. Стратегия пространственного развития Российской Федерации также использует в основе системы прогнозирования экономические показатели, производственные связи, при этом уровень

развития земельно-имущественных отношений, степень использования земель, в т.ч. сельскохозяйственного назначения, уровень интенсивности АПК и т.п. остается фактически не учтенными [9,11]. В рамках осуществления проекта РНФ авторы продолжили исследования в данном вопросе (на начало 2024 года), в результате чего было выявлено, что в среднем количество стратегических приоритетов, связанных с земельными участками и земельными ресурсами, в Стратегиях социально-экономического развития выросло за шесть лет почти в два раза до 4,23 стратегических приоритета на субъект Федерации (в то же время увеличилось количество регионов, вообще не рассмат-

ривающих землепользование в своих стратегиях развития) [11].

Таким образом, можно утверждать, что существующая ситуация с разработкой вопросов развития земельно-имущественного комплекса в стратегиях развития регионов России носит недостаточно проработанный характер и нуждается в усилении. По мнению авторов, при разработке стратегических документов регионального уровня необходимо выделять отдельный раздел, в комплексе рассматривающий развитие земельных ресурсов региона, рынка недвижимости в связи с другими отраслями экономики.

В рамках выполнения исследования, поддержанного грантом Российского научного фонда,



была поставлена задача определения и сбора показателей, описывающих систему землепользования в регионе, формирование базы данных.

При этом, рассматривая ранее систему землепользования и выделяя шесть ее сторон [2], авторы согласны с профессором А.А. Варламовым, который выделяет следующие свойства системы землепользования, как социально-экономической системы [3] (рис. 1).

При этом необходимо отметить, что данные свойства носят в первую очередь общетеоретический характер, в то время как для конкретного анализа системы землепользования, а также для дальнейшего использования результатов в управленческой и научной деятельности необходим набор численных критериев, описывающих систему землепользования рассматриваемой территории. Необходимо учесть не только вышеизложенное, но и то, что территория России чрезвычайно разнообразна по своим географическим, климатическим, пространственным, экономическим и прочим характеристикам. Регионы нашей страны, муниципальные образования, да и вся страна в различные годы значительно различались площадью и плотностью населения. Таким образом, что бы быть полезным инструментом научных исследований и практической управленческой деятельности в рамках поставленной задачи, этот набор критериев должен отвечать следующим требованиям (табл. 1).

Таким образом с учетом сказанного (учитывая свойства и критерии), с учетом данных и сведений государственной статистической отчетности, теорию и методологию формирования системы землепользования [2,3,4,5], а также опираясь на ранее полученные результаты предлагается следующий перечень показателей, отвечающих представленным критериям, характеризующих систему землепользования (рис. 2).

Предлагаемую систему показателей, описывающих систему землепользования можно применять на любом территориальном уровне, как для системы землепользования страны, региона, района или города в целом, так и для ее отдельных элементов, например, системы сельскохозяйственного землепользования, системы промышленного землепользования и т.д.

Таким образом, проводя исследования в рамках представленной системы показателей авторским коллективом был собран ряд статистической информации и произведена ее обработка. Были собраны данные Федеральной службы государственной регистрации и картографии, использован государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации, Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации, материалы Федеральной службы государственной статистики, данные, содержащиеся в Единой межведомственной информационно-статистической системе, а так же аналитических отчетов федеральных и региональных органов власти и прочих источниках.

В результате проведенных работ была сформирована база исходных данных, содержащая показатели, описанные выше, по всем регионам России (кроме новых территорий) за 2017-2023 гг. (рис. 3).

Собранная база данных стала информационной основой для проведения классификации регионов страны по типам землепользования.

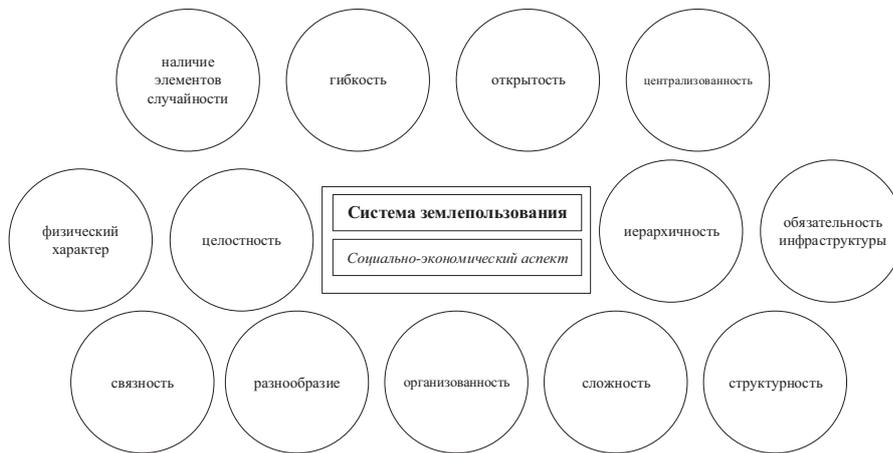


Рисунок 1. Свойства системы землепользования в социально-экономическом аспекте (по А.А. Варламову, С.А. Гальченко)

Figure 1. Properties of the land use system in the socio-economic aspect (according to A.A. Varlamov)

Таблица 1. Перечень критериев и требований в процессе анализа системы регионального землепользования в целях планирования и прогнозирования

Table 1. List of criteria and requirements in the process of analyzing the regional land use system for planning and forecasting purposes

Критерий	Требование	Условия
универсальность	должен информативно отражать разнообразие регионов	необходим перечень критериев, который будет возможно собрать в разных регионах
относительность	после анализа собранной информации у исследователя должна сложиться полная картина состояния системы землепользования территории в конкретном периоде	рассматривать характеристики не в абсолютном, а в относительном выражении, например, в пересчете на один гектар или тысяч жителей
достаточность	учет всех сторон системы землепользования	в анализируемом наборе критериев должны быть все, в полной мере отражающие шесть основных сторон системы землепользования
необходимость	не увеличивать трудоемкость и повысить понимание результатов анализа	следует всячески избегать раздувания количества собираемых и анализируемых показателей, необходимо исключить дублирование показателей
легкость интерпретации	полученные результаты должны быть понятны пользователям информации	пригодность к использованию в процессе управления земельно-имущественными отношениями территории

Перечень показателей, характеризующих систему землепользования	
площадь земельного фонда региона, в т.ч. по категориям;	рыночная стоимость;
площади угодий;	количество сделок;
площади по видам права;	количество собранных штрафов;
количество земельных участков, поставленных на государственный кадастровый учет;	количество нарушений законодательства;
количество документов территориального планирования;	площадь земель, подверженных опустыниванию;
количество объектов капитального строительства;	площадь подтопленных земель;
количество итераций для оформления прав;	площадь заболоченных земель;
количество и площадь зон с особыми условиями использования;	площадь переувлажненных земель;
объем земельных платежей;	площадь захламненных земель;
собранная арендная плата;	площадь земель, подверженных иным негативным процессам (с указанием наименования и степени развития негативного процесса);
собранный земельный налог;	
удельная кадастровая стоимость по категориям;	мощность гумусового горизонта.

Рисунок 2. Предлагаемые показатели, описывающие систему землепользования в рамках проводимой классификации регионов страны для целей проводимого исследования

Figure 2. Proposed indicators describing the land use system within the framework of the classification of regions of the country for the purposes of the study





БАЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Table with multiple columns: Region, Indicators (Land area, etc.), and various metrics. Includes a large table with 100+ rows and 30+ columns.

2017-2023

Рисунок 3. Сформированная база показателей

Figure 3. Generated database of indicators

Обобщенная схема осуществления зонирования территорий (районирования) в целях проводимой классификации

Table: Перевод БД в относительные значения. Shows relative values for various regions like Bryansk, Vladimirskaya, Voronezhskaya, etc.

Table: Распределение субъектов РФ (регионов) по зонам. Lists regions grouped into zones 1 and 2.

Проведение обработки данных и выделение зон со средними значениями показателей

Table showing data processing results with columns for 'Значения' and 'Источники'.

Рисунок 4. Преобразованная база показателей с учетом критерия относительности при проведении зонирования регионов



Таблица 2. Результаты осуществленного зонирования (районирования) территорий в рамках проведения классификация регионов страны в целях прогнозирования и планирования по показателям системы регионального землепользования  
 Table 2. The results of the implemented zoning (zoning) of territories as part of the classification of the country's regions for the purpose of forecasting and planning based on indicators of the regional land use system

Зона	Входящие регионы	Характеристика зоны
1	Вологодская область, Новгородская область, Псковская область, Астраханская область, Волгоградская область, г. Севастополь, Республика Башкортостан, Пермский край, Кировская область, Оренбургская область, Саратовская область, Курганская область, Свердловская область, Челябинская область, Алтайский край, Кемеровская область — Кузбасс, Новосибирская область, Омская область.	Земельный фонд этих субъектов Федерации характеризуется практически равными долями, приходящимися на земли сельскохозяйственного назначения и земли лесного фонда. Сельскохозяйственные угодья составляют всего 45% от площади всех земель региона из первой зоны, а пашня чуть превышает 50%. Регионы первой зоны имеют одну из самых низких величин собираемого земельного налога в пересчете на 1 га, а вот средняя арендная плата, наоборот, значительно превышает другие кластеры, если не рассматривать зону № 4.
2	Воронежская область, Курская область, Орловская область, Рязанская область, Тамбовская область, Ярославская область, Ленинградская область, Ростовская область, Республика Дагестан, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, Ставропольский край, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Нижегородская область, Пензенская область, Ульяновская область.	Включает в себя преимущественно аграрные регионы. Средняя доля земель сельскохозяйственного назначения в данной зоне превышает 60%, как и доля сельскохозяйственных угодий. В регионах данной зоны максимальное (чуть менее трети) значение доли земель, находящихся в собственности граждан.
3	Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Ивановская область, Калужская область, Липецкая область, Тульская область, Калининградская область, Республика Адыгея, Краснодарский край, Республика Ингушетия, Республика Северная Осетия — Алания, Чеченская Республика, Республика Татарстан, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Самарская область.	Характеризуются очень средними значениями. Тем не менее именно в регионах данной зоны собираются больше всего платежей земельного налога, если не учитывать регионы 4й зоны. Так же регионы третьей зоны имеют действующих документов градостроительного планирования более, чем на 90% своей территории.
4	Московская область. г. Москва, г. Санкт-Петербург.	Входят наиболее экономически сильные регионы: Именно поэтому средние экономические показатели по этой зоне на порядки отличаются от других зон. Одновременно здесь максимальное количество поставленных на учет земельных участков и объектов капитального строительства.
5	Костромская область, Смоленская область, Тверская область, Республика Карелия, Республика Коми, Архангельская область, Мурманская область, Ненецкий АО, Республика Калмыкия, Республика Крым. Тюменская область, Ханты-Мансийский АО, Ямало-Ненецкий АО, Республика Алтай, Республика Тыва, Республика Хакасия, Красноярский край, Иркутская область, Томская область, Республика Бурятия, Республика Саха (Якутия), Забайкальский край, Камчатский край, Приморский край, Хабаровский край, Амурская область, Магаданская область, Сахалинская область, Еврейская АО, Чукотский АО.	Регионы с явным преобладанием земель лесного фонда, с минимальной кадастровой стоимостью, с незначительными суммами арендной платы за землю и земельного налога. Кроме того именно в данных регионах наблюдается максимальная доля земель в государственной и муниципальной собственности.

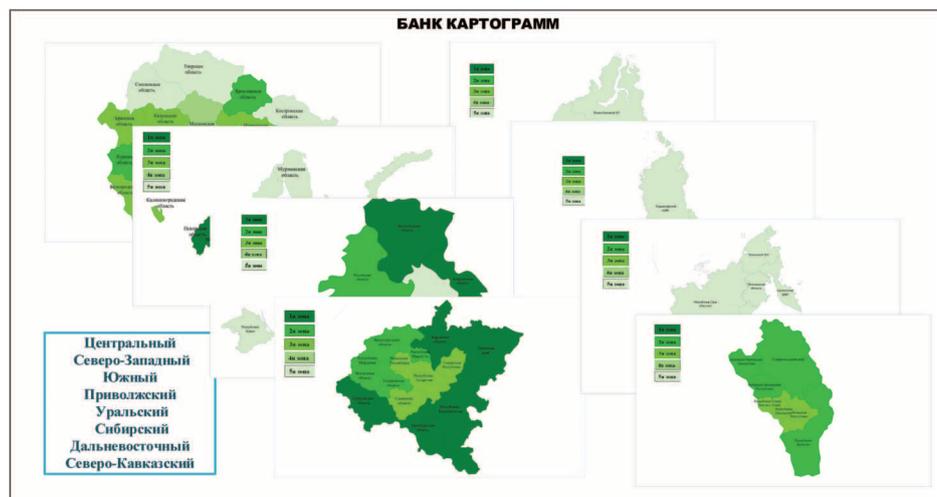


Рисунок 5. Банк картограмм проведенного зонирования территории  
 Figure 5. Bank of cartograms of the territory zoning carried out

Опираясь на имеющиеся у авторов наработки в области зонирования территорий, в т.ч. осуществления кластерного (комплексного) зонирования [8,10], достигнутые ранее результаты [2, 9, 10, 11] была проведена классификация (районирование) территории страны с учетом положений кластерного (комплексного) зонирования территорий [1, 6, 10, 13, 14]. При его проведении авторы опирались на возможности применения статистических моделей для целей социально-экономических исследований [7].

Для ее проведения все показатели были переведены в относительный формат (*критерий относительности*), а сама классификация проводилась с помощью программного пакета Statistica (рис. 4).



Рисунок 6. Зонирование Приволжского федерального округа  
 Figure 6. Zoning of the southern federal district

Таблица 3. Перечень типичных регионов по предлагаемым зонам  
 Table 3. List of typical regions by proposed zones

Зона	Типичный регион	Значение отклонения
1	Кемеровская область — Кузбасс	402,55
2	Нижегородская область	52,09
3	Самарская область	100,91
4	г. Санкт-Петербург	195 114,78
5	Сахалинская область	33,24



В результате все регионы России были разделены на 5 зон или кластеров — единиц зонирования (районирования), определены входящие в каждый кластер регионы, а также дана их характеристика (табл. 2).

По результатам проведенного зонирования в целях визуальной поддержки осуществляемого исследования были составлены картограммы в разрезе федеральных округов (рис. 5): картограммы составлены на территорию Центрального, Северо-Западного, Южного, Приволжского, Уральского, Сибирского, Дальневосточного, Северо-Кавказского федеральных округов.

В качестве примера приведем составленную авторами картограмму зонирования территорий по показателям системы землепользования на территории Приволжского федерального округа (рис. 6).

На территории показанного примера (Приволжского федерального округа) представлены регионы, вошедшие в 3 из 5-ти полученных ранее зон, так в 1ю зону попали Кировская, Саратовская и Оренбургская области, Пермский край и Республика Башкортостан. Во 2-й зоне находятся Нижегородская, Пензенская и Ульяновская области, Республики Мордовия и Марий Эл, а в 3-ей Чувашская, Удмуртская республики, республика Татарстан и Самарская область.

В дальнейшем для целей проводимого исследования в рамках реализуемого проекта Российского научного фонда № 23-28-01413 с целью обоснования выбора объекта исследования был осуществлен выбор типичного региона в каждой зоне по следующей схеме (обобщенно):

- в рамках определенной ранее зоны по каждому показателю рассчитывалось его среднее значение;
- для каждого региона определялась разница (дельта) между значением в данном регионе и средним значением по зоне;
- определялось суммарное отклонение региона от среднего значения по сумме установленных разниц показателей в зоне;
- определение типичного региона с учетом минимального отклонения (табл. 3).

Полученные на данном этапе осуществляемого исследования результаты будут использованы в дальнейшем при реализации выполняемого проекта, однако и сейчас могут представлять интерес при информационном обеспечении процесса управления земельными и природными ресурсами региона, учета его региональных особенностей, могут быть использованы органами государственной власти при подготовке и реализации стратегий развития и целевых программ данной области. Рассматривая данные показатели за один временной период, можно сделать вывод о текущем состоянии системы землепользования

рассматриваемой территории, выявить перекося в системе, нуждающиеся в исправлении. При анализе динамики этих показателей выявляются тенденции и закономерности развития системы землепользования. Выявленные же долгосрочные закономерности и текущие тенденции способны стать информационной основой для формирования и функционирования системы прогнозирования и планирования землепользования в регионах России.

#### Список источников

1. Анисимов А.П. Зонирование как функция управления земельным фондом: вопросы теории // Современное право. 2012. № 8. С. 87-93.
2. Антропов Д.В., Комаров С.И. Шесть сторон землепользования // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 3(393). С. 238-240.
3. Варламов А.А., Гальченко С.А. Развитие системы землепользования в современной России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 6. С. 8-9.
4. Варламов А.А. и др. Роль ресурсного потенциала для повышения эффективности сельскохозяйственного землепользования // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 4. С. 5-7.
5. Волков С.Н., Черкашина Е.В., Липски С.А. Землеустроительное обеспечение вовлечения в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 3(387). С. 220-225.
6. Долматова О.Н. Комплексное зонирование территории как информационная основа формирования долгосрочных программ и планов развития сельскохозяйственного производства // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2015. № 4(20). С. 90-95.
7. Иванов Н.И. и др. К вопросу об использовании статистических моделей для целей социально-экономических исследований // Московский экономический журнал. 2019. № 3. С. 2.
8. Ишамытова И.Х., Антропов Д.В. Комплексное (кластерное) зонирование городов Пензенской области на основе эколого-экономических показателей территории // Креативная экономика. 2023. Т. 17, № 11. С. 4263-4290.
9. Кириллов Р.А. и др. Землепользование в региональных документах стратегического планирования // Вестник воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т.17. № 1(80).
10. Комаров С.И., Антропов Д.В. Методы кластерного зонирования территории региона для целей управления земельными ресурсами // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. 2017. Т. 16, № 1. С. 66-85.
11. Комаров С.И. Стратегическое региональное планирование в сфере земельно-имущественных отношений // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2017. № 7(190). С. 82-98.
12. Липски С.А. Состояние и использование земельных ресурсов России: тенденции текущего десятилетия // Проблемы прогнозирования. 2020. № 4(181). С. 107-115.
13. Папаскири Т.В. и др. Природно-сельскохозяйственное районирование как инструмент планирования и организации рационального использования земель муниципальных образований // Московский экономический журнал. 2022. Т. 7, № 3.
14. Шаповалов Д.А. и др. Информационное обеспечение землепользования на мелиорируемых землях сельскохозяйственного назначения // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 6(390). С. 564-568.

#### References

1. Anisimov A.P. (2012). *Zonirovanie kak funkciya upravleniya zemelnym fondom: voprosy teorii* [Zoning as a function of land fund management: theoretical issues]. *Sovremennoe pravo*, no. 8, pp. 87-93.
2. Antropov D.V. (2023). *Shest' storon zemlepol'zovaniya* [six sides of land use]. *Mezhdunarodnyj sel'skhozajstvennyj zhurnal*, no. 3(393), pp. 238-240.
3. Varlamov A.A. (2018). *Razvitiye sistemy zemlepol'zovaniya v sovremennoj Rossii* [Development of the land use system in modern Russia]. *Mezhdunarodnyj sel'skhozajstvennyj zhurnal*, no. 6, pp. 8-9.
4. Varlamov A.A. (2020). *Rol' resursnogo potentsiala dlya povysheniya effektivnosti sel'skhozajstvennogo zemlepol'zovaniya* [The role of resource potential for increasing the efficiency of agricultural land use]. *Mezhdunarodnyj sel'skhozajstvennyj zhurnal*, no. 4, pp. 5-7.
5. Volkov S.N. (2022). *Zemleustroitel'noe obespechenie вовлечения v oborot neispol'zuemykh zemel' sel'skhozajstvennogo naznacheniya* [Management support for the inclusion of unused agricultural land into circulation]. *Mezhdunarodnyj sel'skhozajstvennyj zhurnal*, no. 3(387), pp. 220-225.
6. Dolmatova O.N. (2015). *Kompleksnoe zonirovanie territorii kak informacionnaya osnova formirovaniya dolgosrochnykh programm i planov razvitiya sel'skhozajstvennogo proizvodstva* [Integrated zoning of territory as an information basis for the formation of long-term programs and plans for the development of agricultural production]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 4(20), pp. 90-95.
7. Ivanov N.I. (2019). *K voprosu ob ispol'zovanii statisticheskikh modelej dlya celej social'no-ekonomicheskikh issledovanij* [On the issue of using statistical models for the purposes of socio-economic research]. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal*, no. 3. p. 2.
8. Ishamyatova I.H. (2023). *Kompleksnoe (klasternoe) zonirovanie gorodov Penzenskoj oblasti na osnove ekologo-ekonomicheskikh pokazatelej territorii* [Complex (cluster) zoning of cities in the Penza region based on environmental and economic indicators of the territory]. *Kreativnaya ekonomika*, no. 11, pp. 4263-4290.
9. Kirillov R.A. (2024). *Zemlepol'zovanie v regional'nykh dokumentakh strategicheskogo planirovaniya* [Land use in regional strategic planning documents]. *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 1(80).
10. Komarov S.I. (2017). *Metody klasternogo zonirovaniya territorii regiona dlya celej upravleniya zemelnymi resursami* [Methods of cluster zoning of a region's territory for the purposes of land resource management]. *Vestnik UrFU, Seriya: Ekonomika i upravleniye*, no. 1, pp. 66-85.
11. Komarov S.I. (2017). *Strategicheskoe regional'noe planirovanie v sfere zemel'noi-mushchestvennykh otnoshenij* [Strategic regional planning in the sphere of land and property relations]. *Imushchestvennye otnosheniya v Rossijskoj Federacii*, no. 7(190), pp. 82-98.
12. Lipski S.A. (2020). *Sostoyanie i ispol'zovanie zemel'nykh resursov Rossii: tendencii tekushchego desyatiletiya* [State and use of land resources in Russia: trends of the current decade]. *Problemy prognozirovaniya*, no. 4(181), pp. 107-115.
13. Papaskiri T.V. (2022). *Prirodno-sel'skhozajstvennoe rajonirovanie kak instrument planirovaniya i organizacii racional'nogo ispol'zovaniya zemel' municipal'nykh obrazovanij* [Natural and agricultural zoning as a tool for planning and organizing the rational use of municipal lands]. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal*, no. 3.
14. Shapovalov D.A. (2022). *Informacionnoe obespechenie zemlepol'zovaniya na melioriruemykh zemlyah sel'skhozajstvennogo naznacheniya* [Information support for land use on reclaimed agricultural lands]. *Mezhdunarodnyj sel'skhozajstvennyj zhurnal*, no. 6(390), pp. 564-568.

#### Информация об авторах:

**Антропов Дмитрий Владимирович**, кандидат экономических наук, доцент кафедры кадастра недвижимости и землепользования, заведующий лабораторией научных и методических проблем кадастров, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8834-7767>, antropovdv@guz.ru  
**Комаров Станислав Игоревич**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры кадастра недвижимости и землепользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3136-1058>, komarovsi@guz.ru

#### Information about the authors:

**Dmitriy V. Antropov**, candidate of economic sciences, associate professor of the department of real estate cadastre and land use, head of the laboratory of scientific and methodological problems of cadastres of the department of real estate cadastre and land use, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8834-7767>, antropovdv@guz.ru  
**Stanislav I. Komarov**, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of real estate cadastre and land use, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3136-1058>, komarovsi@guz.ru



Научная статья  
УДК 502/504:631.6(075.8)  
doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_135

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПОСЕВАМИ ЗЕРНОВОГО СОРГО В БОГАРНЫХ УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КАЛМЫКИИ

Т.В. Папаскири<sup>1</sup>, Д.Е. Кучер<sup>2</sup>, Е.А. Пивень<sup>2</sup>, Е.Г. Чернова<sup>2</sup>,  
Н.П. Алексеенко<sup>1</sup>, А.И. Тетерюков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

**Аннотация.** Изучены пути рационального использования ограниченных естественных водных ресурсов для повышения продуктивности кормовых угодий и стабильности производства зерна и кормов в богарных условиях сухостепной зоны Калмыкии: выбор засухоустойчивых высокопродуктивных кормовых культур и применение водосберегающих технологий их возделывания. Перспективной кормовой сельскохозяйственной культурой для рассматриваемых условий является зерновое сорго, обладающее хорошими кормовыми качествами, хозяйственной универсальностью, высокой жаро- и засухоустойчивостью, неприхотливостью к почвенным условиям, в том числе к засолению почвы. Полевые исследования проведены в 2016-2018 г.г. в Сарпинском районе Республики Калмыкия, где в составе полевого севооборота осуществлен двухфакторный полевой опыт с 5 сортами двух групп спелости зернового сорго на засухоустойчивость (раннеспелые — Орловское, Состав; среднеспелые — Зерноградское 53, Зерста 99, Аюшка) и 3 способами основной обработки почвы (зяблевая вспашка на глубину 0,18...0,20 м, плоскорезная обработка на глубину 0,20...0,22 м, дискование на глубину 0,16...0,18 м). По результатам исследований установлено, что в годы разной тепло- и влагообеспеченности естественные водные ресурсы удовлетворительно обеспечивают суммарное водопотребление зернового сорго для формирования приемлемой урожайности в богарных условиях земледелия. Урожайность зерна сорго на уровне 2,47-2,53 т/га у раннеспелых сортов с наименьшими затратами водных ресурсов 652-667 м<sup>3</sup>/т обеспечивается при плоскорезной основной обработке почвы. Среднеспелые сорта зернового сорго эффективнее выращивать при основной обработке почвы зяблевая вспашка, которая способствует формированию урожайности зерна на уровне 2,50-3,20 т/га с коэффициентом водопотребления 559-659 м<sup>3</sup>/т.

**Ключевые слова:** полупустынная зона Калмыкии, светло-каштановые почвы, полевые опыты, зерновое сорго, технологии обработки почвы, богарные условия, водопотребление, урожайность

Original article

## THE EFFICIENCY OF THE USE OF NATURAL WATER RESOURCES BY GRAIN SORGHUM CROPS IN THE RAIN-FED CONDITIONS OF THE DRY STEPPE ZONE OF KALMYKIA

T.V. Papaskiri<sup>1</sup>, D.E. Kucher<sup>2</sup>, E.A. Piven<sup>2</sup>, E.G. Chernova<sup>2</sup>,  
N.P. Alekseyenko<sup>1</sup>, A.I. Teteryukov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

**Abstract.** Ways to manage limited natural water resources to increase the productivity of feedland and the stability of grain and feed production in the unirrigation conditions of the Kalmykia dry-steppe zone have been explored: the choice of drought-tolerant, high-yielding feed crops and the use of water-saving technologies for their cultivation. Perspective forage crop for the conditions under consideration is grain sorghum, which has good forage qualities, economic versatility, high heat and drought resistance, unpretentiousness to soil conditions, including salinity. Field studies were conducted in 2016-2018 in the Sarpin district of the Republic of Kalmykia, where two-factor field experience with 5 varieties of two groups of ripeness on drought resistance of grain sorghum (early ripe — Orlovsky, Sostav; medium-ripe — Zernogradsky 53, Zersta 99, Ayushka) and 3 ways of basic soil processing (syable plowing to a depth of 0.20 m — control, flat-cut processing to a depth of 0.20... 0.22 m, driving processing to a depth of 0.16... 0.18 m). Studies have shown that in years of different heat and moisture supply, natural water resources satisfactorily provide total water consumption of grain sorghum to generate acceptable yields in unirrigation farming conditions. Yield sorghum grain at 2.47-2.53 tons per hectare in early ripe varieties with the lowest water resources 652-667 m<sup>3</sup>/t is provided by the method of flat-cut processing. Medium-ripe varieties of grain sorghum are more efficient to grow by the method of basic soil processing driving, which contributes to the formation of grain yields at the level of 2.50-3.20 tons per hectare with a water consumption factor of 559-659 m<sup>3</sup>/tons.

**Keywords:** semi-desert zone of Kalmykia, light-chestnut soils, field experiments, grain sorghum, soil processing technologies, unirrigation conditions, water consumption, yields

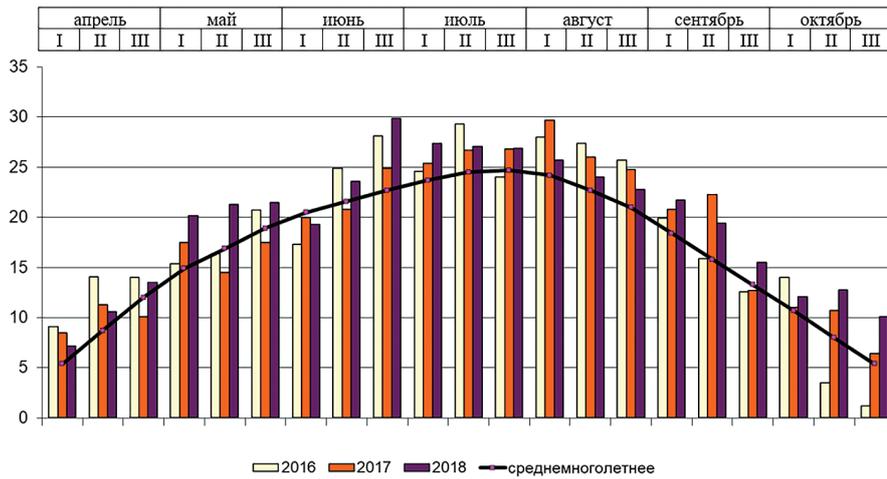
**Цель исследования.** Изучить пути эффективного использования ограниченных естественных водных ресурсов для повышения продуктивности кормовых угодий и стабильности производства зерна и кормов в богарных условиях Калмыкии. Выбор культуры обусловлен её хорошими кормовыми качествами, хозяйственной универсальностью, высокой жаро- и засухоустойчивостью, неприхотливостью к почвенным условиям, в том числе к засолению почвы.

Эти качества зернового сорго позволяют компенсировать колебания по годам производства зерна и кормов в хозяйствах сухостепной зоны Калмыкии для обеспечения дальнейшего развития животноводства, являющегося исторически сложившимся основным направлением сельского хозяйства этой зоны Калмыкии [1, 2, 3, 4].

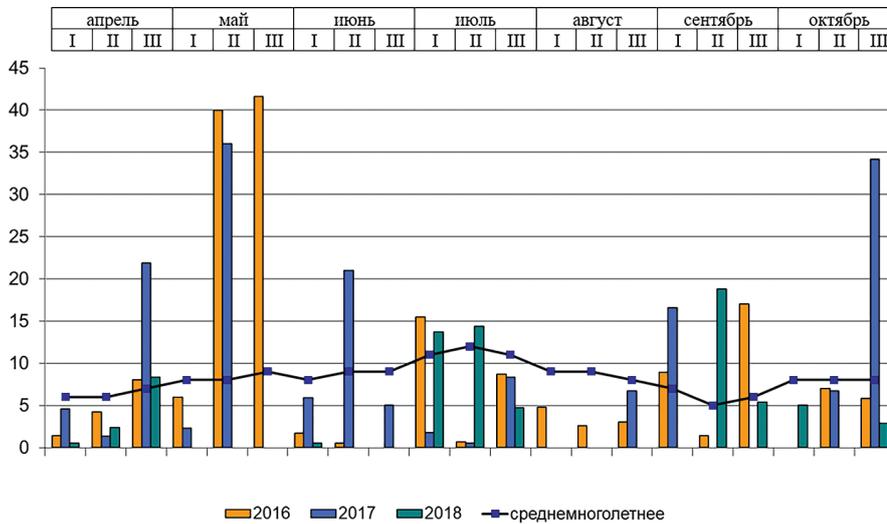
**Материалы и методы исследования.** Полевые эксперименты проведены в 2016-2018 г.г. на полях крестьянско-фермерского хозяйства

в Сарпинском районе Республики Калмыкия для обоснования выбора засухоустойчивых сортов зернового сорго и оптимальных способов основной обработки почвы, способных обеспечить наилучшее сбережение и рациональное использование естественных осадков и почвенной влаги для формирования урожая в богарных условиях [5, 6, 7, 8].

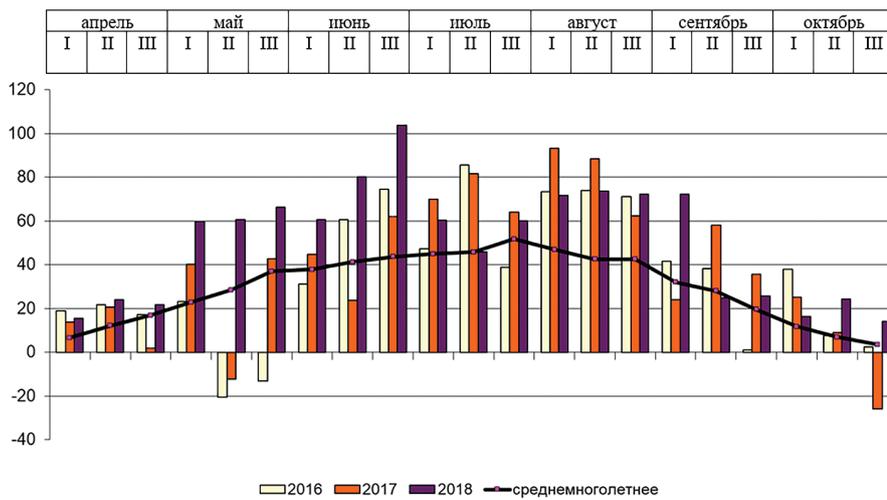
По данным метеостанции поселка Малые Дербеты в Сарпинском районе Республики Кал-



(a)



(b)



(v)

Рисунок 1. Температуры воздуха (а), °С, атмосферные осадки (б), мм, дефициты влажности воздуха (в), мм, по декадам в годы проведения исследований (метеостанция п. Малые Дербеты)  
 Figure 1. Air temperature (a), °C, precipitation (b), mm, humidity deficiency (v), mm, per decades during the research years (weather station, Small Derbets town)

мыкья среднемноголетние характеристики климатических условий показывают высокую испаряемость (1100...1180 мм/год), низкую влагообеспеченность (осадки 243...278 мм/год), большую сумму активных температур ( $\Sigma_{t>10}^0 = 3300...3500^{\circ}\text{C}$ ), низкий коэффициент увлажнения (0,22...0,28).

На рисунке 1 представлены метеорологические показатели периода вегетации зернового сорго в годы проведения исследований.

Теплообеспеченность вегетационных периодов 2016-2018 г.г. была близка к среднемноголетним значениям и характеризовалась суммой активных температур воздуха 2005-2227°C у раннеспелых сортов и 2434-2750°C у среднеспелых сортов зернового сорго, что обеспечивало формирование продукционного процесса растений [2, 5, 7].

По влагообеспеченности наиболее благоприятным для роста и развития растений зернового сорго был 2016 год, в котором атмосферные осадки за вегетационный период раннеспелых сортов (II декада мая — I декада августа) составили 110 мм, среднеспелых сортов (II декада мая — III декада августа) — 120 мм, что больше среднемноголетних значений соответственно на 28 и 17%. В 2017 г. атмосферные осадки вегетационного периода у раннеспелых сортов меньше среднемноголетних на 8%, у среднеспелых — на 18%.

Самым засушливым годом отмечен 2018 год с атмосферными осадками за вегетационный период 33,3 мм, что на 62-68% меньше среднемноголетних значений. Распределение атмосферных осадков в течение вегетационного периода во все годы исследований было неравномерно.

Температурный режим создает существенный дефицит атмосферной влаги, характерный для климата сухостепной зоны и способствующий повышению как физического испарения, так и транспирации.

В годы исследований наибольшее отклонение среднесуточной температуры воздуха за декаду от среднемноголетней отмечено в III декаде июня 2016 и 2018 г. на 5,4°C и 7,2°C. В отдельные дни температура воздуха в полуденные часы достигала 47°C. Максимальный дефицит атмосферной влаги 105 мм наблюдался в III декаде июня 2018 г.

По данным почвенного разреза, заложенного в 2016 г., почвы опытного участка — светлокаштановые среднесуглинистые, автоморфные, солонцового комплекса. Пахотный горизонт 0-18 см состоит из крупно-пылеватого суглинка с фракциями 0,05...0,01 мм, иллювиальный горизонт 18-35 см — из пылеватого суглинка с преобладанием частиц менее 0,01 мм. Плотность сложения почвы увеличивается по глубине от 1,18 до 1,60 т/м<sup>3</sup>, пористость 51...48%. Наименьшая влагоемкость почвы в пахотном слое 24,85%, в метровом слое 23,89% от массы почвы, максимальная гигроскопичность от 6,36% в слое 0-0,20 м до 8,19% в слое 0-100 см. Реакция почвенного раствора щелочная, pH = 7,9...8,2, содержание гумуса 1,18-1,87%. Грунтовые воды залегают глубоко и не оказывают влияния на влажность корнеобитаемого слоя почвы.

Опытный участок входил в состав полевого севооборота чистый пар — озимая пшеница — сорго зерновое. В соответствии с программой исследований запланирован двухфакторный



опыт, предусматривающий агроэкологическое испытание 5 сортов двух групп спелости на засухоустойчивость (фактор А): раннеспелые — Орловское, Состав; среднеспелые — Зерноградское 53, Зерста 99, Аюшка, и применение 3 способов основной обработки почвы (фактор В): зяблевая вспашка на глубину 0,18...0,20 м, плоскорезная обработка на глубину 0,20...0,22 м, дискование на глубину 0,16...0,18 м. Исследования проводились согласно методикам полевого опыта Б.А. Доспехова и рекомендациям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИКормов им. В.Р. Вильямса [5, 8, 9, 10, 11].

Повторность вариантов опыта четырехкратная, размещение вариантов — рендомизированное. Схема планирования эксперимента приведена на рис.2.

Размеры опытной делянки приняты 7,2x15 м, общая площадь одной повторности 0,16 га, площадь всего опыта с четырехкратной повторностью составляет 0,64 га.

Посевы сорго проводились при прогревании почвы на глубине заделки семян до 12...15°C (12.05.2016г., 09.05.2017г., 04.05.2018г.), ширина междурядий принята 30 см [2, 5, 7].

Плотность сложения почвы определяли методом режущего кольца, влажность почвы — термостатно-весовым методом (ГОСТ 20915-75), наименьшую влагоемкость — методом залива площадок, запасы продуктивной влаги в почве и показатели структуры суммарного водопотребления зернового сорго рассчитывали по А.Н. Костякову.

Определялись также сроки наступления фенологических фаз роста и развития растений, полевая всхожесть, густота стояния и высота растений, формирование листовой поверхности, вес

сырой и сухой массы по фенологическим фазам, урожаи зерна. Математическая обработка данных проводилась методами корреляционного, регрессионного, дисперсионного анализов [11].

**Анализ результатов экспериментов.** Величины суммарного водо-потребления зернового сорго за годы исследований по вариантам опыта составили для раннеспелых сортов 2110...1136 м<sup>3</sup>/га, для среднеспелых сортов 2253...1160 м<sup>3</sup>/га в зависимости от метеорологических условий года и способов основной обработки почвы. Наибольшие величины суммарного водопотребления получены во влажном 2016 году (2253,0...2064,6 м<sup>3</sup>/га) по всем вариантам опыта. В среднем 2017 и сухом 2018 годах суммарное водопотребление было ниже соответственно на 360...448 м<sup>3</sup>/га и 928...1022 м<sup>3</sup>/га, что связано с меньшим количеством осадков и пониженной влажностью почвы, причем величины суммарного водопотребления четко отражали водообеспеченность года.

В структуре суммарного водопотребления доля атмосферных осадков изменялась от 55,3% во влажный год до 27,1% в сухой, остальное водопотребление обеспечивалось за счет использования почвенных запасов влаги (44,7...72,9%).

Связь между суммарным водопотреблением и средневзвешенными значениями влажности почвы за вегетацию (с учетом продолжительности фаз) в слое 0-100 см описывают эмпирические уравнения:

$$E_{\text{РСП}} = 1,56 \cdot (W_{\text{срвег}})^2 - 87,2 \cdot W_{\text{срвег}} + 508,$$

$$E_{\text{СРСП}} = 1,56 \cdot (W_{\text{срвег}})^2 - 74,7 \cdot W_{\text{срвег}} - 165,$$

где E<sub>РСП</sub> и E<sub>СРСП</sub> — суммарное водопотребление зернового сорго ранне- и среднеспелых сортов, м<sup>3</sup>/га; W<sub>срвег</sub> — средняя за вегетацию влажность в метровом слое почвы, % НВ. Для полученных

зависимостей коэффициенты детерминации составили соответственно 0,76 и 0,78.

Суточное водопотребление растениями зернового сорго в среднем за вегетационный период варьировало по вариантам опыта от 10,4 до 23,8 м<sup>3</sup>/га. Наибольшие его величины наблюдались в период “посев-кущение” — 12,2...48,7 м<sup>3</sup>/га, что связано с высокой испаряемостью с поверхности почвы в периоды посев-всходы и всходы-кущение из-за низкого проективного покрытия. Наименьшие величины отмечены в 2018 году у среднеспелых сортов зернового сорго в варианте “зяблевая вспашка”, что согласуется с условиями обеспеченности растений влагой.

В течение вегетации под воздействием различных факторов наблюдались существенные колебания величины водопотребления, произошла изреженность посевов, но благодаря высокой засухоустойчивости зернового сорго, сохранность растений в среднем за три года составила 58,7...71,9%, что обеспечило получение урожая близкого к ожидаемому: по всем вариантам опыта получено в 2016 году — 1,75...3,23 т/га, в 2018 году — 1,42...2,94 т/га, т.е. в сухой году по сравнению с влажным урожай снизился в среднем на 17...19%, что выгодно отличало зерновое сорго от других зернофуражных культур [12] (табл. 1).

Урожайность сорго зернового зависела как от метеорологических условий вегетационного периода, так и от способов обработки почвы, так как они обеспечивали разные условия сбережения влаги в почве.

В среднем за годы исследований лучшим вариантом для формирования урожая зерна сорго у раннеспелой группы сортов являлся способ плоскорезной основной обработки почвы.

I повторение								
Фактор В: способ основной обработки почвы								
“зяблевая вспашка”, h=0,18-0,20 м			“плоскорезная обработка”, h=0,20-0,22 м			“дискование”, h=0,16-0,18 м		
Фактор А1: раннеспелые сорта								
Орловское (st)		Состав		Орловское (st)		Орловское (st)		Состав
Фактор А2: среднеспелые сорта								
Аюшка	Зерноградское 53 (st)		Зерста 99		Зерноградское 53 (st)	Зерста 99		Аюшка
II повторение								
Фактор В: способ основной обработки почвы								
“зяблевая вспашка”, h=0,18-0,20 м			“плоскорезная обработка”, h=0,20-0,22 м			“дискование”, h=0,16-0,18 м		
Фактор А1: раннеспелые сорта								
Состав		Орловское (st)		Орловское (st)		Состав		Орловское (st)
Фактор А2: среднеспелые сорта								
Зерста 99		Аюшка	Зерноградское 53 (st)		Аюшка	Зерноградское 53 (st)		Зерста 99
III повторение								
Фактор В: способ основной обработки почвы								
“зяблевая вспашка”, h=0,18-0,20 м			“плоскорезная обработка”, h=0,20-0,22 м			“дискование”, h=0,16-0,18 м		
Фактор А1: раннеспелые сорта								
Орловское (st)		Состав		Орловское (st)		Орловское (st)		Состав
Фактор А2: среднеспелые сорта								
Зерноградское 53 (st)		Зерста 99	Аюшка		Зерста 99	Аюшка		Зерноградское 53 (st)
IV повторение								
Фактор В: способ основной обработки почвы								
“зяблевая вспашка”, h=0,18-0,20 м			“плоскорезная обработка”, h=0,20-0,22 м			“дискование”, h=0,16-0,18 м		
Фактор А1: раннеспелые сорта								
Состав		Орловское (st)		Орловское (st)		Состав		Орловское (st)
Фактор А2: среднеспелые сорта								
Аюшка	Зерноградское 53 (st)		Зерста 99		Зерноградское 53 (st)	Зерста 99		Аюшка

Рисунок 2. Схема полевого опыта  
Figure 2. Field experiment scheme



Таблица 1. Урожайность (Y) зерна различных сортов сорго в зависимости от способов основной обработки почвы, т/га  
Table 1. Yield (Y) of different types of sorghum, depending on the methods of the basic soil cultivation, tonne/ha

Сорт (фактор А)	Способ основной обработки почвы (фактор В)	У, т/га 2016 г.	У, т/га 2017 г.	У, т/га 2018 г.	У, т/га 2016-2018 г.г.
<b>Раннеспелые сорта</b>					
Орловское (st)	вспашка	2,63±0,20	2,58±0,38	1,97±0,18	2,39±0,25
	плоскорез	2,72±0,16	2,64±0,13	2,05±0,16	2,47±0,15
	дискование	2,36±0,43	2,37±0,21	1,74±0,17	2,16±0,27
Состав	вспашка	2,72±0,20	2,61±0,20	1,89±0,07	2,41±0,16
	плоскорез	2,77±0,12	2,68±0,25	2,13±0,14	2,53±0,17
	дискование	2,40±0,23	2,43±0,22	1,76±0,21	2,20±0,23
<b>Среднеспелые сорта</b>					
Зерноградское 53 (st)	вспашка	2,94±0,27	2,85±0,50	2,67±0,14	2,82±0,30
	плоскорез	2,19±0,12	2,31±0,26	2,08±0,17	2,19±0,18
	дискование	1,84±0,12	1,78±0,11	1,54±0,10	1,72±0,11
Зерста 99	вспашка	3,23±0,23	3,02±0,25	2,94±0,18	3,06±0,22
	плоскорез	2,56±0,07	2,45±0,15	2,23±0,29	2,41±0,17
	дискование	1,91±0,05	1,82±0,11	1,67±0,19	1,80±0,11
Аюшка	вспашка	2,78±0,26	2,58±0,17	2,41±0,12	2,59±0,18
	плоскорез	2,02±0,07	1,90±0,12	1,78±0,13	1,90±0,11
	дискование	1,75±0,04	1,64±0,18	1,42±0,09	1,60±0,10
НСР <sub>05</sub> по фактору А		0,13	0,21	0,14	0,12
НСР <sub>05</sub> по фактору В					0,16
НСР <sub>05</sub> по факторам АВ		0,23	0,35	0,24	0,27

Таблица 2. Коэффициенты водопотребления различных сортов зернового сорго в зависимости от способа основной обработки почвы  
Table 2. Water use ratio of different types of sorghum crops, depending on the methods of the basic soil cultivation

Сорт (фактор А)	Способ основной обработки почвы (фактор В)	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т			
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее
<b>Раннеспелые сорта</b>					
Орловское	вспашка	794,7±61,1	655,0±97,2	560,9±56,8	670,2
	плоскорез	775,7±44,4	654,9±31,8	572,7±49,8	667,8
	дискование	875,0±16,2	719,4±67,0	653,4±67,7	749,3
Состав	вспашка	768,4±58,7	647,5±50,2	584,7±22,9	666,9
	плоскорез	761,7±34,0	645,1±62,5	551,2±34,8	652,7
	дискование	860,4±8,3	701,6±62,5	646,0±75,2	736,0
<b>Среднеспелые сорта</b>					
Зерноградское 53	вспашка	760,2±68,4	628,4±112,6	434,5±23,5	607,7
	плоскорез	1028,8±48,2	781,4±94,0	591,8±48,4	800,7
	дискование	1214,1±82,6	1015,7±61,9	781,8±50,4	1003,9
Зерста 99	вспашка	692,0±49,1	593,0±48,2	394,6±25,0	559,9
	плоскорез	880,1±40,6	736,7±57,6	552,0±36,2	722,9
	дискование	1169,6±33,6	993,4±65,4	721,0±78,7	961,3
Аюшка	вспашка	804,0±75,9	694,2±46,6	481,3±23,3	659,8
	плоскорез	1115,3±37,6	950,0±58,9	691,6±51,5	919,0
	дискование	1276,6±32,1	1102,4±118,3	847,9±52,8	1075,6
НСР <sub>05</sub> по фактору А		43,01	62,02	41,24	52,33
НСР <sub>05</sub> по фактору В		33,31	48,04	31,95	71,44
НСР <sub>05</sub> по факторам АВ		74,49	107,43	71,44	90,64

У сорта Состав урожайность составила 2,13-2,77 т/га, что выше стандартного сорта Орловское на 2,5-4,0%. Вариант плоскорезная обработка по урожайности превосходил варианты зяблевая вспашка и дискование соответственно на 0,08-0,12 т/га и 0,31-0,33 т/га, вариант зяблевая вспашка превосходил вариант дискование на 9-12%.

Из среднеспелых сортов сорго более продуктивным за годы исследований оказался сорт Зерста 99 с урожаями зерна от 1,80 до 3,06 т/га, что выше контрольного варианта Зерноградское 53 на 0,08-0,24 т/га и выше сорта Аюшка 0,20-0,47 т/га. Наилучшим вариантом основной обработки почвы оказалась зяблевая вспашка, наименьшая урожайность получена в варианте дискование.

Таким образом, в богарных условиях на светло-каштановых почвах Калмыкии обеспечивается получение наибольшей урожайности зерна у раннеспелого сорта сорго Состав на уровне 2,0-2,7 т/га при плоскорезной обработке почвы. Среднеспелые сорта сорго Зерноградское 53 и Зерста 99 формируют урожайность зерна на уровне 2,8-3,2 т/га на фоне основной обработки почвы зяблевой вспашкой.

Эффективность использования водных ресурсов агрофитоценозом характеризует коэффициент водопотребления (табл. 2).

Результаты полевых исследований показали, что коэффициент водопотребления варьировал в широких пределах от 394,6 до 1276,6 м<sup>3</sup>/т, т.е. эффективность использования водных ресурсов растениями сильно зависит от сорта сорго и способа основной обработки почвы.

Самая высокая эффективность использования естественных водных ресурсов обеспечивается у раннеспелых сортов зернового сорго при выращивании по плоскорезной обработке, а у среднеспелых сортов — при зяблевой вспашке, о чём свидетельствуют коэффициенты водопотребления соответственно 652-667 м<sup>3</sup>/т и 559-659 м<sup>3</sup>/т. Самый высокий коэффициент водопотребления при наименьшей урожайности зерна сорго получен в варианте дискование — 961-1075 м<sup>3</sup>/т.

Связь между урожайностью и коэффициентом водопотребления описывается зависимостями:

$$Y_{\text{рсп}} = 61,9 * K_{\text{в}}^{-0,5}, Y_{\text{срсп}} = 61,73 * K_{\text{в}}^{-0,5},$$

где  $Y_{\text{рсп}}$ ,  $Y_{\text{срсп}}$  — урожайности ранне- и среднеспелых сортов зернового сорго, т/га;  $K_{\text{в}}$  — коэффициент водопотребления, м<sup>3</sup>/т; (погрешности расчетов составили 2,5 и 9,4%, НСР<sub>05</sub> равны 0,06 и 0,21).

Полученные зависимости применимы при обосновании выбора сорта зернового сорго и технологии основной обработки почвы в разных условиях естественной водообеспеченности растений [13, 14]

**Выводы.** Для укрепления кормовой базы животноводства в хозяйствах сухостепной зоны Калмыкии предполагается компенсировать колебания по годам производства зерна и кормов путем выбора засухоустойчивых высокопродуктивных кормовых культур и применения технологий, способствующих рациональному использованию естественных водных ресурсов.

Обобщение опыта кормопроизводства в республике показало существенные достоинства зернового сорго — хорошие кормовые качества, хозяйственную универсальность, высокую



жаро- и засухоустойчивость, неприхотливость к почвенным условиям. Для обеспечения рационального расходования естественных водных ресурсов посевами зернового сорго исследованы его сорта по группам спелости и агротехнологические приемы основной обработки почвы в составе полевого севооборота чистый пар — озимая пшеница — зерновое сорго.

Результаты наших полевых исследований доказали, что агроклиматические и почвенные условия сухостепной зоны Калмыкии позволяют реализовать биологический потенциал зернового сорго в годы разной тепло- и влагообеспеченности и получать приемлемую урожайность в богарных условиях земледелия.

Формирование урожайности зерна сорго на уровне 2,47-2,53 т/га у раннеспелых сортов Орловское и Состав обеспечивается при плоскорезной основной обработке почвы с затратами водных ресурсов 652-667 м<sup>3</sup>/т.

Среднеспелые сорта зернового сорго Зерноградское 53 и Зерста 99 эффективнее выращивать при основной обработке почвы зяблевым вспашкой, которая способствует формированию урожайности зерна на уровне 2,50-3,20 т/га с экономичным коэффициентом водопотребления 559-659 м<sup>3</sup>/т.

#### Список источников

1. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий по районам Республики Калмыкия. // Юлетье Росстата по Астраханской области и Республике Калмыкия. Элиста, 2018.
2. Горпиниченко С.И. Сорго — культура для засушливых территорий / С.И. Горпиниченко, Н.А. Ковтунова, В.В. Ковтунов и др. // Проблемы развития АПК региона. 2017. № 3 (31). С. 5-9.
3. Чернова Е.Г., Дедов А.А. Состояние и перспективы возделывания сорго зернового в Республике Калмыкия. Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального

природопользования. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», с. Солёное Займище, 2019. С.370-374. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-1-075.

4. De Souza Miranda R. Ammonium improves tolerance to salinity stress in Sorghum bicolor plants // Plant Growth Regulation. 2016. V. 78. № 1. P. 121-131.

5. Дедов А.А. и др. Опыт возделывания сорго зернового на светло-каштановых почвах Республики Калмыкия // Научная жизнь. 2019. Т. 14, вып. № 4. С. 430-437.

6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 504 с.

7. Васильченко С.А. и др. Влияние метеословий на продуктивность сорго зернового в южной зоне Ростовской области // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 120 (06). С. 744-754.

8. Матюк Н.С. Агроэкологические основы севооборотов: Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. 226 с.

9. Ресурсосберегающая технология производства зернового сорго. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. 40 с.

10. Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Современные проблемы применения различных систем и способов основной обработки почвы // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 1. С. 3-6.

11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.

12. Пигорев И.Я., Ишков И.В. Выживаемость и сохранность растений сорго в условиях лесостепи // Вестник Курской ГСХА. 2017. № 4. С. 23-25.

13. Алабушев А.В. и др. Корреляционные связи количественных признаков сорго зернового // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 28 (04). С. 32-941.

14. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебник. М.: Агропромиздат, 1989. 320 с.

#### References

1. Planting areas, gross harvests and crop yields in all categories of farms in Kalmykia. *Rosstat Bulletin for Astrakhan Region and the Republic of Kalmykia*. Elista, 2018.

2. Gorpinichenko S.I. (2017). Sorgho — culture for arid territories, etc. Problems of the development of the region's agricultural sector, no. 3 (31), p. 5-9.

3. Chernova E.G., Dedov A.A. (2019). State and prospects for the cultivation of grain sorghum in the Republic of Kalmykia. The modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of environmental management, *PAFNC RAS*, p.370-374. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-1-075.

4. De Souza Miranda R. (2016). Ammonium improves tolerance to salinity stress in Sorghum bicolor plants. *Plant Growth Regulation*, vol. 78, no. 1, p. 121-131.

5. Dedov A.A. (2019). Experience of cultivating sorghum on light-chestnut soils of the Republic of Kalmykia. *Scientific life*, vol. 14, no. 4, p. 430-437.

6. The State Register of Breeding Achievements Admitted to Use, vol. 1, «Plant Varieties», Moscow, *Rosinformagrotech*, 2016, 504 p.

7. Vasilchenko S.A. (2016). Effect of weather conditions on the productivity of grain sorghum in the southern zone of the Rostov region, *Scientific Journal of KubGAU*, no. 120 (06), p. 744-754.

8. Matyuk N.S. (2011). *Agroecological Fundamentals of Crop rotation: Educational Tutorial*, Moscow, *Publishing house RGAU-MAA named after K.A. Timiryazev*, 226 p.

9. Resource-saving grain sorghum production technology, Moscow, *Rosinformagrotech*, 2012, 40 p.

10. Pykhtin I.G., Gostev A.V. (2012). Contemporary problems of the application of different systems and methods of basic soil treatment. *Advances in science and technology of the AIK*, no. 1, p. 3-6.

11. Dosphehov B.A. (1985). *Field Experience Technique*, Moscow, *Agropromizdat*, 352 p.

12. Pigorev I.Y., Ishkov I.V. (2017). Survival and preservation of sorghum plants in the forest steppe. *Messenger of Kursk GKHA*, no. 4, p. 23-25.

13. Alabuchev A.V. (2017). Correlational ties of quantitative signs of grain sorghum. *Scientific journal KubSAU*, no. 128 (04), p. 932-941.

14. Kayumov M.K. (1989). *Programming yields of agricultural crops: textbook*, Moscow, *Agropromizdat*, 320 p.

#### Информация об авторах:

**Папаскири Тимур Валикович**, доктор экономических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, врио ректора, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3780-9060>, [t\\_papaskiri@mail.ru](mailto:t_papaskiri@mail.ru)

**Кучер Дмитрий Евгеньевич**, кандидат технических наук, доцент, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7919-3487>

**Пивень Елена Анатольевна**, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры общественного здоровья, здравоохранения и гигиены, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4688-0926>, [piven-ea@rudn.ru](mailto:piven-ea@rudn.ru)

**Чернова Елизавета Геннадьевна**, аспирант агробиотехнологического департамента, Аграрно-технологический институт, Российский университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы, [Elizaveta.ch@inbox.ru](mailto:Elizaveta.ch@inbox.ru)

**Алексеенко Николай Петрович**, аспирант, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-3337-8179>, [alekseenko.ni@mail.ru](mailto:alekseenko.ni@mail.ru)

**Тетерюков Александр Игоревич**, аспирант, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-7418-3734>, [vip.alekasnder.tt@mail.ru](mailto:vip.alekasnder.tt@mail.ru)

#### Information about the authors:

**Timur V. Papaskiri**, doctor of economic sciences, candidate of agricultural sciences, associate professor, acting rector, State University of Land Use Planning ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3780-9060>, [t\\_papaskiri@mail.ru](mailto:t_papaskiri@mail.ru)

**Dmitry E. Kucher**, candidate of technical sciences, associate professor, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7919-3487>, [dmitr004@gmail.com](mailto:dmitr004@gmail.com)

**Elena A. Piven**, candidate of medical sciences, associate professor, associate professor of the department of public health, health and hygiene, medical institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4688-0926>, [PivenEl@mail.ru](mailto:PivenEl@mail.ru)

**Elizaveta G. Chernova**, post graduate of the agrobiotechnological department, the agrarian and technological institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, [Elizaveta.ch@inbox.ru](mailto:Elizaveta.ch@inbox.ru)

**Nikolay P. Alekseyenko**, post graduate, The State University of Land Use Planning, [alekseenko.ni@mail.ru](mailto:alekseenko.ni@mail.ru)

**Alexander I. Teteryukov**, post graduate, The State University of Land Use Planning, ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-7418-3734>, [vip.alekasnder.tt@mail.ru](mailto:vip.alekasnder.tt@mail.ru)





Научная статья

УДК 631.111

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_140

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА АГРАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Н.Г. Барышников<sup>1</sup>, А.А. Иванов<sup>1,2</sup>, Д.Ю. Самыгин<sup>2</sup>, С.Н. Алексеева<sup>1</sup><sup>1</sup>Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия<sup>2</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

**Аннотация.** Проведенный анализ сложившегося размещения и концентрации аграрного производства в Российской Федерации показал высокий уровень локализации производства продукции растениеводства и животноводства в пятнадцати регионах страны, характеризующихся наиболее оптимальным сочетанием почвенно-климатических и социально-экономических условий для аграрного производства. В пятнадцати субъектах Федерации, относящихся к лидерам по развитию сельского хозяйства, проживает порядка 25,3% населения РФ и сосредоточено 54,34% производства продукции сельского хозяйства страны в сельскохозяйственных организациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах. На основании этого актуальным становится решение проблемы определения перспективных направлений пространственного развития аграрного сектора экономики в остальных субъектах РФ. Особое внимание важно уделить группе регионов, относящихся к Нечерноземной зоне европейской части России, республикам Северного Кавказа, субъектам Федерации, относимым к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям. В целях обеспечения восстановления и развития аграрного производства в этих группах регионов предлагается использовать программно- и проектно-целевые подходы, направленные на повышение инвестиционной привлекательности и устойчивое развитие их аграрного сектора. Предлагаемые мероприятия должны быть систематизированы в соответствующих подпрограммах и базироваться на развитии производства продукции сельского хозяйства на основе продуктовых подкомплексов, обеспечивающих углубленную переработку сельскохозяйственного сырья. Данные мероприятия должны основываться на широком внедрении научно-технического прогресса, обеспечивать техническую и технологическую модернизацию и инновационное развитие аграрного сектора экономики. В связи с этим целью исследования является обоснование перспективных направлений территориального размещения и специализации агропродовольственного сектора, обеспечивающих повышение экономической и физической доступности для населения пищевой продукции.

**Ключевые слова:** размещение, концентрация, сельские территории, производство, растениеводство, животноводство, регионы, продуктовый подкомплекс

**Благодарности:** исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-10277, <https://rscf.ru/project/23-28-10277/> и Пензенской области.

Original article

## PROMISING DIRECTIONS FOR SPATIAL DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL PRODUCTS PRODUCTION

N.G. Baryshnikov<sup>1</sup>, A.A. Ivanov<sup>1,2</sup>, D.Yu. Samygin<sup>2</sup>, S.N. Alekseeva<sup>1</sup><sup>1</sup>Penza State Agrarian University, Penza, Russia<sup>2</sup>Penza State University, Penza, Russia

**Abstract.** The analysis of the current location and concentration of agricultural production in the Russian Federation showed a high level of localization of crop and livestock production in fifteen regions of the country, characterized by the most optimal combination of soil-climatic and socio-economic conditions for agricultural production. About 25.3% of the population of the Russian Federation lives in fifteen regions of the federation, which are among the leaders in the development of agriculture, and 54.34% of the country's agricultural production is concentrated in agricultural organizations and farms. Based on this, solving the problem of determining promising directions for spatial development of the agricultural sector of the economy in other regions of the Russian Federation becomes relevant. It is important to pay special attention to the European part of Russia, belonging to the lack of Black soil zone, to the republics of the North Caucasus, regions of the Far North and equivalent areas. In order to ensure the restoration and development of agricultural production in these groups of regions, it is proposed to use program-targeted and design-targeted approaches aimed at increasing the investment attractiveness and sustainable development of local agricultural sector. The proposed activities should be systematized in relevant subprograms and based on the development of agricultural production which in its turn must be based on product subcomplexes that ensure advanced processing of agricultural raw materials. These measures should be based on the widespread introduction of scientific and technological progress, ensuring technical and technological modernization and innovative development of the agricultural sector of the economy. In this regard, the purpose of the study is to substantiate promising areas of territorial location and specialization of the agri-food sector, ensuring increased economic and physical accessibility of food products for the population.

**Keywords:** location, concentration, rural areas, production, crop production, animal husbandry, regions, food subcomplex

**Acknowledgments:** the research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 23-28-10277, <https://rscf.ru/project/23-28-10277/> and the Penza region.

**Введение.** В Российской Федерации сельское хозяйство является одной из сфер национальной экономики, характеризующейся наиболее динамичным ростом производства на основе интенсивных технологий, достигшей значительных успехов в импортозамещении, имеющей высокий экспортный потенциал. Сегодня перед аграрным сектором стоит новая стратегически важная задача — обеспечить население доступной пищевой продукцией на уровне

не ниже рациональных норм ее потребления. Принципиальная сложность задачи связана с тем, что надо увеличить не только физическую, но и одновременно экономическую доступность выпускаемой продукции. Решение этой задачи, по мнению академика РАН Г.В. Беспалого [2], как никогда прежде, будет зависеть от правильного использования территориального фактора. Как справедливо отмечает академик РАН А.И. Алтухов [1], важно эффективно

задействовать аграрный потенциал регионов, обеспечить максимальное соответствие природных условий биологическим требованиям и особенностям выращивания отдельных сельскохозяйственных культур и животных.

Несмотря на обширные территории страны, наиболее благоприятные условия для развития аграрного сектора сложились в степной и лесостепной зонах европейской части России, Южном Урале и южной части Западной Сибири.



С учетом сложившегося размещения и концентрации сельскохозяйственного производства в Российской Федерации актуальной становится проблема определения перспективных направлений развития аграрного сектора экономики в регионах с наименее благоприятным сочетанием почвенно-климатических условий и минимальной локализацией производства сельскохозяйственного сырья и продовольствия.

**Цель и объект исследования.** Целью исследования является обоснование перспективных направлений территориального размещения и специализации агропродовольственного сектора. Объектом исследования являются регионы России.

Задачи исследования: проведение анализа сложившегося размещения и концентрации аграрного производства на территории Российской Федерации; определение направлений по совершенствованию пространственного развития агропродовольственного сектора с учетом эффективного использования почвенно-климатического потенциала.

**Методы проведения исследования.** Почвенно-климатический потенциал регионов России оказывает решающее значение на размещение и концентрацию производства продукции сельского хозяйства в стране. В ходе проведенного исследования осуществлена группировка регионов страны по их доле в производстве аграрной продукции сельскохозяйственными организациями (СХО) и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами (КФХ). При проведении анализа были использованы данные Федеральной службы государственной статистики по 85 из 89 субъектов РФ, в связи с тем, что по 4 регионам статистические данные в открытом доступе в статистических сборниках за 2022 г. отсутствуют. В то же время следует отметить, что природно-экономический потенциал новых регионов страны способствует развитию производства сельского хозяйства на основе инновационных технологий.

Группировки проводились в интервалах по удельному весу сельскохозяйственных организаций и КФХ регионов в общероссийском производстве продукции сельского хозяйства: от 0 до 1%, от 1 до 2%, от 2 до 3%; от 4 до 5%; более 5%. Для определения удельного веса регионов в производстве продукции сельского хозяйства в расчетах использовался показатель производства продукции хозяйствами всех категорий, сельскохозяйственными организациями и КФХ в действующих ценах в среднем за 2020-2022 гг.

Валовое производство продукции сельского хозяйства в стоимостном выражении в среднем за 2020-2022 гг. в хозяйствах всех категорий достигло 7676,69 млрд руб., в том числе в сельскохозяйственных организациях и КФХ — 5761,15 млн руб. или 75,1% от ее валового производства. В разрезе Федеральных округов (ФО) наибольший удельный вес производства продукции сельского хозяйства в сельскохозяйственных организациях и КФХ приходится на: Центральный федеральный округ (ЦФО) — 31,06%; Приволжский федеральный округ (ПФО) — 21,41% и Южный федеральный округ (ЮФО) — 18,4%. Совокупный удельный вес этих федеральных округов в аграрном производстве страны в сельскохозяйственных организациях и КФХ достигает 70,85%. В субъектах Федерации рассматриваемых федеральных округов сосредоточено 58,5% населения страны. Наименьшей

концентрацией производства продукции сельского хозяйства характеризуются регионы Дальневосточного (ДФО), Северо-Западного (С-ЗФО) и Уральского (УФО) федеральных округов (табл. 1).

**Результаты и обсуждение.** Проведение анализа размещения производства по регионам России свидетельствует о его высокой концентрации в субъектах РФ, характеризующихся наиболее оптимальным сочетанием почвенно-климатических и социально-экономических условий.

В группу регионов, доля производства продукции сельского хозяйства которых превышает 5%, в среднем за 2020-2022 гг. вошли 3 субъекта РФ: Краснодарский край, Ростовская и Белгородская области (табл. 1) [8, 9]. На их долю суммарно приходится 18,7% валового производства сельскохозяйственной продукции России, производимой сельскохозяйственными организациями и КФХ. Уровень локализации производства продукции растениеводства и животноводства в них достигает 21,7 и 13,7%.

При этом в них проживает порядка 7,8% населения страны. В почвенном покрове данных трех регионов преобладают черноземы и каштановые почвы.

Двенадцать субъектов РФ по удельному весу от 2 до 5% в производстве сельскохозяйственной продукции в сельскохозяйственных организациях и КФХ распределены следующим

образом (табл. 1): от 4 до 5% — Воронежская область; от 3 до 4% — Ставропольский край, Алтайский край, Республика Татарстан, Курская и Тамбовская области; от 2 до 3% — Орловская, Липецкая, Пензенская, Саратовская и Волгоградская области, Республика Башкортостан.

Таким образом, в 15 исследуемых регионах России, где проживает 25,3% населения страны, сконцентрировано основное производство продукции сельского хозяйства страны. Уровень концентрации достигает: 50,6% от уровня производства в хозяйствах всех категорий и 54,34% в сельскохозяйственных организациях и КФХ. Локализация производства в данной группе регионов от российского уровня достигает по отрасли растениеводства 62,7%, животноводства — 41%. В рассматриваемых субъектах РФ в 2022 г. сосредоточено 53160,5 тыс. га пашни и 42887,4 тыс. га посевных площадей сельскохозяйственных культур, что составляет 45,4 и 52,1% от общероссийского уровня соответственно. Уровень использования пашни с учетом площади чистых паров самый высокий в РФ и достигает 91%.

Учитывая сформировавшиеся территориальные диспропорции в размещении аграрного производства важно определить роль регионов РФ, не относящихся к вышеперечисленным 15 субъектам России, в производстве продукции сельского хозяйства и потенциал роста аграрного сектора экономики в этих субъектах РФ [6].

Таблица 1. Удельный вес Федеральных округов в производстве продукции сельского хозяйства в РФ (2020-2022 гг.), %

Table 1. The share of Federal districts in the production of agricultural products in the Russian Federation (2020-2022), %

Наименование территории	Удельный вес регионов в производстве продукции сельского хозяйства в РФ в 2020-2022 гг., %				Структура производимой в регионе продукции сельского хозяйства в 2020-2022 гг., %		Удельный вес региона в населении РФ, %
	хозяйства всех категорий	СХО и КФХ	в том числе:		растениеводства	животноводства	
			растениеводства	животноводства			
<b>РФ всего:</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>61,05</b>	<b>38,95</b>	<b>100,0</b>
<b>ЦФО</b>	<b>27,70</b>	<b>31,06</b>	<b>28,70</b>	<b>34,70</b>	<b>56,47</b>	<b>43,53</b>	<b>27,50</b>
Белгородская область	4,31	5,29	3,20	8,50	37,44	62,56	1,00
Воронежская область	4,12	4,40	4,70	3,90	65,61	34,39	1,60
Курская область	2,91	3,50	3,80	3,00	66,39	33,61	0,70
Липецкая область	2,34	2,70	3,10	2,00	71,31	28,69	0,80
Орловская область	1,67	2,02	2,40	1,40	73,95	26,05	0,50
Тамбовская область	2,61	3,08	3,40	2,60	67,53	32,47	0,70
<b>С-ЗФО</b>	<b>4,21</b>	<b>4,57</b>	<b>1,70</b>	<b>9,00</b>	<b>22,99</b>	<b>77,01</b>	<b>9,50</b>
<b>ЮФО</b>	<b>17,73</b>	<b>18,38</b>	<b>25,30</b>	<b>7,60</b>	<b>83,91</b>	<b>16,09</b>	<b>11,40</b>
Краснодарский край	7,16	7,98	10,60	3,80	81,27	18,73	4,00
Волгоградская область	2,83	2,75	4,00	0,80	88,63	11,37	1,70
Ростовская область	5,19	5,43	7,90	1,50	89,05	10,95	2,80
<b>С-КФО</b>	<b>8,09</b>	<b>6,08</b>	<b>6,80</b>	<b>5,00</b>	<b>68,29</b>	<b>31,71</b>	<b>7,00</b>
Ставропольский край	3,18	3,56	4,50	2,00	77,87	22,13	2,00
<b>ПФО</b>	<b>22,80</b>	<b>21,41</b>	<b>20,30</b>	<b>23,10</b>	<b>58,00</b>	<b>42,00</b>	<b>19,60</b>
Республика Башкортостан	2,74	2,18	2,00	2,50	55,56	44,44	2,80
Республика Татарстан	3,68	3,12	2,50	4,10	48,21	51,79	2,70
Пензенская область	1,95	2,23	2,10	2,50	56,75	43,25	0,90
Саратовская область	2,97	2,89	4,30	0,70	89,96	10,04	1,60
<b>УФО</b>	<b>5,19</b>	<b>4,99</b>	<b>3,50</b>	<b>7,40</b>	<b>42,25</b>	<b>57,75</b>	<b>8,40</b>
<b>СФО</b>	<b>10,90</b>	<b>10,81</b>	<b>11,00</b>	<b>10,50</b>	<b>62,11</b>	<b>37,89</b>	<b>11,40</b>
Алтайский край	2,92	3,21	4,20	1,70	79,29	20,71	1,50
<b>ДФО</b>	<b>3,48</b>	<b>2,81</b>	<b>2,90</b>	<b>2,70</b>	<b>62,60</b>	<b>37,40</b>	<b>5,40</b>

Примечание: в таблице приведены регионы, удельный вес которых в общероссийском производстве в СХО и КФХ превышает 2%.



Таблица 2. Распределение регионов РФ по удельному весу от 0 до 2% в производстве продукции сельского хозяйства сельскохозяйственными организациями и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами (2020-2022 гг.)

Table 2. Distribution of regions of the Russian Federation by share from 0 to 2% in agricultural production by agricultural organizations and peasant (farming) farms (2020-2022)

Группы	Лесостепная и степная зона, с преобладанием черноземов в площади пашни	Нечерноземная зона европейской части РФ	Зона регионов Северного Кавказа	Зона районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей
от 1 до 2%	Области: Самарская — 1,83% Оренбургская — 1,86% Свердловская — 1,33% Челябинская — 1,66% Кемеровская — 1,06% Новосибирская — 1,95% Омская — 1,51%	Области: Рязанская — 1,56% Тулльская — 1,62% Нижегородская — 1,32% Московская — 1,69% Брянская — 1,69% Ленинградская 1,59% Республики: Удмуртия — 1,0% Мордовия — 1,4%		Края: Красноярский — 1,5% Области: Амурская — 1,02% Тюменская — 1,27%
от 0 до 1%	Республики: Крым — 0,87% Калмыкия — 0,26% Области: Астраханская — 0,63% Ульяновская — 0,82% Курганская — 0,73%	Республики: Марий Эл — 0,67% Чувашия — 0,57% Края: Пермский — 0,74% Области: Калининградская — 0,76% Вологодская — 0,61% Новгородская — 0,41% Псковская — 0,81% Владимирская — 0,52% Ивановская — 0,24% Калужская — 0,87% Костромская — 0,21% Смоленская — 0,37% Тверская — 0,6% Ярославская — 0,62% Кировская — 0,79%	Республики: Дагестан — 0,75% Ингушетия — 0,15% Кабардино-Балкария — 0,67% Карачаево-Черкессия — 0,36% Северная Осетия-Алания — 0,26% Чечня — 0,33% Адыгея — 0,75%	Республики: Коми — 0,17% Карелия — 0,05% Якутия — 0,26% Алтай — 0,08% Тыва — 0,03% Хакасия — 0,12% Бурятия — 0,15% Края: Забайкальский — 0,11% Камчатский — 0,11% Приморский — 0,76% Хабаровский — 0,1% Области: Архангельская — 0,12% Томская — 0,51% Иркутская — 0,84% Магаданская — 0,03% Сахалинская — 0,2% Еврейская автономная область — 0,04% Округа: Ямало-Ненецкий — 0,04% Ханты-Мансийский — 0,1%

В группу регионов с производством продукции сельского хозяйства от 1 до 2% в сельскохозяйственных организациях и КФХ вошло 18 субъектов РФ (табл. 2). В анализируемой группе регионов размещено 26,86% производства сельхозпродукции. В них сконцентрировано от российского уровня производства продукции растениеводства 23,6%, животноводства — 32,1%. На их территории проживает порядка 32% населения России. В анализируемой группе субъектов Федерации в 2022 г. сосредоточено 37542,7 тыс. га пашни и 26061,9 тыс. га посевных площадей или 32,1 и 31,7% от общероссийского уровня. Уровень освоения пашни с учетом чистых паров составляет порядка 78%.

В группу регионов с удельным весом производства продукции сельского хозяйства в сельскохозяйственных организациях и КФХ от 0 до 1% от общероссийского уровня вошли 49 региона (табл. 2), без учета трех городов, являющихся самостоятельными субъектами РФ, таких как Москва, Санкт-Петербург, Севастополь, в которых проживает более 13,1% населения страны. Данные регионы расположены в различных природных зонах и характеризуются значительными отличиями в биоклиматическом потенциале, уровне развития сельского хозяйства и урбанизации. На их долю в среднем за 2020-2022 гг. приходилось от общероссийского уровня производства продукции сельского хозяйства: в хозяйствах всех категорий — 22, %, в сельскохозяйственных организациях и КФХ — 18,89%. Локализация производства продукции от российского уровня по отраслям сельского хозяйства составляет: растениеводства — 13,6%, животноводства — 26,9%. На территории

рассматриваемых 49 регионов проживает порядка 25,7% населения РФ. В целом в данной группе субъектов РФ сосредоточено 26355,0 тыс. га пашни и 13363,1 тыс. га посевных площадей, что составляет 22,5 и 16,2% от общероссийского уровня соответственно. Показатель уровня использования пашни самый низкий в РФ — 55%.

Характеризуя данную группу регионов по удельному весу в производстве продукции в сельскохозяйственных организациях и КФХ, отдельно следует охарактеризовать регионы Северного Кавказа. В семи республиках этой зоны сосредоточено порядка 5,3% населения страны, 5,35% производства сельскохозяйственной продукции в хозяйствах всех категорий и 2,93% в сельскохозяйственных организациях и КФХ. Площадь пашни в них в 2022 г. составляла 1793,6 тыс. га, а посевные площади — 1559,98 тыс. га или 1,53 и 1,89% от общероссийского уровня соответственно. Уровень использования пашни в среднем достигает 87%.

**Выводы.** Таким образом, важнейшей задачей территориального планирования в части развития размещения и специализации аграрного производства России является разработка комплекса организационно-экономических мероприятий, направленных на наиболее эффективное и полное использование природно-ресурсного потенциала всех территорий и природных зон страны. Для эффективной реализации научно обоснованных мероприятий, обеспечивающих динамичное развитие аграрного производства в регионах, характеризующихся наименее благоприятным сочетанием факторов, влияющих на производство сельскохозяйственной продукции, целесообразно сформировать

по ним целевые подпрограммы в действующей Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [3]. Данные подпрограммы сфокусируют меры государственной поддержки на развитие тех отраслей сельского хозяйства, рост производства в которых обеспечит максимальную экономическую, социальную и бюджетную эффективность. Подобные подпрограммы, по нашему мнению, целесообразно сформировать по следующим группам регионов, имеющих общие факторы, ограничивающие или сдерживающие развитие аграрного производства:

1. Регионы, территориально расположенные на Северном-Кавказе, а также Республики Крым и Калмыкию, Астраханскую и Херсонскую области.

2. Регионы Нечерноземной зоны европейской части РФ (кроме регионов, отнесенных к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям). Наряду со сложившейся структурой аграрного производства в данных регионах имеется наибольший потенциал для развития молочного скотоводства на основе интенсивных технологий. Ключевой технической культурой для данных регионов может стать лен-долгунец, востребованный предприятиями текстильной промышленности страны.

3. Районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности, с учетом почвенно-климатических особенностей Арктической зоны, регионов Восточной и Западной Сибири, Дальнего Востока, значительную часть территории которых занимают горные массивы и распространение на больших площадях многолетней мерзлоты [5].



Комплекс мероприятий в рамках вышеуказанных подпрограмм развития сельскохозяйственного производства должен быть основан на следующих подходах:

1. Формировании региональных продуктовых подкомплексов, развиваемых на основе реализации инвестиционных проектов, в том числе с использованием механизмов частно-государственного партнерства, направленных на углубленную переработку сельскохозяйственного сырья, производимого на данной территории, что обеспечит повышение экономической и физической доступности для населения пищевой продукции.

2. Научном обосновании специализации регионов РФ, базирующимся на наиболее эффективном использовании ресурсного потенциала субъектов Федерации, ориентированном на повышении физической и экономической доступности продукции сельского хозяйства для населения и развитии экспортного потенциала [6].

3. Широком внедрении в производство достижений научно-технического прогресса, обеспечивающих расширение ареалов возделывания востребованных на рынке сельскохозяйственных культур, и адаптирование инновационных технологий производства аграрной продукции к условиям конкретной природной зоны. Основой для разработки, апробации и внедрения в производство инновационных технологий может стать система научно-производственных аграрных центров, развиваемых на базе аграрных вузов страны.

4. Создании условий для сохранения существующих и привлечения в отрасль сельского хозяйства новых высококвалифицированных кадров, повышении качества жизни в сельских поселениях.

#### Список источников

- Алтухов А.И. Методология формирования специализированных высокотехнологичных зон в сельском хозяйстве страны // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 7. С. 2-12.
- Беспалотный Г.В. Планирование господдержки сельскохозяйственных предприятий: централизация или «регионализация»? // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2020. № 11. С. 11-15.

#### Информация об авторах:

- Барышников Николай Георгиевич**, доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита, Пензенский государственный аграрный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8462-9759>, [baryshnikov.n.g@pgau.ru](mailto:baryshnikov.n.g@pgau.ru)
- Иванов Александр Александрович**, кандидат экономических наук, доцент кафедры управления, экономики и права, Пензенский государственный аграрный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0445-3301>, [ivanov.a.a@pgau.ru](mailto:ivanov.a.a@pgau.ru)
- Самыгин Денис Юрьевич**, доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета, налогообложения и аудита, Пензенский государственный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5715-1227>, [vekонт82@mail.ru](mailto:vekонт82@mail.ru)
- Алексева Светлана Николаевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры управления, экономики и права, Пензенский государственный аграрный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4414-5546>, [alekseeva.s.n@pgau.ru](mailto:alekseeva.s.n@pgau.ru)

#### Information about the authors:

- Nikolay G. Baryshnikov**, doctor of economic sciences, professor of the department of accounting, analysis and audit, Penza State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8462-9759>, [baryshnikov.n.g@pgau.ru](mailto:baryshnikov.n.g@pgau.ru)
- Alexander A. Ivanov**, candidate of economic sciences, associate professor of the department of management, economics and law, Penza State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0445-3301>, [ivanov.a.a@pgau.ru](mailto:ivanov.a.a@pgau.ru)
- Denis Yu. Samygin**, doctor of economic sciences, professor of the department of accounting, taxation and audit, Penza State University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5715-1227>, [vekонт82@mail.ru](mailto:vekонт82@mail.ru)
- Svetlana N. Alekseeva**, candidate of economic sciences, associate professor of the department of management, economics and law, Penza State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4414-5546>, [alekseeva.s.n@pgau.ru](mailto:alekseeva.s.n@pgau.ru)

3. Кухарев О.Н., Иванов А.А., Алексеева С.Н. Перспективные направления экономического роста зернового подкомплекса региона (на примере Пензенской области) // Проблемы и основные направления повышения эффективности функционирования АПК региона в условиях глобализации и импортозамещения: монография (научное издание) / под общ. ред. О.А. Столяровой, Р.Р. Юнэевой. Пенза: РИО ПГАУ, 2023. С. 87-111.

4. Постановление Правительства РФ от 14.07.2012 № 717 (ред. от 13.06.2023) «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс».

5. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-р о утверждении «Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс».

6. Рациональное размещение и углубление специализации агропромышленного производства: монография / под ред. академика РАН А.И. Алтухова. Москва-Пенза: РИО ПГАУ, 2018. 178 с.

7. Силаева Л.П., Алексеева С.Н., Харитонов Т.В. Уroveň продовольственной безопасности и методика ее оценки // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 7. С. 42-46.

8. <https://pnz.gks.ru/>

9. <https://rosstat.gov.ru/>

10. Kukharev, O.N., Ivanov, A.A., Alekseeva, S.N., Savvateva, S.A. (2021). Prospective directions for the development of grain farming in the region, taking into account zonal features (on the example of Penza region). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Volga Region Farmland 2021 (VRF 2021)*, Penza, November 16-18, 2021, vol. 953, pp. 012029. doi: 10.1088/1755-1315/953/1/012029. EDN Q5DFJU

#### References

- Altukhov, A.I. (2023). Metodologiya formirovaniya spetsializirovannykh vysokotekhnologichnykh zon v sel'skom khozyaistve strany [Methodology for the formation of specialized high-tech zones in the Country's agriculture]. *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii* [Economics of agriculture of Russia], no. 7, pp. 2-12.
- Bespakhotnyi, G.V. (2020). Planirovanie gospodderzhki sel'skokhozyaistvennykh predpriyatii: tsentralizatsiya ili «regionalizatsiya»? [Planning of state support for agricultural enterprises: centralization or "regionalization"?]. *Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii* [Economy of agricultural and processing enterprises], no. 11, pp. 11-15.

3. Kukharev, O.N., Ivanov, A.A., Alekseeva, S.N. (2023). Perspektivnyye napravleniya ekonomicheskogo rosta zernovogo podkompleksa regiona (na primere Penzenskoi oblasti) [Promising directions for economic growth of the grain subcomplex of the region (using the example of the Penza region)]. In: *Problemy i osnovnye napravleniya povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya APK regiona v usloviyakh globalizatsii i importozameshcheniya: monografiya (nauchnoe izdanie)* [Problems and main directions for increasing the efficiency of functioning of the region's agro-industrial complex in the context of globalization and import substitution: monograph (scientific publication)]. Penza, RIO PSAU, pp. 87-111.

4. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14.07.2012 № 717 (red. ot 13.06.2023) «O Gosudarstvennoi programme razvitiya sel'skogo khozyaistva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyaistvennoi produktsii, syr'ya i prodovol'stviya» [Resolution of the Government of the Russian Federation dated 14.07.2012 No. 717 (as amended on 13.06.2023) "The State Program for the Development of agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and food markets"]. *Spravochno-pravovaya sistema «Konsul'tantPlus»* [ConsultantPlus Legal Reference System].

5. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 13 fevralya 2019 g. № 207-r o utverzhdenii «Strategii prostranstvennogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2025 goda» [Decree of the Government of the Russian Federation No. 207-r of February 13, 2019 on approval "Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2025"]. *Spravochno-pravovaya sistema «Konsul'tantPlus»* [ConsultantPlus Legal Reference System].

6. Altukhov, A.I. (ed.) (2018). *Ratsional'noe razmeshchenie i uglublenie spetsializatsii agropromyshlennogo proizvodstva: monografiya* [Rational placement and deepening of specialization of agro-industrial production: monograph]. Moscow-Penza, RIO PSAU, 178 p.

7. Silaeva, L.P., Alekseeva, S.N., Kharitonova, T.V. (2016). Uroveň prodovol'stvennoi bezopasnosti i metodika ee otsenki [Level of food security and method of its evaluation]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], no. 7, pp. 42-46.

8. <https://pnz.gks.ru/>

9. <https://rosstat.gov.ru/>

10. Kukharev, O.N., Ivanov, A.A., Alekseeva, S.N., Savvateva, S.A. (2021). Prospective directions for the development of grain farming in the region, taking into account zonal features (on the example of Penza region). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Volga Region Farmland 2021 (VRF 2021)*, Penza, November 16-18, 2021, vol. 953, pp. 012029. doi: 10.1088/1755-1315/953/1/012029. EDN Q5DFJU



Научная статья

УДК 338.439+332.14

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_144

## ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДИАГНОСТИКИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ КАК СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЕЕ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА

А.А. Зайцев, Н.Д. Дмитриев, Д.Г. Родионов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** Условия глобализационных преобразований и экономических вызовов актуализируют потребность в формировании действенных стратегий по достижению целевых показателей национальной безопасности. Геополитическая нестабильность и реформатирование рынков обусловили особую значимость экономической и продовольственной безопасности регионов страны. В настоящей статье приведены результаты теоретических и практических исследований продовольственной безопасности территории как важной составляющей ее ресурсного потенциала. В качестве объекта исследования выбраны территориальные объединения: Северо-Западный федеральный округ (СЗФО) и составляющие его регионы. Цель исследования заключается в проведении комплексной диагностики продовольственной безопасности территории. Предложенный индекс учитывает разнообразные параметры, такие как производство, потребление продовольственной продукции и фактор доходов населения. Для построения исследования был проведен теоретический анализ в области экономической и продовольственной безопасности, рассмотрена модель оценки продовольственной безопасности территории и проведена ее апробация на регионах СЗФО. Успешная апробация новаторской модели оценки в реальных условиях регионов позволила авторам интегрально оценить продовольственную безопасность всего СЗФО. Апробация модели на статистических данных 2013-2021 гг. показала, что наблюдается дифференциация по продовольственной безопасности: с учетом климатических условий СЗФО обеспечивает себя на 70%, лидерские позиции у г. Санкт-Петербург — 80%, а наименьший уровень в Республике Карелия и Архангельской области — по 55%. Полученные результаты могут быть практически использованы для проведения мониторинга за состоянием продовольственной безопасности и выявления проблем на территориях разного уровня для разработки компетентными органами мероприятий по сокращению их пагубного влияния или полного нивелирования.

**Ключевые слова:** продовольственная безопасность, продовольствие, оценка безопасности, продовольственное обеспечение, территориальная безопасность, региональная экономика, экономическая безопасность, ресурсный потенциал

**Благодарности:** исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00574, <https://rscf.ru/project/23-28-00574/>

Original article

## A DIAGNOSIS TOOL OF FOOD SECURITY OF A TERRITORY AS A COMPONENT OF ITS RESOURCE POTENTIAL

A.A. Zaytsev, N.D. Dmitriev, D.G. Rodionov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia

**Abstract.** The conditions of globalization transformations and economic challenges actualize the need for the formation of effective strategies to achieve national security targets. Geopolitical instability and the reformatting of markets have given special importance to the economic and food security of the country's regions. This article presents the results of theoretical and practical studies of food security of the territory. Territorial associations were chosen as the object of research: the North-Western Federal District (NWFD) and its constituent regions. The purpose of the study is to conduct a comprehensive assessment of the food security of the NWFD and its constituent regions. As an assessment tool, it is proposed to use the integral index (indicator) of food security of the territory. The proposed index takes into account various parameters, such as production, consumption of food products and the income factor of the population. To construct the study, a theoretical analysis was carried out in the field of economic and food security, a model for assessing the food security of the territory was considered and its approbation was carried out in the regions of the Northwestern Federal District. Successful testing of the innovative assessment model in real conditions of the regions allowed the authors to integrally assess the food security of the entire NWFD. Approbation of the model on statistical data 2013-2021. It has shown that there is a differentiation of the NWFD in terms of food security: taking into account climatic conditions, the NWFD provides itself by 70%, the leading positions in St. Petersburg are 80%, and the lowest level in the Republic of Karelia and the Arkhangelsk Region is 55% each. The results obtained can be practically used to monitor the state of food security and identify problems in territories of different levels for the development by competent authorities of measures to reduce their harmful effects or to completely level out.

**Keywords:** food security, food, security assessment, food supply, territorial security, regional economy, economic security, resource potential

**Acknowledgments:** the study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-28-00574, <https://rscf.ru/project/23-28-00574/>

**Введение.** Проблемы мониторинга, оценки состояния и угроз продовольственной безопасности являются ключевыми для определения траекторий стратегического развития территорий. Стратегии социально-экономического развития должны учитывать доступность продовольствия для населения и возможности регионов производить продукцию для поддержания устойчивой жизнедеятельности [1]. Вне

зависимости от внешних факторов и условий развития возникает необходимость в обеспечении базовыми продуктами территорий в установленном объеме, которые позволят поддерживать рациональное потребление, отвечающее современным требованиям здорового питания. Решение ключевых для достижения целевых показателей национальной безопасности задач связано с методологическими проблемами,

которые препятствуют проведению многоуровневой статистической оценки продовольственной безопасности [2].

Государство должно стремиться к улучшению продовольственного обеспечения населения в рамках проведения социально-экономической политики. Для России вопросы продовольственной безопасности являются приоритетными в условиях внешних



ограничений. Состояние продовольственной безопасности территории зависит от ее сельскохозяйственного потенциала. В России не все территории располагают благоприятными природно-климатическими условиями для развития базовых направлений сельского хозяйства, что также повышает актуальность проведения оценки продовольственной безопасности территорий в целях разработки мероприятий для недопущения социальных катастроф и выявления продовольственного избытка, который может быть перераспределен между регионами для покрытия продовольственного дефицита. Полная обеспеченность продовольственной безопасности территории также является важной составляющей ресурсного потенциала долгосрочного регионального развития.

**Цель исследования** — проведение оценки продовольственной безопасности территории на примере Северо-Западного федерального округа (СЗФО) Российской Федерации и входящих в него регионов. Для проведения исследования был проведен теоретический анализ в области экономической и продовольственной безопасности; представлена модель оценки продовольственной безопасности территории; проведена апробация модели на регионах СЗФО. Таким образом, в исследовании приведены результаты теоретических и практических исследований продовольственной безопасности территории, которые позволяют и интегрально оценить продовольственную безопасность объекта исследования — Северо-Западный федеральный округ и составляющие его регионы.

**Материалы исследования.** Для проведения исследования был проведен анализ трудов в области экономической и продовольственной безопасности. Теоретический обзор данных вопросов позволил рассмотреть сущность продовольственной безопасности с позиции ее значимости для развития и поддержания стратегической устойчивости, а также предоставил материал для построения модели оценки продовольственной безопасности территории.

Стратегическая цель обеспечения продовольственной безопасности России заключается в обеспечении населения страны безопасной, качественной и доступной сельскохозяйственной продукцией, сырьем и продовольствием в объемах, обеспечивающих рациональные нормы потребления пищевой продукции. В таком контексте продовольственная безопасность выступает таким состоянием социально-экономического развития страны, при котором обеспечивается ее продовольственная независимость, гарантируется физическая и экономическая доступность для каждого гражданина страны пищевой продукции, соответствующей обязательным требованиям, в объемах не меньше рациональных норм потребления пищевой продукции, необходимой для активного и здорового образа жизни. В свою очередь, обеспечение продовольственной безопасности является важной составляющей ресурсного потенциала развития в будущем.

В условиях глобальной неопределенности цивилизационного развития и проявления острых геополитических и геоэкономических проблем вопросы продовольствия встраиваются в концепцию устойчивого развития, поскольку без достаточности продовольствия практически невозможно представить достойное существование территорий [3]. Возникает потребность в воздействии на субъекты для оценки потенциальных рисков-условий, которые характерны для российской специфики

хозяйствования вследствие нестабильного геополитического фона. С целью минимизации рисков ситуаций требуется использовать методы прогнозирования наихудших сценариев и оценивать свой потенциал [4]. Данные условия касаются и вопросов продовольственной безопасности территории.

Если обратиться к предпринимательской деятельности, обеспечивающей производство продовольствия, то она связана с экономическими вопросами и поддержанием экономической безопасности. Рисковые ситуации и многообразие угроз вынуждают субъекты трансформировать свои условия функционирования и поведение на рынке для достижения стабильности, невосприимчивости к влиянию разных факторов [5]. Государственные программы развития сельского хозяйства способствуют развитию АПК, созданию эффективной архитектуры управления и активизации импортозамещения. Непрерывно возрастающие потребности населения в сельскохозяйственной продукции повышают значимость инновационных преобразований, что позволяет разработать мероприятия по развитию агробизнеса и содействию его интенсивности [6, 7]. Для этого требуется выявлять «узкие» места, на которые должны быть направлены мероприятия.

Продовольственная безопасность России как составная часть национальной безопасности подразумевает проведение детализированно-стратегического планирования, модернизация которого в современных условиях является базовым направлением в контексте обеспечения продовольственной независимости страны и противодействия внешним угрозам, способным подорвать стабильность. Для этого разрабатывается комплекс оценок, учитывающих аспекты экономической безопасности и потребность в инновационном развитии [8, 9]. Изменяющаяся рыночная конъюнктура предполагает расширение подходов, способных обеспечить мониторинг и оценку безопасности разных уровней сложности. При этом любые оценки должны учитывать состояние физического и экономического доступа к продуктам питания, который необходим для здоровой жизни [10].

В зависимости от сложности подходов, они могут учитывать различные количественные и качественные параметры доступа к продовольствию. При этом первичные и наиболее обобщенные оценки нужны для выделения наиболее очевидных проблем, решение которых должно проводиться на основе быстрого мониторинга. Более сложные и детализированные оценки необходимы для принятия специальных и стратегических решений компетентными органами [2].

Новизна предложенного подхода заключается в трансформировании ранних подходов к оценке продовольственной безопасности территории под потребности проведения быстрой оценки, которая позволит проводить своевременный мониторинг и предоставлять информацию для компетентных органов. На основе полученной информации появляется возможность быстро реагировать на продовольственные проблемы, разрабатывать комплекс управленческих решений, а также выделять территории, которым следует уделить расширенное внимание.

**Методы исследования.** Методической базой исследования выступают как общенаучные методы (анализ, синтез, теоретическое обобщение), так и специфические методы: статистический анализ, экономико-математическое моделирование. Также в рамках исследования

вызывали интерес методы, приведенные в работах Е.Н. Антамошкиной [11, 12, 13], в которых отмечается, что проведение социально-экономического анализа продовольственных рынков на региональном уровне предусматривает оценку уровня продовольственной обеспеченности и самообеспеченности основными видами продовольственной продукции. Для этого было предложено использовать формализованные модели экономико-статистической оценки продовольственной обеспеченности, в которых учтены группы показателей самообеспеченности, рассчитываемые в стоимостных или натуральных единицах измерения. В авторском исследовании предлагается модернизировать модели, в частности, развить интегральный показатель и подстроить под хозяйствование территорий, в которых производство некоторых видов продукции затруднено вследствие природно-климатических условий.

Также представлена дифференциация регионов с позиции доступности продовольствия, что, в свою очередь, характеризует показатели продовольственной безопасности. В процессе оценки продовольственной безопасности уделено внимание экономической безопасности, в частности таким аспектам, как доходы населения (спрос) и доступ населения к продовольствию. Без учета данных экономических аспектов, характеризующих финансовые возможности населения потреблять продовольствие, сделать объективные выводы об уровне продовольственной безопасности будет практически невозможно [14].

В составе методического аппарата анализа продовольственного рынка предлагается учесть показатели (параметры), отражающие как производство и потребление продукции (продовольственный аспект), так и наличие у населения возможностей приобрести продукцию (финансовый аспект). В исследовании выделены параметры: K1 — коэффициент производства сельскохозяйственной продукции; K2 — коэффициент продовольственной обеспеченности населения; K3 — коэффициент населения с большими расходами на питание; K4 — коэффициент бедного населения; K5 — коэффициент Джинни.

В результате математического моделирования появляется возможность сформировать критерии оценки и оптимизации продовольственной безопасности, что позволит учесть их в многокритериальных моделях, ориентированных на выявление рисков и угроз продовольственного обеспечения территории, а также разработать комплексные меры для их снижения или полного нивелирования.

**Результаты.** Для анализа отобраны данные за период 2013-2021 гг. с порталов Федеральной службы государственной статистики (<https://rosstat.gov.ru>) и ЕМИСС (<https://www.fedstat.ru/>). В результате была получена информация по каждому показателю (K1 — K5).

**K1 — Коэффициент производства сельскохозяйственной продукции.** Так как фактические объемы производительности на территории СЗФО не позволяют сформировать объективные выводы в связи с неблагоприятными природно-климатическими условиями для производства ряда базовых продовольственных продуктов, то предлагается провести расчет показателей ежеквартального прироста производительности. В таблице 1 представлены поквартальные (I-IV) данные по увеличению производительности продукции АПК за 2019-2021 гг. (сокращенный вариант, полный анализ проводился за 2013-2021 гг.).



Таблица 1. Увеличение производительности продукции АПК  
Table 1. Increasing the productivity of agricultural products

Хозяйства всех категорий	2019				2020				2021			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
<b>СЗФО</b>	<b>105,1</b>	<b>103,1</b>	<b>109,1</b>	<b>102,6</b>	<b>104,9</b>	<b>103,5</b>	<b>101,3</b>	<b>104,5</b>	<b>100,6</b>	<b>101,6</b>	<b>98,9</b>	<b>98,3</b>
R1	87,9	91,6	93,5	98,5	100,0	100,2	102,9	98,7	92,6	92,5	94,7	93,2
R2	100,1	99,0	91,6	97,9	112,4	114,5	117,2	113,6	101,8	101,6	99,4	90,1
R3	99,3	97,6	98,4	91,4	102,0	101,5	98,9	103,9	95,6	98,6	100,9	99,6
R4	102,0	101,2	114,3	111,0	106,9	105,3	96,0	98,5	99,7	99,0	98,9	97,1
R5	110,0	107,0	125,0	97,2	113,9	116,3	106,9	110,2	99,5	99,2	107,1	110,3
R6	101,0	100,2	103,5	99,8	98,7	100,7	98,9	103,0	100,3	101,8	99,3	102,2
R7	92,0	95,6	99,7	88,8	98,9	95,5	115,9	95,7	96,7	89,1	124,8	84,3
R8	96,9	93,1	101,3	100,7	97,1	92,8	100,2	86,0	98,0	96,7	85,8	95,6
R9	119,9	120,3	118,4	116,9	113,0	104,3	101,2	123,4	104,5	110,3	94,9	86,0

Примечание: R1 — Республика Карелия, R2 — Республика Коми, R3 — Архангельская область; R4 — Вологодская область; R5 — Калининградская область; R6 — Ленинградская область; R7 — Мурманская область; R8 — Новгородская область; R9 — Псковская область; R10 — Санкт-Петербург.

В таблице 1 город Санкт-Петербург не рассматривается, так как продовольственная независимость города не зависит от производства сельского хозяйства, а значение принимается оптимальным.

Таблица 2. Анализ производительности продукции АПК по регионам  
Table 2. Analysis of the productivity of agricultural products by region

Хозяйства всех категорий	Меньше 99%	От 99 до 102%	Больше 102%	AIP%	Итог
<b>СЗФО</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>23</b>	0,708	достаточное
R1	22	8	6	0,278	критическое
R2	15	10	11	0,444	недостаточное
R3	22	5	9	0,319	критическое
R4	14	4	18	0,556	недостаточное
R5	4	7	25	0,792	достаточное
R6	9	12	15	0,583	недостаточное
R7	27	2	7	0,222	критическое
R8	17	6	13	0,444	недостаточное
R9	2	1	33	0,931	оптимальное

Пояснение к AIP%: значения > 0,8 — оптимальное состояние; от 0,6 до 0,8 — достаточное; от 0,4 до 0,6 — недостаточное; < 0,4 — критическое.

Таблица 3. Достаточность потребления базовых продуктов по регионам  
Table 3. Sufficiency of consumption of basic products by region

	Молочная продукция		Сахар		Картофель		Масло растительное		Мясо и мясопродукты	
	$\bar{x}$	Вывод	$\bar{x}$	Вывод	$\bar{x}$	Вывод	$\bar{x}$	Вывод	$\bar{x}$	Вывод
<b>СЗФО</b>	<b>0,82</b>	<b>О</b>	<b>4,78</b>	<b>О</b>	<b>0,84</b>	<b>О</b>	<b>1</b>	<b>О</b>	<b>1,04</b>	<b>О</b>
R1	0,69	Д	5,28	О	0,84	О	0,98	О	0,98	О
R2	0,79	Д	4,42	О	0,55	Н	1,01	О	1,12	О
R3	0,56	Н	4,93	О	0,71	Д	1,1	О	0,88	О
R4	0,72	Д	5,1	О	1,01	О	1,06	О	1,03	О
R5	0,73	Д	5,56	О	1,17	О	1,15	О	1,23	О
R6	0,88	О	4,92	О	0,98	О	0,91	О	1,08	О
R7	0,74	Д	4,29	О	0,74	Д	1,14	О	1,07	О
R8	0,74	Д	4,96	О	1,32	О	1,21	О	1,03	О
R9	0,86	Д	4,56	О	0,95	О	0,95	О	1,31	О
R10	0,94	Д	4,61	О	0,73	Д	0,94	О	0,99	О
	Овощи и бахчевые		Фрукты и ягоды		Хлебные продукты		Потребление яиц/продуктов			
	$\bar{x}$	Вывод	$\bar{x}$	Вывод	$\bar{x}$	Вывод	$\bar{x}$	Вывод		
<b>СЗФО</b>	<b>0,66</b>	<b>Д</b>	<b>0,61</b>	<b>Д</b>	<b>1,04</b>	<b>О</b>	<b>1,14</b>	<b>О</b>		
R1	0,61	Д	0,48	Н	1,24	О	0,95	О		
R2	0,67	Д	0,54	Н	1,11	О	1,09	О		
R3	0,6	Д	0,63	Д	1,11	О	0,94	О		
R4	0,74	Д	0,75	Д	1,14	О	1,23	О		
R5	0,77	Д	0,69	Д	1,11	О	1,09	О		
R6	0,74	Д	0,56	Н	1,19	О	1,16	О		
R7	0,73	Д	0,66	Д	0,87	О	0,8	О		
R8	0,78	Д	0,61	Д	1,16	О	1,01	О		
R9	0,64	Д	0,57	Н	1,01	О	0,89	О		
R10	0,6	Д	0,62	Д	0,91	О	1,28	О		

Примечание: О — оптимальное; Д — достаточное; Н — недостаточное.

Для отхождения от показателей сезонности и учета скорости прироста предлагается рассмотреть количество кварталов с положительным ростом и сокращением производства по каждому региону, что позволит выявить состояние сельскохозяйственного производства. Предлагается ввести интегральный индекс AIP%, в котором учтены показатели прироста больше 102% за квартал (X1) и взяты периоды с увеличением производительности от 99 до 102% за квартал (X2) с весовым коэффициентом 0,5. Под значением (Y) учтены все кварталы за период (в данном исследовании — 36 кварталов), в том числе и с сокращением продукции АПК. Результаты с учетом формулы (1) представлены в таблице 2.

$$AIP\% = (X1 + 0,5 \cdot X2) / Y \quad (1)$$

**K2 — Коэффициент продовольственной обеспеченности населения.** На следующем этапе проводится анализ продовольственной обеспеченности населения согласно рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания, утвержденным в приказе Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19 августа 2016 г. № 614. На основе рекомендаций по базовым продуктам с учетом изменений от 01.12.2020 № 1276 базовые продукты и их потребление в килограммах или штуках в год на человека следующие: хлебные продукты — 96 кг, картофель — 90 кг, овощи и бахчевые — 140 кг, свежие фрукты — 100 кг, сахар — 8 кг, мясопродукты — 73 кг, рыбопродукты — 22 кг, молоко и молокопродукты — 325 кг, яйца — 260 шт., масло растительное — 12 кг и поваренная соль — 1,8 кг.

Предлагается рассмотреть потребление базовых продуктов по регионам за 2013–2021 гг., проанализировать отношение фактического потребления к рекомендуемым нормам и выявить среднее значение ( $\bar{x}$ ) для каждого региона. Результаты расчетов приведены в таблице 3.

Полученные значения свидетельствуют об уровне удовлетворения физиологических потребностей населения в базовых продуктах питания. Пояснение к состоянию продовольственной обеспеченности населения: значения > 0,8 — оптимальное; от 0,6 до 0,8 — достаточное; от 0,4 до 0,6 — недостаточное; < 0,4 — критическое.

В результате усреднения данных по базовым видам продуктов определено состояние продовольственной обеспеченности населения: СЗФО — достаточное; Республика Карелия — критическое; Республика Коми — недостаточное;



Таблица 4. Матрица оценки продовольственной безопасности  
Table 4. Food security assessment matrix

Регион:	K1		K2		K3		K4		K5		ΣIPS	%IPS
СЗФО	достаточное	3	оптимальное	4	высокое	2	допустимое	3	высокое	2	14	70%
R1	критическое	1	достаточное	3	высокое	2	высокое	2	допустимое	3	11	55%
R2	недостаточное	3	достаточное	3	высокое	2	высокое	2	высокое	2	12	60%
R3	критическое	1	достаточное	3	высокое	2	допустимое	3	высокое	2	11	55%
R4	недостаточное	3	оптимальное	4	высокое	2	допустимое	3	высокое	2	14	70%
R5	достаточное	3	оптимальное	4	высокое	2	допустимое	3	высокое	2	14	70%
R6	недостаточное	3	достаточное	3	высокое	2	оптимальное	4	высокое	2	14	70%
R7	критическое	1	оптимальное	4	высокое	2	допустимое	3	высокое	2	12	60%
R8	недостаточное	3	оптимальное	4	высокое	2	допустимое	3	высокое	2	14	70%
R9	оптимальное	4	достаточное	3	высокое	2	высокое	2	высокое	2	13	65%
R10	оптимальное	4	оптимальное	4	высокое	2	оптимальное	4	высокое	2	16	80%
Примечание: максимальное значение											20	

Архангельская область — критическое; Вологодская область — недостаточное; Калининградская область — достаточное; Ленинградская область — недостаточное; Мурманская область — критическое; Новгородская область — недостаточное; Псковская область — оптимальное; город Санкт-Петербург — оптимальное.

**K3 — Коэффициент населения с большими расходами на питание.** Для определения экономического аспекта рассмотрена доля расходов на продукты питания в структуре расходов на конечное потребление в анализируемых регионах. Итоговая структура (усредненный  $\bar{x}$ ) доли расходов на продукты питания в общих расходах домохозяйств по регионам за 2013-2021 гг. следующая: в СЗФО составляет 33,68% (высокое), в R1 — 34,93% (высокое), в R2 — 33,40% (высокое), в R3 — 32,93% (высокое), в R4 — 39,36% (высокое), в R5 — 39,93% (высокое), в R6 — 36,83% (высокое), в R7 — 28,61% (допустимое), в R8 — 35,49% (высокое), в R9 — 38,80% (высокое) и в R10 — 31,82% (высокое). Пояснение к структуре расходов на конечное потребление на питание: значения < 20% — оптимальное состояние; от 20 до 30% — допустимое; от 30 до 40% — высокое; > 40% — критическое. В результате сделан вывод, что в Мурманской области выявлено допустимое состояние, во всех других регионах и в среднем по СЗФО — высокое, что свидетельствует о высоком уровне расходов населения на питание.

**K4 — Коэффициент бедного населения.** Для определения экономического аспекта рассмотрен коэффициент бедного населения, то есть доля населения с денежными доходами ниже границы бедности, что прямо влияет на доступность продовольствия для домашних хозяйств. Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума определяется на основе данных о распределении населения по величине среднедушевых денежных доходов и является результатом их соизмерения с величиной прожиточного минимума (в соответствии с Методологическими положениями по расчету показателей денежных доходов и расходов населения). Расчет (усредненный  $\bar{x}$ ) доли населения с доходами ниже границы бедности по различным регионам за 2013-2021 гг. показал следующие результаты: в СЗФО доля составляет 12,94% (допустимое), в R1 — 15,32% (высокое), в R2 — 15,28% (высокое), в R3 — 14,20% (допустимое), в R4 — 13,49% (допустимое), в R5 — 13,40% (допустимое), в R6 — 9,28% (оптимальное), в R7 — 10,88% (допустимое), в R8 — 13,54% (допустимое), в R9 — 16,82% (высокое) и в R10 — 7,21% (оптимальное). Пояснение к доле населения с денежными доходами

ниже границы бедности: значения < 10% — оптимальное состояние; от 10 до 15% — допустимое; от 15 до 20% — высокое; > 20% — критическое. В результате сделан вывод, что высокий уровень бедности наблюдается в Республике Карелия, Республике Коми и Псковской области, что свидетельствует о возможности возникновения проблем у населения в обеспечении себя продовольствием.

**K5 — Коэффициент Джинни.** Экономическим аспектом также выступает распределение населения по величине среднедушевых денежных доходов и распределение общего объема денежных доходов населения. Коэффициент Джинни (индекс концентрации доходов) характеризует степень отклонения линии фактического распределения общего объема доходов от линии их равномерного распределения. Расчет (усредненный  $\bar{x}$ ) индекса концентрации доходов по различным регионам за 2013-2021 гг. показал следующие результаты: СЗФО имеет показатель 0,369 (высокое), R1 — 0,345 (допустимое), R2 — 0,388 (высокое), R3 — 0,373 (высокое), R4 — 0,359 (высокое), R5 — 0,364 (высокое), R6 — 0,370 (высокое), R7 — 0,360 (высокое), R8 — 0,362 (высокое), R9 — 0,353 (высокое) и R10 — 0,413 (высокое). Рассчитано с Методологическими положениями по расчету показателей денежных доходов и расходов населения. Полученные значения свидетельствуют о неравномерности распределения населения по уровню доходов. Пояснение к расчету коэффициента Джинни: значения < 0,2 — оптимальное состояние; значения от 0,2 до 0,35 — допустимое; значения от 0,35 до 0,5 — высокое; значения > 0,5 — критическое. В результате сделан вывод, что высокий уровень неравномерности распределения населения по уровню доходов наблюдается во всех регионах кроме Республики Карелия, в которой состояние неравномерности является допустимым.

**Интегральный показатель продовольственной безопасности.** После расчета всех коэффициентов необходимо провести расчет интегрального показателя продовольственной безопасности анализируемых территорий. Таким образом, появляется возможность определить балльный рейтинг, где: 0 баллов — отсутствие безопасности (практически недопустимо); 1 балл — критическое состояние; 2 балла — недопустимое/недостаточное состояние; 3 балла — допустимое/достаточное состояние; 4 балла — оптимальное состояние. Интегральный показатель рассчитывается по формуле (2). Далее проводится оценка относительного показателя продовольственной безопасности по формуле (3) (диапазон между 0 и 100%). В результате формируется матрица

оценки продовольственной безопасности, которая представлена в таблице 4.

$$\Sigma IPS = \Sigma (K1, K2, K3, K4, K5) \quad (2)$$

$$\%IPS = \Sigma IPS / 20 \quad (3)$$

Применение авторского методического инструментария позволило выявить дифференциацию по уровню продовольственной безопасности регионов СЗФО. Полученные оценки свидетельствуют о следующем: СЗФО способен обеспечить себя на 70%, что является приемлемым уровнем с учетом несовершенства природно-климатических условий; наивысший уровень продовольственной безопасности наблюдается в городе Санкт-Петербург (80%); наиболее низкие показатели наблюдаются в Республике Карелия (55%), Архангельской области (55%), Республике Коми (60%). На основе полученных данных имеется возможность выработать инструментарий для выявления проблем и разработки практических рекомендаций, направленных на недопущение снижения уровня продовольственной безопасности.

**Заключение.** Разработанный подход позволяет оценивать уровень продовольственной безопасности территорий, ранжировать территории и выявлять степень их дифференциации в области продовольствия. Полученный интегральный индекс позволил учесть множество параметров, влияющих на продовольственную безопасность, что предоставило возможность оценивать ее текущее состояние и анализировать тенденции и динамику изменений в регионах. В то же время модель имеет ряд ограничений, так как регионы характеризуются своими специфическими особенностями: климатическими условиями, социально-экономическими показателями и культурными особенностями, которые могут влиять на продовольственную безопасность [1, 10].

В условиях геополитической нестабильности и глобальных экономических вызовов возникает потребность в обеспечении продовольственной безопасности. Внешнеэкономические факторы приводят к изменению структуры импорта/экспорта продовольственных товаров, что сказывается на состоянии внутреннего рынка [15]. Также следует отметить, что продовольственная безопасность остается одним из ключевых вопросов, освещенных в стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Гарантированное обеспечение населения высококачественным продовольствием представляется значимой задачей социально-экономического развития и индикатором развития, в том числе и инновационного, что особенно актуально в процессе построения



передовой экономики и обеспечения интеллектуальной безопасности [16, 17].

В процессе анализа город Санкт-Петербург показал наивысшие показатели, однако данный регион является одним из крупнейших экономических центров страны, что благоприятно сказывается на его продовольственной безопасности. А это, в свою очередь, является фактором сохранения и развития регионального ресурсного потенциала. В то же время регионы с низкими показателями, такие как Республика Карелия и Архангельская область, сталкиваются с рядом проблем, которые требуют детального анализа и поиска специфических решений. Следовательно, в дальнейших исследованиях требуется не только учитывать количественные показатели продовольственной безопасности, но и анализировать глубинные причины возникающих проблем. Развитие таких подходов позволит формировать эффективные стратегии для поддержания и улучшения состояния продовольственной безопасности в регионах СЗФО.

В контексте глобальных трансформаций и экономических трудностей современности следует разрабатывать действенные стратегии в интересах национальной экономической безопасности. Особое внимание в настоящей статье уделяется продовольственной безопасности в регионах Северо-Западного федерального округа. Посредством комплексного анализа и применения интегрального индекса была проведена оценка состояния продовольственной безопасности в разных регионах СЗФО. Результаты апробации модели на данных 2013–2021 гг. выявили различную степень продовольственной безопасности в регионах, где город Санкт-Петербург демонстрирует лучшие результаты, в то время как Республика Карелия и Архангельская область сталкиваются с более сложной ситуацией, показывая низкие результаты. Выводы из исследования могут служить основой для разработки стратегий, направленных на улучшение продовольственной безопасности и сокращение рисков в этой области.

#### Список источников

1. Шагайда Н.И., Узун В.Я. Продовольственная безопасность в России: мониторинг, тенденции и угрозы. М.: Дело, 2015. 110 с.
2. Панкова С.В., Цыпин А.П., Попов В.В. Методология статистического исследования обеспечения продовольственной безопасности России. Оренбург: ОГУ, 2018. 149 с.
3. Дмитриев Н.Д., Ильченко С.В., Сорокожердьеv В.В. Применение рентных подходов к обеспечению устойчивого развития // Столыпинский вестник. 2022. № 6. С. 28.
4. Родионов Д.Г., Зайцев А.А., Дмитриев Н.Д. Стресс-тестирование в промышленном производстве: моделирование барьера устойчивости // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 11-1. С. 119-130.

#### Информация об авторах:

- Зайцев Андрей Александрович**, доктор экономических наук, профессор Высшей инженерно-экономической школы, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4372-4207>, andrey\_z7@mail.ru
- Дмитриев Николай Дмитриевич**, ассистент Высшей инженерно-экономической школы, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0282-1163>, Scopus ID: 57220424916, Researcher ID: AAB-3198-2019, dmitriev\_nd@spbstu.ru
- Родионов Дмитрий Григорьевич**, доктор экономических наук, профессор Высшей инженерно-экономической школы, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1254-0464>, rodion\_dm@mail.ru

#### Information about the authors:

- Andrey A. Zaytsev**, doctor of economic sciences, professor of the Graduate School of Industrial Economics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4372-4207>, andrey\_z7@mail.ru
- Nikolay D. Dmitriev**, assistant of the Graduate School of Industrial Economics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0282-1163>, Scopus ID: 57220424916, Researcher ID: AAB-3198-2019, dmitriev\_nd@spbstu.ru
- Dmitry G. Rodionov**, doctor of economic sciences professor of the Graduate School of Industrial Economics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1254-0464>, rodion\_dm@mail.ru

*akademii ekonomiki i prava* [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law], no. 11-1, pp. 119-130.

5. Попова Л.В., Шалдохина С.Ю., Немченко А.В. Анализ состояния оборотных средств в оценке экономической безопасности предприятий // Вестник аграрной науки. 2019. № 6. С. 124-129.

6. Кирица А.А. Роль АО «Росагролизинг» в поддержке и развитии российского АПК // Наука без границ. 2020. № 3. С. 82-91.

7. Кубарский А.В., Шаванов М.В., Ледовская К.А. Инновационное сельское хозяйство: возможности и преграды // Е-СЦИО. 2021. № 9. С. 350-361.

8. Воронина Н.П. Стратегическое планирование обеспечения продовольственной безопасности // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина (МГЮА). 2022. № 5. С. 59-70.

9. Zaytsev, A., Pak, Kh.S., Elkina, O., Tarasova, T., Dmitriev, N. (2021). Economic security and innovative component of a region: a comprehensive assessment. *Sustainable Development and Engineering Economics*, no. 2, pp. 58-78.

10. Шагайда Н., Узун В. Продовольственная безопасность: проблемы оценки // Вопросы экономики. 2015. № 5. С. 63-78.

11. Антамошкина Е.Н. Модель экономико-статистической оценки продовольственного обеспечения // Вестник НГИЭИ. 2019. № 8. С. 86-94.

12. Антамошкина Е.Н., Рогачев А.Ф. Экономико-математическое моделирование и эмпирическая верификация продовольственной безопасности // Теоретическая экономика. 2019. № 5. С. 50-57.

13. Антамошкина Е.Н. Экономико-математическое моделирование продовольственной безопасности регионов России // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. № 5. С. 209-217.

14. Capone, R., Bilali, H., Debs, Ph., Cardone, G. (2014). Food System Sustainability and Food Security: Connecting the Dots. *Journal of Food Security*, no. 1, pp. 13-22.

15. Трофимова Н.Н., Чиченков И.И., Домарацкая Е.А. Развитие сельского хозяйства в условиях экономической нестабильности // Modern Economy Success. 2020. № 6. С. 260-266.

16. Родионов Д.Г., Зайцев А.А., Дмитриев Н.Д. Интеллектуальный капитал в стратегии обеспечения экономической безопасности Российской Федерации // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 10-2. С. 156-166.

17. Родионов Д.Г. Информационное обеспечение управления экономической безопасностью региона // Мир экономики и права. 2011. № 5. С. 37-43.

#### References

1. Shagaida, N.I., Uzun, V.Ya. (2015). *Prodovol'stvennaya bezopasnost' v Rossii: monitoring, tendentsii i ugrozy* [Food security in Russia: monitoring, trends and threats]. Moscow, Delo Publ., 110 p.
2. Pankova, S.V., Tsylin, A.P., Popov, V.V. (2018). *Metodologiya statisticheskogo issledovaniya obespecheniya prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossii* [Methodology of statistical research on food security in Russia]. Orenburg, OSU, 149 p.
3. Dmitriev, N.D., Il'chenko, S.V., Sorokozherd'ev, V.V. (2022). *Primenenie rentnykh podkhodov k obespecheniyu ustoychivogo razvitiya* [Application of rent-based approaches to sustainable development]. *Stolypinskii vestnik* [Stolypinsky bulletin], no. 6, p. 28.
4. Rodionov, D.G., Zaitsev, A.A., Dmitriev, N.D. (2020). *Stress-testirovanie v promyshlennom proizvodstve: modelirovanie bar'era ustoychivosti* [Stress testing in industrial production: modeling of the stability barrier]. *Vestnik Altaiskoi*

5. Popova, L.V., Shaldokhina, S.Yu., Nemchenko, A.V. (2019). *Analiz sostoyaniya oborotnykh sredstv v otsenke ekonomicheskoi bezopasnosti predpriyatiy* [Analysis of the state of working capital in the assessment of economic security of enterprises]. *Vestnik agrarnoi nauki* [Bulletin of agrarian science], no. 6, pp. 124-129.

6. Kiritsa, A.A. (2020). *Rol' AO «Rosagrolizing» v podderzhke i razvitiy rossiiskogo APK* [The role of JSC "Rosagro-leasing" in the support and development of the Russian agro-industrial complex]. *Nauka bez granits* [Science without borders], no. 3, pp. 82-91.

7. Kubarskii, A.V., Shavanov, M.V., Ledovskaya, K.A. (2021). *Innovatsionnoe sel'skoe khozyaistvo: vozmozhnosti i pregrady* [Innovative agriculture: opportunities and obstacles]. *E-SCIO*, no. 9, pp. 350-361.

8. Voronina, N.P. (2022). *Strategicheskoe planirovanie obespecheniya prodovol'stvennoi bezopasnosti* [Strategic planning of food security]. *Vestnik Universiteta imeni O.E. Kutafina (MGYU)* [Courier of Kutafin Moscow State Law University (MSAL)], no. 5, pp. 59-70.

9. Zaytsev, A., Pak, Kh.S., Elkina, O., Tarasova, T., Dmitriev, N. (2021). *Economic security and innovative component of a region: a comprehensive assessment. Sustainable Development and Engineering Economics*, no. 2, pp. 58-78.

10. Shagaida, N., Uzun, V. (2015). *Prodovol'stvennaya bezopasnost': problemy otsenki* [Food security: problems of assessment]. *Voprosy ekonomiki* [Economic issues], no. 5, pp. 63-78.

11. Antamoshkina, E.N. (2019). *Model' ekonomiko-statisticheskoi otsenki prodovol'stvennogo obespecheniya* [Model of economic and statistical assessment of food security]. *Vestnik NGEI* [Bulletin NGEI], no. 8, pp. 86-94.

12. Antamoshkina, E.N., Rogachev, A.F. (2019). *Ehkonomiko-matematicheskoe modelirovanie i ehmpiricheskaya verifikatsiya prodovol'stvennoi bezopasnosti* [Economic and mathematical modeling and empirical verification of food security]. *Teoreticheskaya ekonomika* [Theoretical economics], no. 5, pp. 50-57.

13. Antamoshkina, E.N. (2019). *Ehkonomiko-matematicheskoe modelirovanie prodovol'stvennoi obespechenosti regionov Rossii* [Economic and mathematical modeling of food security in the regions of Russia]. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik SPbGPU. Ehkonomichekii nauki* [Scientific and technical bulletin of SPbPU. Economic sciences], no. 5, pp. 209-217.

14. Capone, R., Bilali, H., Debs, Ph., Cardone, G. (2014). *Food System Sustainability and Food Security: Connecting the Dots. Journal of Food Security*, no. 1, pp. 13-22.

15. Trofimova, N.N., Chichenkov, I.I., Domaratskaya, E.A. (2020). *Razvitie sel'skogo khozyaistva v usloviyakh ekonomicheskoi nestabil'nosti* [Development of agriculture in conditions of economic instability]. *Modern Economy Success*, no. 6, pp. 260-266.

16. Rodionov, D.G., Zaitsev, A.A., Dmitriev, N.D. (2020). *Intellektual'nyi kapital v strategii obespecheniya ekonomicheskoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii* [Intellectual capital in the strategy of ensuring economic security of the Russian Federation]. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava* [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law], no. 10-2, pp. 156-166.

17. Rodionov, D.G. (2011). *Informatsionnoe obespechenie upravleniya ekonomicheskoi bezopasnost'yu regiona* [Information support of the economic security management of the region]. *Mir ekonomiki i prava* [The world of economics and law], no. 5, pp. 37-43.



Научная статья  
УДК 336.71, 339.7, 330.1  
doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_149

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ «ЗЕЛЕННОГО» ФИНАНСИРОВАНИЯ / КОНТЕКСТ ПОВЫШЕНИЯ ОТРАСЛЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ПРИМЕРЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА/

С.С. Галазова<sup>1</sup>, М.Б. Медведева<sup>2</sup>, А.О. Солдатова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова, Владикавказ, Россия

<sup>2</sup>Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>3</sup>Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрены концептуальные и прикладные аспекты «зеленого» финансирования в Российской Федерации и мире. Определены особенности основных теоретических подходов к рассмотрению «зеленых» инструментов в рамках концепции «корпоративной социальной ответственности», «устойчивого развития», концепции «ESG-трансформации». Раскрываются «провалы» рынка «зеленого» финансирования, определены динамика и специфика регулирования «зеленых» облигаций в ведущих странах и предложены практические рекомендации для отечественного рынка «зеленого» финансирования. Рассмотрены международная практика и российский опыт выпусков «зеленых» облигаций сельскохозяйственными предприятиями, а также муниципалитетами и городами.

**Ключевые слова:** финансовый рынок, финансовые институты, «провалы» рынка «зеленого» финансирования, фондовая биржа, социально ориентированное инвестирование, мировая экономика, сельское хозяйство, «зеленые» облигации муниципалитетов и городов

Original article

## CONCEPTUAL AND APPLIED ASPECTS OF “GREEN” FINANCE / THE CONTEXT OF INCREASING INDUSTRY EFFICIENCY USING THE EXAMPLE OF AGRICULTURE/

S.S. Galazova<sup>1</sup>, M.B. Medvedeva<sup>2</sup>, A.O. Soldatova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, Vladikavkaz, Russia

<sup>2</sup>Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>3</sup>National Research University “Higher School of Economics”, Moscow, Russia

**Abstract.** The article discusses the conceptual and applied aspects of “green” finance in the Russian Federation and worldwide. The features of the main theoretical approaches to the consideration of the main “green” tools within the framework of the concept of “corporate social responsibility”, “sustainable development”, as well as the concept of “ESG transformation” are determined. The “failures” of the “green” finance market are revealed, the dynamics and specifics of regulation of “green” bonds in leading countries are determined, practical recommendations for the domestic green finance market are proposed. International practice and Russian experience in issuing “green” bonds by agricultural enterprises, as well as municipalities and cities are considered.

**Keywords:** financial market, financial institutions, “failures” of the “green” financing market, stock exchange, socially oriented investment, world economy, agriculture, “green” bonds of municipalities and cities

**Введение.** Изменение глобального климата и ухудшение окружающей среды вызывают долгосрочные сдвиги в функционировании природных экосистем, а также снижение биоразнообразия, что вносит серьезные изменения в социально-экономическую динамику стран, требуя разработки взвешенных решений инкорпорирования экологических рисков и развития «зеленых» финансовых инструментов, таких как: климатические финансы, «зеленые» облигации, социальные проекты и т.д. [1, с. 61].

С этих позиций необходимость развития «зеленых» финансовых инструментов нацелена на формирование устойчивых стратегий финансирования как на государственном, так и корпоративном уровне с целью снижения экологических рисков хозяйствующих субъектов и защиты окружающей среды, обеспечения общественного и физического благополучия будущих поколений [2, с. 1020].

**Цель исследования** — раскрыть реально работающие механизмы и «зеленые» финансовые инструменты в агросфере, от которой во многом зависит устойчивое развитие мировой и российской экономики.

**Предметом исследования** выступают теоретические и практические аспекты «зеленого» финансирования, его роль в повышении эффективности сельского хозяйства.

**Объект исследования** — «зеленые» облигации отраслевого назначения, в том числе для сельского хозяйства.

**Методологическую базу исследования** составляют методы статистического, сравнительного, логического анализа.

**Результаты исследования.** На Парижском саммите по формированию Нового климатического соглашения, подписанного 196 странами, отмечалось, что «зеленые» финансы в перспективе к 2030 году будут находиться на уровне 3-5% мирового ВВП, поскольку именно такой объем финансирования в размере не менее 103 трлн долл. ежегодно необходим для реализации новой климатической доктрины, разделившей экологичные и неэкологичные («коричневые») облигации [3].

Первыми эмитентами «зеленых» облигаций в 2007 г. стали глобальные финансовые институты, включая Всемирный банк, Европейский банк реконструкции и развития, Европейский инвестиционный банк и др., а в дальнейшем к «зеленому» финансированию подключились и национальные игроки на финансовых рынках.

«Зеленые» облигации как специфический вид долгового инструмента аккумулируют в себе средства заемщика исключительно для финансирования (или рефинансирования), частичного (или полного) финансирования новых

или существующих «зеленых» проектов и технологий, имеющих общественную значимость с целью улучшения окружающей среды и смягчения экологических рисков [4].

Другими словами, «зеленые» облигации могут выпускаться как корпоративными, так и некорпоративными эмитентами, такими как государство, муниципальные органы власти, корпорации, фонды, холдинги и т.д., что делает «зеленые» облигации привлекательными для будущих инвесторов, прежде всего, своей экологической направленностью как в развитых, так и развивающихся странах [5, с. 16460].

В ряде работ зарубежных исследователей отмечается, что большинство инвесторов (более 93%) заинтересованы в применении «зеленых» финансовых инструментов, что способствует притоку большого количества молодых инвесторов, поддерживающих тренд на экологичность финансовых инструментов.

Следует отметить, что теоретико-методологическая основа «зеленого» финансирования имеет терминологическую неоднородность своих характеристик и функциональных принципов реализации.

Так, в рамках концепции «корпоративной социальной ответственности» [6, с. 539] экологические аспекты функционирования компаний, опираясь на интегрированную и нефинансовую

отчетность, включающую в себя социальные и экономические компоненты, рассматриваются как составная часть корпоративного управления [7, с. 35]. Поэтому с позиции «корпоративной социальной ответственности» важна эффективность принятия экологически обоснованных решений в зависимости от структуры собственности и механизма управления компании [8, с. 237].

Концепция «устойчивого развития» базируется и развивается на принципах Глобального договора ООН, обозначившего цели устойчивого развития и важность формирования национальной и глобальной финансовой инфраструктуры для «зеленых» облигаций. Так, глобальная инициатива «Биржи за устойчивое развитие» объединяет более 85 бирж из разных стран мира, в том числе и Московскую биржу [Sustainable Stock Exchanges].

Концепция «ESG-трансформации» особенно плодотворна для активизации «зеленого» финансирования, поскольку объединяет как инвесторов, так и эмитентов, включая деятельность макрорегуляторов. Так, во многих странах приняты принципы ответственного финансирования, в том числе и в Российской Федерации (Principles for Responsible Investment) [9, с. 29; 10, с. 13], в рамках которых ведутся региональные и национальные ESG-рейтинги, как для отдельных компаний, так и для регионов, а регулятором верифицируются условия выпуска и обращения «зеленых» и социальных облигаций (рис. 1).

Таким образом, несмотря на общую экологическую направленность концептуальных основ исследования «зеленого» финансирования, имеются определенные сходства и методологические отличия по субъектному, объектному и инструментальному аспектам рассмотрения «зеленого» финансирования, исходя из концепции «корпоративной социальной ответственности», «устойчивого развития», а также концепции «ESG-трансформации».

Кроме того, пока еще малоисследованной остается проблематика «провалов» рынка «зеленого» финансирования. Так, имеет действие внешний эффект, называемый «зеленая промывка мозгов» (greenwashing) [11, с. 6], связанный с формированием у потребителя ложного впечатления об экологичности предлагаемого продукта и ложного экологического имиджа эмитента. Или внешний эффект «климатического парадокса», который возникает при переходе на «зеленое» финансирование, при этом масштабы не «зеленых» («коричневых») производств могут временно возрасти непропорционально приросту «зеленых» источников [12].

Тем не менее современный рынок «зеленого» финансирования охватывает более десятка различных финансовых инструментов и развивается во всех частях мира (рис. 2).

По сравнению с 2014 г. объемы «зеленого» финансирования до 2021 г. выросли в 12 раз, а доля развивающихся рынков увеличилась в 100 раз. Хотя доля «зеленого» финансирования в 2022 г. снизилась, но на развивающихся рынках практически осталась прежней.

В структуре российского рынка «зеленого» финансирования доминируют «зеленые» облигации — 79%, переходные облигации занимают — 1%, социальные — 20% (рис. 3).

Для российских инвесторов и эмитентов на рынке «зеленых» облигаций важным моментом является подтверждение «экологического» характера облигации. В других странах этой работой занимаются специальные организации, имеющие соответствующий опыт построения экологических рейтингов. В России экспертные



Источник: составлено авторами

Рисунок 1. Концептуальные аспекты «зеленого» финансирования  
Figure 1. Conceptual aspects of "green" finance

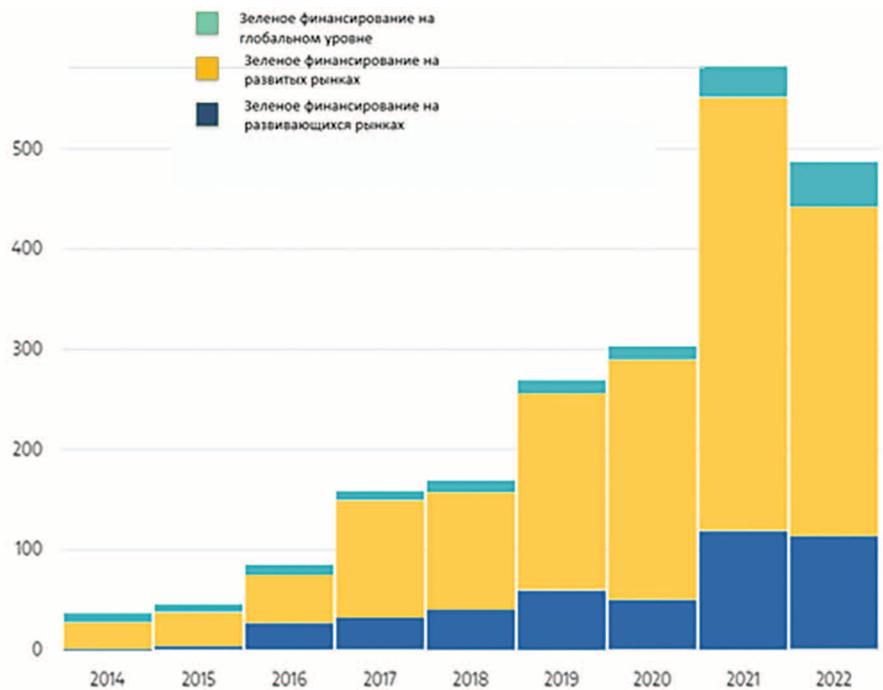


Рисунок 2. Динамика объема «зеленого» финансирования в мире (2014-2022 гг.), млрд долл. [34]  
Figure 2. Dynamics of the volume of "green" financing in the world (2014-2022), billion dollars [34]

организации могут разрабатывать собственные методы оценки (например, АКРА). Разработка национальной таксономии «зеленого» финансирования на основе принципов устойчивого развития возложена на госкорпорацию ВЭБ.РФ. Однако данная методическая работа еще не завершена и нуждается в дальнейшем формировании и развитии.

Как уже было отмечено выше, климатические изменения, происходящие на планете, способны нанести серьезный ущерб мировой экономике. По мнению международных экспертов, убытки, связанные с климатическими факторами, приводящими к катастрофическим последствиям, составляют 1,5% мирового ВВП. По оценкам Всемирного банка, без превентивного решения негативных климатических проблем к 2050 г. 143 млн человек могут быть вынуждены покинуть места своего постоянного проживания в регионах Латинской Америки (17 млн человек), Южной Азии (40 млн человек), Африки южнее Сахары (86 млн человек) [13, с. 6].

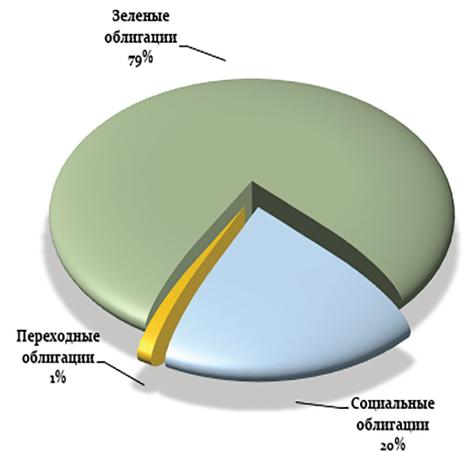


Рисунок 3. Структура «зеленого» финансирования в РФ (2018-2021), % [34]  
Figure 3. Structure of "green" financing in the Russian Federation (2018-2021), % [34]



Сельское хозяйство является отраслью, наиболее зависимой от изменений климата. Для предотвращения негативных последствий, а также для развития отрасли в неблагоприятных условиях, требуются значительные финансовые вложения. Привлечение финансовых ресурсов в отрасль для решения сложных задач, таких как создание ирригационной инфраструктуры для орошения сельскохозяйственных земель, инфраструктуры использования сточных вод для сельскохозяйственных целей, обеспечение условий земледелия на так называемых деградированных землях имеет важное значение для отрасли, производящей продукты питания для населения. Сельское хозяйство является еще и поставщиком сырья для целого ряда обрабатывающих отраслей промышленности, в том числе пищевой, обеспечивающей продовольственную безопасность национальных экономик. В целях повышения урожайности в сельскохозяйственном производстве необходимо обеспечить отрасль достаточным количеством минеральных удобрений, производство которых весьма энергозатратно. Кроме проблем собственно земледелия, скотоводства, растениеводства, сельскохозяйственный комплекс нуждается в инфраструктуре хранения и переработки продукции (элеваторы, сушилки, холодильные установки), а также в сооружении объектов складирования и длительного хранения кормов, навоза, который служит органическим удобрением. Для выращивания урожая сельхозпроизводители должны обладать соответствующей техникой в необходимом количестве единиц, а также в ее качественном техническом обслуживании. Серьезность проблемы, с которой сталкиваются страны, являющиеся крупнейшими производителями продовольствия, стала причиной объявления такой инициативы как «межправительственный диалог» стран-производителей и потребителей сырьевых товаров.

Источником покрытия затрат на эти цели могут послужить «зеленые» облигации, ставшие уже традиционным инструментом на мировом финансовом рынке. Более низкие ставки по ESG-облигациям дают возможность сельскохозяйственным предприятиям реализовывать экологические и социальные проекты с повышенной эффективностью, а регуляторам, при условии использования полученных компаниями результатов — разрабатывать адекватные меры по стимулированию агропромышленных ESG-облигаций [14]. Другими преимуществами «зеленых» облигаций являются гибкие графики выплаты купонов, возможность долгосрочного финансирования «зеленых» проектов и иные выгоды от снижения издержек по долговым ценным бумагам [13, с. 6].

Развитие сельского хозяйства, расширение площади пахотных земель часто приводит к таким негативным последствиям, как вырубка лесов. [13, с. 7]. В настоящее время на облигации в сегменте сельского хозяйства и лесопромышленной отрасли приходится всего около 1% от всех климатических облигаций в силу их высокой убыточности [16]. В большинстве случаев подобные ценные бумаги выпускаются крупными лесопромышленными комплексами, которые аккумулируют порядка 90% совокупного объема эмиссий. Как правило, это

бумажно-целлюлозные предприятия с международной сертификацией FSC<sup>1</sup>. В качестве примера можно привести компанию West Rock из США<sup>2</sup>, основанную в 2015 г., которая работает в области производства гофрированной упаковки (самый заметный эмитент в лесной отрасли) и шведскую государственную лесную компанию Sveaskog<sup>3</sup>, созданную в 1999 г.

В 2020 г. немецким банком по развитию сельского хозяйства Rentenbank со штаб-квартирой во Франкфурте-на-Майне был успешно размещен дебютный выпуск публичных «зеленых» облигаций на сумму 1,75 млрд евро сроком на 7 лет. Их структура отвечает принципам «зеленых» облигаций ICMA (Международной ассоциации рынков капитала [17]). Центр CICERO<sup>4</sup> присвоил системе «зеленых» облигаций Rentenbank наивысший рейтинг — «темно-зеленый». В рамках «зеленой» политики банка структурирован кредитный портфель, который насчитывает более 2000 проектов в области ветряных турбин и около 21500 инвестиционных проектов в области фотоэлектрических систем. Существенная часть этих инвестиций реализуется крестьянско-фермерскими хозяйствами. Немецкий банк развития сельского хозяйства и сельской местности предоставляет «зеленые» займы в рамках своей программы «Энергия земли». Размещенные бумаги вызвали большой интерес у инвесторов. Спрос на эмитированные «зеленые» бумаги оценивается в рекордные 4 млрд евро, что свидетельствует о том, что данный сегмент рынка имеет высокий потенциал развития [18, с. 35].

Применительно к российскому рынку первые «зеленые» облигации были эмитированы в 2019 г. банком «Центр-Инвест» на сумму 250 млн руб. После дебютного выпуска банком была организована в 2020 г. повторная эмиссия на сумму 300 млн руб. Выпуск «зеленых» облигаций позволил профинансировать 36 энергоэффективных проектов, 83% из которых относились к сфере сельского хозяйства, а 17% — к производству [19].

Ведомственный проект Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Стимулирование инвестиционной деятельности в агропромышленном комплексе» ставит целью создание условий для привлечения кредитных ресурсов в объеме не менее 3600 млрд руб. (не менее 400 млрд руб. ежегодно) за период 2018–2025 гг. [20]. Эмиссия корпоративных облигаций выступает альтернативой традиционному банковскому кредитованию.

В 2023 г. компании и банки разместили на внутреннем российском рынке долговые бумаги на рекордную за всю историю сумму — 5,2 трлн руб. В декабре объем размещений также достиг нового исторического максимума [21].

По данным «Цифра-брокер» в 2023 г. на российском рынке корпоративного долга обращались облигации 27 эмитентов агропромышленного комплекса (50 выпусков) на общую сумму более 80 млрд руб. Объем привлеченного заемного финансирования варьирует от 50 млн до 10 млрд руб., что означает доступность такого инструмента, как эмиссия облигаций для предприятия сельскохозяйственной отрасли независимо от его размера. Вместе с тем существует минимальный объем выпуска, ниже которого выпуск облигаций будет экономически

нецелесообразным. Для российского рынка он оценивается в 200 млн руб. [22].

Стоит отметить особый этап в истории российской финансовой системы, связанный с выпуском субфедеральных и муниципальных облигаций — долговых бумаг субъектов Российской Федерации и отдельных городов в целях финансирования дефицита бюджета и погашения существующих долговых обязательств. Выпуски этих ценных бумаг осуществлялись регионами еще в конце 1990-х годов для погашения задолженности перед Минфином России по товарным кредитам. Эмиссия облигаций носила добровольно-принудительный характер, была осуществлена в целях решения финансовых проблем регионов, имевших высокий уровень задолженности по кредитам, выданным федеральным бюджетом. Выпуск облигаций позволял регионам трансформировать долг субъектов Российской Федерации в обрачаемые на рынке ценные бумаги, снизив сумму задолженности [23]. Впоследствии подобные долговые бумаги получили название «агрооблигаций», или «сельских облигаций», или агробондов. Выборочные данные по сельскохозяйственным регионам в части условий эмиссии и обращения субфедеральных и муниципальных ценных бумаг представлены в таблице [24].

В большинстве случаев доход по бумаге включает фиксированный купонный доход, а также разницу между ценой реализации (погашения) и ценой покупки облигаций.

Другим финансовым инструментом, предоставляющим возможность регионам привлекать дополнительное финансирование под реализацию ESG-проектов, являются так называемые «народные» облигации. Первый опыт размещения таких облигаций был осуществлен на Московской бирже в 2021 г. [25]. Выпуск бумаг был инициирован Правительством Москвы для привлечения финансирования на реализацию экологического проекта по замене традиционного автобусного парка столицы на электробусы. Облигации выпущены объемом 2 млрд руб. сроком на 2 года по ставке 8,5% годовых с ежеквартальным графиком выплат. Минимальная сумма инвестирования — 1000 руб. «Народные» бумаги не торгуются на бирже и не подвержены рыночному риску, продаются через платформу «Финуслуги», напрямую без комиссии [26].

Еще один пример «народных» облигаций — облигации, эмитированные Минфином Калининградской области для решения экологических проблем региона [27]. Калининградская область относится к группе субъектов Российской Федерации с высоким уровнем долговой устойчивости, в связи с чем данный инструмент сбережений, доступный для российских граждан, вызывает интерес у инвесторов. Ставка доходности варьирует в диапазоне 11–13%, не зависит от количества купленных облигаций и растет согласно графику купонных выплат до даты погашения.

**Выводы.** Как показывает международная практика, развитие «зеленых» технологий, включая эмиссию «зеленых» облигаций, осуществляется в большинстве случаев по инициативе самих компаний и, как правило, без субсидирования производства и реализации экологически чистой продукции, а для отечественного

<sup>1</sup> FSC (Forest Stewardship Council) — Международный стандарт сертификации, используемый на предприятиях лесной и деревообрабатывающей промышленности. Создан с целью формирования единой международной системы, обеспечивающей ответственное и экологичное использование древесных ресурсов хозяйствующими субъектами.

<sup>2</sup> Компания West Rock. Официальный сайт: <http://www.westrock.com/>

<sup>3</sup> Шведская компания: [sveaskog.se](http://sveaskog.se)

<sup>4</sup> CICERO: Center for International Climate Research. Официальный сайт: <https://www.cicero.oslo.no/en>



Таблица. Данные по условиям эмиссии и обращения субфедеральных и муниципальных ценных бумаг сельскохозяйственными регионами России [24]  
Table. Data on the conditions of issue and circulation of sub-federal and municipal securities by agricultural regions of Russia [24]

Эмитент	Регистрационный номер и дата государственной регистрации Условий эмиссии	Нормативный правовой акт, которым утверждены Условия эмиссии	Форма облигаций	Номинал, руб.	Срок обращения	Ограничения на владельцев облигаций
Министерство финансов Республики Башкортостан	BAS-014/00885 от 22.02.2023	Приказ Министерства финансов Республики Башкортостан от 01.02.2023 № 23	документарные с обязательным централизованным хранением с фиксированным купонным доходом и амортизацией долга	1000	от 1 года до 10 лет	Условиями эмиссии не предусмотрены
Министерство финансов и бюджетной политики Белгородской области	BEL-024/00888 от 21.03.2023	Приказ Министерства финансов и бюджетной политики Белгородской области от 21.02.2023 № 36	документарные с обязательным централизованным хранением с фиксированным купонным доходом	1000	от 1 года до 30 лет	Условиями эмиссии не предусмотрены
Министерство экономики и финансов Московской области	MOO-014/00890 от 29.03.2023	Распоряжение Министерства экономики и финансов Московской области от 10.02.2023 № 24РВ-5 (с изменениями от 23.03.2023 № 24РВ-13)	документарные с обязательным централизованным хранением с фиксированным купонным доходом и амортизацией долга	1000	от 1 года до 10 лет	Условиями эмиссии не предусмотрены
Правительство Москвы	MOS-046/00896 от 26.04.2023	Постановление Правительства Москвы от 18.04.2023 № 684-ПП	документарные с обязательным централизованным хранением с фиксированным купонным доходом	1000	от 1 года до 30 лет	Физические лица
Министерство финансов Краснодарского края	KND-009/00906 от 12.07.2023	Приказ Министерства финансов Краснодарского края от 26.05.2023 № 173	документарные с обязательным централизованным хранением с фиксированным купонным доходом и амортизацией долга	1000	от 1 года до 10 лет	Условиями эмиссии не предусмотрены

рынка, который еще только формируется, такая помощь выступает мотивационным стимулом развития «зеленого» заимствования. При этом для развития рынка «зеленого» финансирования необходима серьезная государственная и институциональная поддержка [28, с. 24]. Представляется, что стимулирующие меры, предпринимаемые Банком России, деятельность рейтинговых агентств и Московской биржи, а также других участников «зеленой» экономики послужат позитивным фактором развития рынка «зеленых» облигаций и других форм финансирования ESG-повестки не только крупных отечественных промышленных и сельскохозяйственных компаний, но и хозяйствующих субъектов регионального уровня, что положительно скажется на темпах экономического роста российской экономики.

#### Список источников

- Безсмертная Е.Р. Выпуск «зеленых» облигаций как элемент системы защиты окружающей среды // Экономика. Налоги. Право. 2019. № 12 (5). С. 61-69. doi: 10.26794/1999-849X-2019-12-5-61-69
- Лещенко Ю.Г., Медведева М.Б., Лев М.Ю. Управление финансовыми рисками в процессе изменения климата в контексте экономической безопасности // Экономическая безопасность. 2023. Т. 6. № 3. С. 1013-1040. doi: 10.18334/ecsec.6.3.118578
- Пеникас Г.И. Связь кредитных и климатических рисков. Серия докладов об экономических исследованиях. Банк России, департамент исследований и прогнозирования, 2022. № 100. 35 с. URL: [https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/140290/wp\\_100.pdf](https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/140290/wp_100.pdf) (дата обращения: 27.12.2023).
- Sreelakshmi, P., Greeshma, R.J. (2023). Green Bonds: A Propitious Financial Instrument of Climate Finance. Vision. doi: 10.1177/09722629221138679. Sage Journal. Available at: <https://journals.sagepub.com> (accessed: 20.12.2023).
- Aggarwal, S., Gupta, S., Pathak, S. (2020). Green Bonds — An Instrument for Financing a Sustainable Future // Test Engineering and Management, no. 83, pp. 16459-16470.
- Stellner, Ch., Klein, Ch., Zwergel, B. (2018). Corporate social responsibility and Eurozone corporate bonds: The moderating role of country sustainability. *Journal of Banking and Finance*, vol. 59, pp. 538-549.
- Faggioni, F., Sestino, A., Rossi, M. (2023). Redefining Green Bonds Management through the Use of Blockchain Technologies: Effects on Investors' Behaviour. *Economics Management and Financial Markets*, no. 18, pp. 30-53. doi: 10.22381/emfm18220232
- Bellavite, P., Camacci, R., Pellegrini, L., Roncella, A. (2023). Interaction between ownership structure and systemic risk in the European financial sector. // *Corporate Ownership & Control*, no. 3, pp. 232-244.
- Овечкин Д.В. Ответственное инвестирование как экономический институт // Вестник НГУЭУ. 2022. № 3. С. 26-36. doi: 10.34020/2073-6495-2022-3-026-036
- Володина В.Н. Социальные облигации и «зеленые» токены: фокус на частные инвестиции // Сберегательное дело за рубежом. 2021. № 2. С. 11-16. doi: 10.36992/75692\_2021\_2\_11
- Freitas, N., S.V., Sobral, M.F.F., Ribeiro, A.R.B. et al. (2020). Concepts and forms of greenwashing: a systematic review // *Environmental sciences Europe*, no. 32 (19), pp. 2-12. doi: 10.1186/s12302-020-0300-3
- Kollenbach, G., Schopf M. (2022). Unilaterally optimal climate policy and the green paradox // *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 113, p. 102649. doi: 10.1016/j.jeeem
- Аналитический доклад «О международном опыте разработки и внедрения принципов, мер и механизмов «зеленой» экономики». URL: <https://eesc.eaunion.org/upload/medialibrary/b34/Doklad-zelenaya-ekonomika-06.2022.pdf> c.6 (дата обращения: 12.12.2023).
- Agriculture Criteria. Climate Bonds Initiative. Available at: <https://www.climatebonds.net/standard/agriculture> (accessed: 02.01.2024).
- Экспертный совет по рынку долгосрочных инвестиций при Банке России. Концепция организации в России методологической системы по развитию зеленых финансовых инструментов и проектов ответственного инвестирования. URL: [https://cbr.ru/Content/Document/File/84163/press\\_04102019.pdf](https://cbr.ru/Content/Document/File/84163/press_04102019.pdf) (дата обращения: 19.01.2024).
- Авраменко А.А., Ворфоломеев А.А. Климатические облигации: секторальный и региональный анализ // Интернет-журнал «Науковедение». 2017. Т. 9. № 3. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/119EVEN317.pdf> (дата обращения: 04.01.2024).
- Закреплен рекордный спрос на зеленые облигации немецкого банка по развитию сельского хозяйства // Экспертно-аналитическая платформа «Инфраструктура и финансы устойчивого развития». URL: <https://infragreen.ru/news/134681> (дата обращения: 16.12.2023).
- Медведева М.Б. Мировые тренды рынка «зеленого» финансирования и тенденции его развития в современных геополитических условиях // Банковские услуги. 2023. № 11. С. 34-39. doi: 10.36992/2075-1915\_2023\_11\_34
- Банк «Центр-инвест» выпускает первые биржевые зеленые облигации в России. URL: <https://www.centrinvest.ru/about/press-releases/33462> (дата обращения: 23.12.2023).
- Ведомственный проект Министерства сельского хозяйства РФ «Стимулирование инвестиционной деятельности в агропромышленном комплексе». URL: <https://mcs.gov.ru/upload/iblock/953/953ee7405fb0ebba38a6031a13ec0021.pdf> (дата обращения: 17.01.2024).
- Корпоративные заемщики привлекли на рынок России рекордный объем средств. URL: <https://quote.rbc.ru/news/article/65ad5f829a7947ce25d88312?from=copy> (дата обращения: 22.01.2024).
- Аналитика от «Цифра брокер». URL: <https://cifrabroker.ru/analytics/> (дата обращения: 15.01.2024).
- Солдатова А.О. ESG секьюритизация на примере сценарного выпуска CDS // Финансы, деньги, инвестиции. 2022. № 4. С. 15-21. doi: 10.36992/2222-0917\_2022\_4\_15
- Данные о зарегистрированных Условиях эмиссии и обращения ценных бумаг в 2023 году. URL: [https://minfin.gov.ru/ru/performance/public\\_debt/subj/region/register?id\\_65=301504-dannye\\_o\\_zaregistrirovannykh\\_usloviyakh\\_emissii\\_i\\_obrashcheniya\\_tsennykh\\_bumag\\_v\\_2023\\_godu](https://minfin.gov.ru/ru/performance/public_debt/subj/region/register?id_65=301504-dannye_o_zaregistrirovannykh_usloviyakh_emissii_i_obrashcheniya_tsennykh_bumag_v_2023_godu) (дата обращения: 09.01.2024).
- Открытый бюджет Московской области. ГИС «Региональный электронный бюджет Московской области». URL: [https://budget.mosreg.ru/reports/\(X\(1\)S\(01\)z5r45ehaj4qbyzvqk4t45\)/reports/MFRF\\_0003\\_0003\\_MosReg/Default.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1](https://budget.mosreg.ru/reports/(X(1)S(01)z5r45ehaj4qbyzvqk4t45)/reports/MFRF_0003_0003_MosReg/Default.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1) (дата обращения: 19.01.2024).
- Зеленые облигации Москвы для населения можно купить на Финуслугах. URL: <https://www.moex.com/p56396> (дата обращения: 15.01.2024).
- Народные облигации на «Финуслугах». URL: <https://finuslugi.ru/invest/bonds?from=moexmenu&name=moexbonds> (дата обращения: 15.01.2024).
- Семенкова Е.В., Колосов С.И. Актуальные риски финансирования экопроектов (на примере энергетических проектов) // Финансы, деньги, инвестиции. 2021. № 4. С. 22-26. doi: 10.36992/2222-0917\_2021\_4\_22
- Доклад ESG и зеленые финансы России 2018-2022 // Экспертно-аналитическая платформа «Инфраструктура и финансы устойчивого развития». URL: [https://infragreen.ru/frontend/images/PDF/INFRAGREEN\\_Green\\_finance\\_ESG\\_in\\_Russia\\_2018-2022-cut.pdf](https://infragreen.ru/frontend/images/PDF/INFRAGREEN_Green_finance_ESG_in_Russia_2018-2022-cut.pdf) (дата обращения: 10.12.2023).
- Fatica, S., Panzica, R. (2021). Green bonds as a tool against climate change? // *Business Strategy and the Environment*, no. 30 (5). Available at: <https://doi.org/10.1002/bse.2771> (accessed: 27.12.2023).
- Krueger, P., Sautner, Z., Starks, L. (2019). The Importance of Climate Risks for Institutional Investors. *European corporate government institute. ECGI Working paper series Finance. Sif Research*, no. 18-58. Available at: <https://deliverypdf.ssrn.com/delivery.php> (accessed: 10.01.2024).



32. Sustainable Stock Exchanges. Available at: <https://www.unpri.org/the-sustainable-stock-exchanges-sse-initiative/637.article> (accessed: 24.12.2023).

33. Zerbib, OI. (2018). The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence from green bonds. *Journal of Banking & Finance*. Available at: <https://www.econbiz.de/Record/the-effect-of-pro-environmental-preferences-on-bond-prices-evidence-from-green-bonds-zerbib-olivier-david/1001216224098>. doi: 10.1016/j.jbankfin.2018.10.012 (accessed: 28.12.2023).

34. Climate Bond Initiative. Available at: <https://www.climatebonds.net/market/data/> (accessed: 27.12.2023).

## References

1. Bezsmertnaya, E.R. (2019). Vypusk «zelenykh» obligatsii kak element sistemy zashchity okruzhayushchei sredy [Issuing green bonds as an element of the environmental protection system]. *Ekonomika. Nalogi. Pravo* [Economy. Taxes. Right], no. 12 (5), pp. 61-69. doi: 10.26794/1999-849X-2019-12-5-61-69

2. Leshchenko, Yu.G., Medvedeva, M.B., Lev, M.Yu. (2023). Upravlenie finansovymi riskami v protsesse izmeneniya klimata v kontekste ekonomicheskoi bezopasnosti [Managing financial risks in climate change process in the context of economic safety]. *Ekonomicheskaya bezopasnost* [Economic security], vol. 6, no. 3, pp. 1013-1040. doi: 10.18334/ecsec.6.3.118578

3. Penikas, G.I. (2022). Svyaz kreditnykh i klimaticheskikh riskov. Seriya dokladov ob ekonomicheskikh issledovaniyakh. Bank Rossii, departament issledovaniy i prognozirovaniya [Connection of credit and climate risks. Bank of Russia], no. 100, 35 p. Available at: [https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/140290/wp\\_100.pdf](https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/140290/wp_100.pdf) (accessed: 27.12.2023).

4. Sreelakshmi, P., Greeshma, R.J. (2023). Green Bonds: A Propitious Financial Instrument of Climate Finance. *Vision*. doi: 10.1177/09722629221138679. *Sage Journal*. Available at: <https://journals.sagepub.com> (accessed: 20.12.2023).

5. Aggarwal, S., Gupta, S., Pathak, S. (2020). Green Bonds — An Instrument for Financing a Sustainable Future. *Test Engineering and Management*, no. 83, pp. 16459-16470.

6. Stellner, Ch., Klein, Ch., Zwergel, B. (2018). Corporate social responsibility and Eurozone corporate bonds: The moderating role of country sustainability. *Journal of Banking and Finance*, vol. 59, pp. 538-549.

7. Faggioni, F., Sestino, A., Rossi, M. (2023). Redefining Green Bonds Management through the Use of Blockchain Technologies: Effects on Investors' Behaviour. *Economics Management and Financial Markets*, no. 18, pp. 30-53. doi: 10.22381/emfm18220232

8. Bellavite, P., Camacci, R., Pellegrini, L., Roncella, A. (2023). Interaction between ownership structure and systemic risk in the European financial sector. *Corporate Ownership & Control*, no. 3, pp. 232-244.

9. Ovechkin, D.V. (2022). Otvetstvennoe investirovanie kak ekonomicheskii institut [Responsible investment as an economic institution]. *Vestnik NGUEU* [Vestnik NGUEM], no. 3, pp. 26-36. doi: 10.34020/2073-6495-2022-3-026-036

10. Volodina, V.N. (2021). Sotsialnye obligatsii i «zelenye» tokeny: fokus na chastnye investitsii [Social bonds and «green» tokens: focus on private investment]. *Sberregatelnoe delo za rubezhom* [Savings business abroad], no. 2, pp. 11-16. doi: 10.36992/75692\_2021\_2\_11

11. Freitas, N., S.V., Sobral, M.F.F., Ribeiro, A.R.B. et al. (2020). Concepts and forms of greenwashing: a systematic

review. *Environmental sciences Europe*, no. 32 (19), pp. 2-12. doi: 10.1186/s12302-020-0300-3

12. Kollenbach, G., Schopf M. (2022). Unilaterally optimal climate policy and the green paradox. *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 113, p. 102649. doi: 10.1016/j.jeem

13. Analiticheskii doklad «O mezhdunarodnom opyte razrabotki i vnedreniya printsipov, mer i mekhanizmov «zelenoi» ekonomiki» [Analytical report «On international practice of development and implementation principles, measures and mechanisms of «green» economy»]. Available at: <https://eec.eaenion.org/upload/medialibrary/b34/Doklad-zelenaya-ekonomika-06.2022.pdf> c.6 (accessed: 12.12.2023).

14. Agriculture Criteria. *Climate Bonds Initiative*. Available at: <https://www.climatebonds.net/standard/agriculture> (accessed: 02.01.2024).

15. Ekspertnyi soviet po rynku dolgosrochnykh investitsii pri Banke Rossii. Kontseptsiya organizatsii v Rossii metodologicheskoi sistemy po razvitiyu zelenykh finansovykh instrumentov i proektov otvetstvennogo investirovaniya [Expert council for long-term investments under Bank of Russia. Concept of formation in Russia a methodologic base for development of green financial instruments and responsible investment]. Available at: [https://cbr.ru/Content/Document/File/84163/press\\_04102019.pdf](https://cbr.ru/Content/Document/File/84163/press_04102019.pdf) (accessed: 19.01.2024).

16. Avramenko, A.A., Vorfolomeev, A.A. (2017). Klimaticheskii obligatsii: sektoralnyi i regionalnyi analiz [Climate bonds: sectorial and regional analysis]. *Internet-magazine «Naukovedenie»*, vol. 9, no. 3. Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/119EVN317.pdf> (accessed: 04.01.2024).

17. Zafiksirovan rekordnyi spros na zelenye obligatsii nemetskogo banka po razvitiyu selskogo khozyaistva [Indicated a record demand on green bonds of German Bank for agriculture development]. *Ekspertno-analiticheskaya platforma «Infrastruktura i finansy ustoychivogo razvitiya»* [Expert-analytical platform «Infrastructure and finance of sustainable development»]. Available at: <https://infragreen.ru/news/134681> (accessed: 16.09.2020).

18. Medvedeva, M.B. (2023). Mirovye trendy rynka «zelenogo» finansirovaniya i tendentsii ego razvitiya v sovremennykh geopoliticheskikh usloviyakh [World tendencies of «green» finance market and trends for its development in modern geopolitical conditions]. *Bankovskie uslugi* [Banking services], no. 11, pp. 34-39. doi: 10.36992/2075-1915\_2023\_11\_34

19. Bank «Sentr-invest» vypuskaet pervye birzhevye zelenye obligatsii v Rossii [«Center-invest» bank issues first exchange green bonds in Russia]. Available at: <https://www.centrinvest.ru/about/press-releases/33462> (accessed: 23.12.2023).

20. Vedomstvennyi proekt Ministerstva selskogo khozyaistva RF «Stimulirovanie investitsionnoi deyatel'nosti v agropromyshlennom komplekse» [Departmental project of Ministry of agriculture of the Russian Federation «Stimulating investment activity in agro-industrial complex»]. Available at: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/953/953ee7405fb0ebba38a6031a13ec0021.pdf> (accessed: 17.01.2024).

21. Korporativnye zaemshchiki privlekli na rynke Rossii rekordnyi ob'em sredstv [Corporate borrowers attracted a record volume of money resources in the Russian market]. Available at: <https://quote.rbc.ru/news/article/65adf5829a7947ce25d88312?from=copy> (accessed: 22.01.2024).

22. Analitika ot «Tsifra broker» [Analytics from «Cifra broker»]. Available at: <https://cifra-broker.ru/analytics/> (accessed: 15.01.2024).

23. Soldatova, A.O. (2022). ESG sekuritizatsiya na primere stsennarnogo vypuska CDS [ESG securitization: scenario CDS emission]. *Finansy, dengi, investitsii* [Finances, money, investments], no. 4, pp. 15-21. doi: 10.36992/2222-0917\_2022\_4\_15

24. Dannye o zaregistriruyemykh usloviyakh emissii i obrashcheniy tsennykh bumag v 2023 godu [Data on registered terms of emission and circulation of securities in 2023]. Available at: [https://minfin.gov.ru/ru/performance/public\\_debt/subj/region/register?id\\_65=301504-dannye\\_o\\_zaregistriruyemykh\\_usloviyakh\\_emissii\\_i\\_obrashcheniya\\_tsennykh\\_bumag\\_v\\_2023\\_godu](https://minfin.gov.ru/ru/performance/public_debt/subj/region/register?id_65=301504-dannye_o_zaregistriruyemykh_usloviyakh_emissii_i_obrashcheniya_tsennykh_bumag_v_2023_godu) (accessed: 09.01.2024).

25. Otkrytyi byudzhnet Moskovskoi oblasti. GIS «Regionalnyi ehlektronnyi byudzhnet Moskovskoi oblasti» [Open budget of the Moscow region. State informational system «Regional electronic budget of the Moscow region»]. Available at: [https://budget.mosreg.ru/reports/\(X\(1\)S\(01\)z5r45ehaj4qbyzvqk4t45\)/reports/MFRF\\_0003\\_0003\\_MosReg/Default.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1](https://budget.mosreg.ru/reports/(X(1)S(01)z5r45ehaj4qbyzvqk4t45)/reports/MFRF_0003_0003_MosReg/Default.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1) (accessed: 19.01.2024).

26. Zelenye obligatsii Moskvy dlya naseleniya možno kupit na Finuslugakh [Green bonds of Moscow for citizens can be purchased on FinUslugi]. Available at: <https://www.moex.com/n56396> (accessed: 15.01.2024).

27. Narodnye obligatsii na «Finuslugakh» [People's bonds on «FinUslugi»]. Available at: <https://finuslugi.ru/invest/bonds?from=moexmenu&name=moexbonds> (accessed: 15.01.2024).

28. Semenova, E.V., Kolosov, S.I. (2021). Aktual'nye riski finansirovaniya ekoproektov (na primere energeticheskikh proektov) [Actual risks in financing the eco-projects (on the example of energetic projects)]. *Finansy, dengi, investitsii* [Finances, money, investments], no. 4, pp. 22-26. doi: 10.36992/2222-0917\_2021\_4\_22

29. Doklad ESG i zelenye finansy Rossii 2018-2022 [ESG report and green finance in Russia 2018-2022]. *Ekspertno-analiticheskaya platforma «Infrastruktura i finansy ustoychivogo razvitiya»* [Expert-analytical platform «Infrastructure and finance of sustainable development»]. Available at: [https://infragreen.ru/frontend/images/PDF/INFRAGREEN\\_Green\\_finance\\_ESG\\_in\\_Russia\\_2018-2022-cut.pdf](https://infragreen.ru/frontend/images/PDF/INFRAGREEN_Green_finance_ESG_in_Russia_2018-2022-cut.pdf) (accessed: 10.12.2023).

30. Fatica, S., Panzica, R. (2021). Green bonds as a tool against climate change? *Business Strategy and the Environment*, no. 30 (5). Available at: <https://doi.org/10.1002/bse.2771> (accessed: 27.12.2023).

31. Krueger, P., Sautner, Z., Starks, L. (2019). The Importance of Climate Risks for Institutional Investors. *European corporate government institute. ECGI Working paper series Finance. Sift Research*, no. 18-58. Available at: <https://delivery.pdf.ssrn.com/delivery.php> (accessed: 10.01.2024).

32. Sustainable Stock Exchanges. Available at: <https://www.unpri.org/the-sustainable-stock-exchanges-sse-initiative/637.article> (accessed: 24.12.2023).

33. Zerbib, OI. (2018). The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence from green bonds. *Journal of Banking & Finance*. Available at: <https://www.econbiz.de/Record/the-effect-of-pro-environmental-preferences-on-bond-prices-evidence-from-green-bonds-zerbib-olivier-david/1001216224098>. doi: 10.1016/j.jbankfin.2018.10.012 (accessed: 28.12.2023).

34. Climate Bond Initiative. Available at: <https://www.climatebonds.net/market/data/> (accessed: 27.12.2023).

## Информация об авторах:

**Галазова Светлана Сергеевна**, доктор экономических наук, профессор, Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8905-0386>, [bubu1999@mail.ru](mailto:bubu1999@mail.ru)

**Медведева Марина Борисовна**, кандидат экономических наук, профессор кафедры мировой экономики и мировых финансов, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, ORCID: <http://orcid.org/0000-001-7028-9602>, [mbmedvedeva@fa.ru](mailto:mbmedvedeva@fa.ru)

**Солдатова Анна Олимпиевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры инфраструктуры финансовых рынков, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6194-5858>, [aosoldatova@hse.ru](mailto:aosoldatova@hse.ru)

## Information about the authors:

**Svetlana S. Galazova**, doctor of economic sciences, professor, North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8905-0386>, [bubu1999@mail.ru](mailto:bubu1999@mail.ru)

**Marina B. Medvedeva**, candidate of economic sciences, professor of the department of world economy and world finance, Financial University under the Government of the Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-001-7028-9602>, [mbmedvedeva@fa.ru](mailto:mbmedvedeva@fa.ru)

**Anna O. Soldatova**, candidate of economic sciences, associate professor of the department of financial market infrastructure, National Research University «Higher School of Economics», ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6194-5858>, [aosoldatova@hse.ru](mailto:aosoldatova@hse.ru)

✉ [aosoldatova@hse.ru](mailto:aosoldatova@hse.ru)



## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Р.В. Жданова, А.А. Рассказова, Н.В. Хватыш, Т.А. Соколова, А.О. Хуторова

Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

**Аннотация.** В статье авторы рассмотрели роль особо охраняемых природных территорий в системе природопользования. Обобщили отечественный и зарубежный опыт можно дать комплексную характеристику особо охраняемых природных территорий, в таблице. Уточнили теоретические и методологические основы управления особо охраняемыми природными территориями, которые включают в себя эколого-экономическую сущность особо охраняемых природных территорий. Особое внимание авторы в своем исследовании уделили экологической оценке особо охраняемых природных территорий на основе данных мониторинга окружающей среды. Выявлена информационная роль мониторинга окружающей среды для управления особо охраняемыми природными территориями. Для выбора наиболее рациональной стратегии управления эколого-ориентированным развитием особо охраняемых природных территорий был применен SWOT — анализ, позволяющий выявить слабые и сильные стороны. Были сделаны выводы об использовании экологической оценки для разработки стратегии эколого-ориентированного развития особо охраняемых природных территорий.

**Ключевые слова:** особо охраняемые природные территории, экологическая оценка, управление, инновационное развитие, устойчивость экосистем, негативное воздействие, стратегия управления

Original article

## ECOLOGICAL ASSESSMENT OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS BASED ON ENVIRONMENTAL MONITORING

R.V. Zdanova, A.A. Rassazova, N.V. Khvatysh, T.A. Soklova, A.O. Khutorova

State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

**Abstract.** In the article, the authors examined the role of specially protected natural territories in the system of nature management. Summarizing domestic and foreign experience, it is possible to give a comprehensive description of specially protected natural areas, in the table. They clarified the theoretical and methodological foundations of the management of specially protected natural territories, which include the ecological and economic essence of specially protected natural territories. In their study, the authors paid special attention to the environmental assessment of specially protected natural areas based on environmental monitoring data. The informational role of environmental monitoring for the management of specially protected natural territories is revealed. To select the most rational management strategy for the eco-oriented development of specially protected natural areas, a SWOT analysis was used to identify weaknesses and strengths. Conclusions were drawn about the use of environmental assessment for the development of an environmental reference strategy.

**Keywords:** specially protected natural areas, environmental assessment, management, innovative development, ecosystem sustainability, negative impact, management strategy

Для формирования эколого-ориентированного инновационного развития особо охраняемых природных территорий конечно же, необходим правовой документ. Таким документом является Конституция Российской Федерации. Она защищает права человека, в том числе право человека на благоприятную окружающую среду. Конституция устанавливает и правила для получения компенсации за ущерб нанесенный среде обитания, в случае причинения ему вреда.

В список документов, которые отражают отношения в части охраны окружающей среды, входят федеральные законы «Об охране окружающей среды» и «О животном мире», кроме того «Земельный кодекс».

В законе «Об особо охраняемых природных территориях» от 14 марта 1995 г выделены категории и виды особо охраняемых природных территорий. К наиболее распространенным относятся: государственные природные заповедники, национальные парки, заказники, памятники природы.

К концу 1998 г. в эту систему входило 34 национальных парка, около 1600 государственных заказников и более 8000 памятников природы.

Основная задача особо охраняемых природных территорий — охрана природного,

в частности биологического разнообразия, позволяющего сохранить на определенном уровне устойчивость экосистем, природный энергетический баланс, не допускающий губительной деградации среды обитания живых существ, сбор информации о состоянии биогеоценозов и своевременной сигнализации о неблагоприятных процессах, влекущих за собой деградацию их компонентов, экологическое воспитание населения [3].

Особо охраняемые природные территории являются также важнейшим субъектом природно-эколого-экономических отношений и регулируются государственными органами управления в целях сохранения экологического каркаса территорий и функциональности экосистем. ООПТ, являясь, по сути способом реализации экологической политики государства, характеризуют деятельность государственных органов, отражают социальные, экономические и экологические явления и процессы, а также находятся в известном отношении и связи со всеми остальными системами и явлениями [2.4].

На состояние особо охраняемых природных территорий всегда оказывается негативное воздействие, которое так же затрудняет возможность сохранения природного комплекса

в естественном состоянии и результативного достижения целей управления. Эти факторы наносят несоизмеримый ущерб целостности особо охраняемых природных территорий, а также понижают уровень биологического разнообразия, истрачивают природные ресурсы. В связи с негативным антропогенным воздействием на различные природные системы резко ухудшилось экологическое состояние многих особо охраняемых природных территорий.

Обобщив отечественный и зарубежный опыт можно дать комплексную характеристику особо охраняемых природных территорий (табл.1).

Во многих зарубежных странах мира данные территории являются самокупаемыми субъектами экономических отношений. Кроме того, они обеспечивают доходную часть бюджетов за счет развития туристической, научной, образовательной деятельности, а также местных ремесел и промыслов с помощью экономических методов. К их числу следует отнести: платное посещение территорий ООПТ, налоговые льготы, инвестиционная деятельность и др. [5.6].

Территории с особым статусом охраны природы вступают не только хозяйствующим субъектом и элементом механизма хозяйствования, но и являются объектом управления.



Таблица 1. Основные характеристики особо охраняемых природных территорий  
Table 1. Main characteristics of specially protected natural areas

Характеристика ООПТ как системы	Характеристика ООПТ как
сложное, многофакторное, динамично развивающееся явление, отражающее совокупность элементов социально-эколого-экономического, природно и природно-антропогенного характера	элемент механизма хозяйствования
многоуровневая, предельно сложная не унифицированная сеть природных и природно-антропогенных объектов и комплексов	экологический донор по сохранению природного капитала
ядро природно-экологического каркаса	эколого-ориентированный субъект экономического развития
функционально организованная система и стратегический ресурс развития территории	целостная природоохранная единица
Ресурсосберегающая система, регулируемая государственными органами управления	участник социально-экономического развития региона
особо управляемая территория, хозяйствующий субъект и активный субъект социального и экономического развития	механизм хозяйствования, имеющий научное, оздоровительное и рекреационное значение
Особая социально — экономическая категория, включенная в общественный воспроизводственный процесс как системообразующее основание	эффективное средство ограничения экспансии человека на природу и сохранения биосферы
регуляторная, стабилизирующая система в общей ткани эко-, агро- и урбосистем	комплекс действий, ориентированный на сохранение экологического равновесия и нормирование природопользования в условиях экономического роста территории
особая отрасль хозяйства, его равноправный сектор, оказывающий положительное влияние на развитие всех видов хозяйственной деятельности региона, а также отдельная отрасль научных знаний и объект эколого — экономических исследований	Поставщик различных ресурсов, необходимых для обеспечения жизнедеятельности местного населения
система экологически взаимосвязанных природных комплексов и объектов, распределенных по всей территории мегаполиса для поддержания экологического баланса, биологического разнообразия на все территории крупного города	комплекс действий, направленных на сохранение экологического равновесия и нормирование природопользования в условиях экономического роста, трансформируясь в экологический каркас территории и определяя направления экологизации экономики способом создания ООПТ
целостная природоохранная единица	перспектива территориальной охраны биологических ресурсов дикой природы и обеспечение сохранения биоразнообразия

Особо охраняемые природные территории характеризуются не только системностью, но и обладают комплексностью, поэтому рассмотрение особо их с позиций не только системного, но и комплексного подхода предполагает новое видение их как объекта эколого-ориентированного инновационного развития. По своей сути ООПТ являются не только особо охраняемыми, но и особо управляемыми территориями. Это обусловлено тем, что на территории ООПТ сосредоточены природные и природно-антропогенные объекты, инфраструктура, которые не могут функционировать только в условиях физического ограничения, составляющего понятие охраны. Следует учитывать то обстоятельство, что ООПТ независимо от правового статуса, являются объектами управления, особенно регионального, так как осуществляют свою деятельность в регионах. В связи с этим целесообразно выделить двух типов особо управляемых территорий: особо управляемые природные (природно-антропогенные) объекты (памятники природы, дендропарки и др.) и особо управляемые природные (природно-антропогенные) комплексы (природные заказники, национальные и природные парки и др.).

Стратегия управления эколого-ориентированным развитием особо охраняемых природных территорий позволяет внести существенный вклад в социально-экономическое развитие и экологическое благоустройство территории того или иного региона и выступает в качестве экспериментальной модели разработки его устойчивого развития.

В таблице представлен SWOT — анализ особо охраняемых природных территорий, характеризующий возможности и сильные стороны (табл. 2).

Также следует определить возможности и угрозы, исходящие из внешнего окружения (табл. 3).

Чтобы выработать нужную стратегию, необходимо уделить внимание сильным и слабым сторонам. Ведь, если не знать обеих сторон и не изучать внешние возможности, то стратегию для сохранения и управления особо охраняемыми природными территориями разработать невозможно.

Экологическая оценка особо охраняемых природных территорий должна в первую очередь базироваться на определении содержания загрязняющих веществ в почвах, растениях и водах. Такую информацию может предоставить государственный мониторинг окружающей среды.

Наиболее важные задачи мониторинга окружающей среды для целей управления особо охраняемыми природными территориями отражены на рисунке 1.

Надо отметить важность контроля за состоянием почвенного покрова обусловлена важной ролью почв в сохранении и стабилизации состава и структуры биосферы, т.к. они не только геохимически аккумулируют компоненты загрязнения, но и контролируют перенос их в другие среды. Накопление в почвах загрязняющих веществ ведет к изменению их химического состава, физических, биологических

и микробиологических свойств. Эти изменения могут быть мало заметными, но я постоянно протекающими, способными вызвать серьезные последствия — утрату почвенного плодородия.

Исследования почв на особо охраняемых природных территориях включают следующие этапы:

- заложение профилей, охватывающих типичные элементы рельефа в пределах рассматриваемого сопряжения;
- выбор ключевых участков в контурах элементарных ландшафтов;
- литохимическое опробование почв;
- макро- и микрокомпонентный анализ образцов почв;
- сравнение полученных данных с фоновыми геохимическими характеристиками выделенных ландшафтов.

Одним из важных показателей химического загрязнения почв является содержание в них тяжелых металлов (Cu, Pb, Cd, Hg, Mo, Ni, Be и другие). В профиле почв тяжелые металлы распределяются по-разному, но наибольшее их количество чаще всего характерно для верхних гумусовых горизонтов, особенно в загрязненных почвах. Это определяется двумя процессами: поступлением из атмосферы и прочным связыванием гумусовыми веществами. В отличие от атмосферного воздуха и природных вод последствия загрязнения почв существенно зависят от их физико-химических свойств. Поэтому для экологической оценки почв очень важны данные об их гранулометрическом и минералогическом составе, содержании гумуса, реакции среды, емкости поглощения.

Сведений только об общем содержании тяжелых металлов в почвах для экологической оценки антропогенного загрязнения почв недостаточно. Необходимым и обязательным показателем загрязнения почв является наличие данных о воднорастворимых и обменных формах тяжелых металлов для определения способности загрязняющих веществ переходить в соприкасаемые среды, прежде всего в растения, почвенные и грунтовые воды.

Почвы не только поглощают и накапливают загрязняющие вещества, но и теряют их. Поэтому, чтобы выяснить особенности распределения элементов и обнаружить места их возможной вторичной аккумуляции, ландшафтно — геохимические профили на ООПТ закладываются от вершины холмов к местным депрессиям, т.е. охватывают все элементарные ландшафты: элювиальные, транзитные и супераккумулятивные.

Для определения особенностей миграции химических элементов в почвах элементарных ландшафтов рассчитывается коэффициент относительного накопления, представляющий собой отношение средних содержаний элементов в транзитных и супераккумулятивных ландшафтах к средним содержаниям в элювиальном (K1 и K2). По значению этих коэффициентов строятся диаграммы, по которым можно проследить относительное накопление элементов в том или ином элементарном ландшафте.

Для наглядного представления о перераспределении элементов по профилю почв рассчитывается элювиально-аккумулятивные коэффициенты (Кэа), представляющие собой отношение содержания элемента в данном генетическом горизонте к его содержанию в почвообразующей породе. Величина  $K_{эа} < 1$  указывает на вынос металла, а  $K_{эа} > 1$  — на аккумуляцию.



К основным геохимическим критериям оценки уровня загрязнения почв относится коэффициент концентрации (Кс), и суммарный показатель загрязнения (Zс).

Коэффициент концентрации (Кс) дает возможность проследить изменение концентрации элементов для всех точек изучаемых ландшафтно-геохимических профилей и выявить какой из определяемых элементов в почвах накапливается в большей степени.

Поскольку антропогенное загрязнение обычно осуществляется не одним, а несколькими металлами, то многими исследованиями рассчитывается суммарный показатель загрязнения.

По мнению авторов, оценку опасности загрязнения почв тяжелыми металлами следует проводить по количеству основных из них. В шкале оценки содержания тяжелых металлов важно установить их содержание по следующей градации: нормальное, допустимое, умеренно-опасное, опасное или сублетальное от низкого до высокого уровня, критическое, чрезвычайно опасное или губительное.

Таблица 2. Возможности и сильные стороны по SWOT –анализу по особо охраняемым природным территориям  
Table 2. Opportunities and strengths of SWOT analysis for specially protected natural areas

Возможности	Сильные стороны
сдерживание экспансии экономического освоения территорий	высокий уровень биоразнообразия
важнейший хозяйственный инструмент, играющий ключевую роль для благосостояния людей, живущих в пределах этих участков или поблизости от них	большое число эндемичных видов
поддержание экологического равновесия	жизненно важная функция для ключевых видов
ядро природно-экологического каркаса и субъект экономической деятельности	поддержание минимальных жизнеспособных популяций крупных хищных или травоядных млекопитающих
благоприятная экологическая обстановка	типичные естественные экосистемы
средообразующие, оздоровительные, регулирующие функции по поддержанию благоприятных условий проживания жителей города	вклад в общую репрезентативность системы ООПТ
функциональная целостность природных экосистем	местообитание, достаточное для существования популяций ключевых видов
природный эталон и источник сохранения генофонда и биоразнообразия	удовлетворение экономических потребностей местного населения
основа сохранения природно-ресурсного потенциала, культурного наследия и средство поддержания биологического равновесия	возможности и преимущества устойчивого развития на местном и региональном уровнях
устойчивое функционирование естественных экономических систем	традиционные формы природопользования местного населения
Условия для нормальной жизнедеятельности человека комфортная среда обитания и отдых в природном окружении	высокая духовная значимость и уникальные черты эстетической ценности
снижение негативного воздействия на окружающую природную и социо-культурную среду	виды животных и растений высокой социально-экономической значимости
важнейшее условие поддержания экологического равновесия	Образование и научные исследования
Уникальные объекты природы и функции естественного резервата для пополнения экологического равновесия на территории ООПТ	рекреационное значение
улучшение инвестиционного климата, привлечение дополнительных инвестиций из других регионов и зарубежных источников	высокая ценность непрямого использования, обусловленная ее экологическими функциями
улучшение инвестиционного климата, привлечение дополнительных инвестиций из других регионов и зарубежных источников	долговременная защита ООПТ и необходимая правовая основа
использование международных механизмов обеспечения сохранения биоразнообразия и устойчивости развития	охранный режим и соблюдение требований природоохранного законодательства
Воспитание населения и повышение общего культурного уровня	местное население поддерживает общие цели ООПТ
сохранение традиционного природопользования, образа жизни, культуры и духовных ценностей	оформление и обозначение границ ООПТ соответствует целям и условиям управления

Таблица 3. Угрозы и слабые стороны по SWOT –анализу по особо охраняемым природным территориям

Table 3. Threats and weaknesses of SWOT analysis on specially protected natural areas

Угрозы	Слабые стороны
потеря уникальных природных объектов и комплексов	Снижение эффективности выполнения средообразующих функций существующих природных сообществ в результате возрастающего негативного воздействия со стороны города
Характер границ несоответствует целям и задачам ООПТ	Ограниченность территории и высокая экологическая нагрузка
трансграничное взаимодействие с окружающей городской средой	Отсутствие комплексного мониторинга охраняемых территорий и оценки состояния объектов растительного и животного мира, структурной и функциональной целостности сообществ
активизация экзогенных процессов в результате техногенной нагрузки на ландшафты	Недостаточность площади охраняемых территорий для создания целостного каркаса ООПТ
не регулируемые рекреационные потоки и рекреационная нагрузка	отсутствие единой стратегии управления и развития и индивидуальных планов развития отдельных территорий
Глобально значимая угрожаемая экосистема	Отсутствие механизмов привлечения дополнительных источников финансирования для поддержки и развития ООПТ
подверженность влиянию негативных факторов и снижение устойчивости экосистем	отсутствие спектра программ экологического просвещения, экологического туризма и экскурсионной деятельности
подверженность атмосферным загрязнениям и особенно чувствительность к ним	отсутствие реальной информированности населения города о роли и значении ООПТ
раздробленность ООПТ антропогенными формами их локальное негативное воздействие	условия прилегающей территории осложняют контроль и управление
утрата территориальной связи городских ООПТ с городскими природными ландшафтами	не достаточное использование международного опыта в управлении ООПТ и отсутствие практики обмена опытом управления ООПТ на различных уровнях
не контролируемая доступность посетителей для посещения территории	нерегулированность вопросов, связанных с функционированием объектов культурного наследия в границах ООПТ
обеднение биологического разнообразия из-за уплотнения городской застройки	недостаточный уровень квалификации работников ООПТ, нехватка специалистов, способных решать природоохранные задачи
нарушение режима ООПТ, замусоривание участков ООПТ посетителями	отсутствие рациональной стратегии управления системой ООПТ
нарушение природных процессов саморегуляции в природных сообществах на ООПТ	отсутствие комплексного подхода и единой базы по исследованию природных объектов
угроза исчезновения редких видов животных и растений регионального значения	нерегулированность вопросов, связанных с функционированием объектов культурного наследия в границах ООПТ
	отсутствие законодательно закрепленных методов комплексной оценки состояния и эффективности управления ООПТ



Рисунок 1. Задачи мониторинга земель особо охраняемых природных территорий  
Figure 1. Tasks of monitoring the lands of specially protected natural territories



При экологической оценке почв особо охраняемых природных территорий необходимо составление карты, которая отображает загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами. При химическом анализе воды определяется реакция среды (рН), окисляемость, количество плотного остатка, жесткость, концентрации в ней азотосодержащих веществ, растворенных газов, щелочных и щелочно-земельных металлов, гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов, сульфидов, кремниевых кислот, тяжелых металлов, радиоактивных веществ.

Для компактной записи результатов анализа используется формула Курлова, представляющая собой псевдодробь, в числителе которой даются в порядке убывания проценты количества вещества эквивалентов анионов, а в знаменателе катионов. Полученные результаты химического анализа воды сравниваются с фоновым содержанием элементов в водах региона, где расположена ООПТ и с предельно допустимыми концентрациями.

Растения первыми принимают токсические вещества из почв и воздушной среды. Загрязнение растений через корни более опасно, чем через атмосферу. Токсическое действие избытка тяжелых металлов связано со следующими главными процессами: изменением проницаемости клеточных мембран (кадмий, ртуть, медь, свинец), реакцией тиольных групп с катионами (ртуть, свинец), большим сродством всех тяжелых металлов к фосфатным группам и активным центрам в АТФ и АДФ [7].

Прямое влияние избытка металлов сопровождается его косвенным воздействием — переводом питательных веществ в недоступное для растений состояние, нарушением поступления и распределения других химических элементов.

Наиболее токсичными для растений особо охраняемых природных территорий установлены ртуть, медь, никель, свинец, кобальт и кадмий. При совместном присутствии тяжелых металлов в почвах поступление их в растения усиливается [7].

Экологическая оценка растительного покрова включает анализ общего состояния растений (наличие сухих веток, трещин на деревьях, пожелтение листьев и хвои и др.), анализ видового состава растительных сообществ и содержание в растениях токсических веществ. В растительных сообществах необходим контроль за

состоянием и изменением их продуктивности с целью выработки рекомендаций по снижению отрицательных воздействий тяжелых металлов на них.

Важный компонент лесного биогеоценоза — подстилка. Ее исследованию придается большое значение, т.к. именно она принимает основные нагрузки атмосферных выпадений. В ней наблюдается наибольшее накопление загрязняющих веществ.

Экологическую оценку особо охраняемых природных территорий следует проводить систематически для контроля и выявления тенденций изменения содержания загрязняющих веществ в почвах, поверхностных водах и растениях.

При проведении экологической оценки следует также учитывать «экологический ущерб». Он указывает на экологические, фактические, экономические или социальные потери, которые появляются из-за нарушения природного законодательства, антропогенной деятельности, стихийных бедствий и катастроф.

Экологическая оценка особо охраняемых природных территорий должна проводиться с целью:

- сохранения и усовершенствования экологического положения особо охраняемой природной территории;
- улучшения состояния окружающей среды;
- улучшения экологической составляющей особо охраняемой природной территории;
- роста стабильности региональной системы.

Экологическая оценка особо охраняемых природных территорий на основе данных мониторинга окружающей среды должна лежать в основе стратегии эколого-ориентированного развития таких территорий, направленной на получение экологического, экономического и социального эффекта.

#### Список источников

1. Papaskiri T.V., Kasyanov A.E., Alekseenko N.N., Semochkin V.N., Ananicheva E.P., Shevchuk A.A. Digital land management (IOP conference series: earth and environmental science the proceedings 2019th International Symposium on Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects. 2019. С. 012065)
2. Varlamov A.A., Zhdanova R.V., Rasskazova A.A., Borodina O.B., Galchenko S.A. Assessment of the resource potential of agricultural land use for land management purposes. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. С. 012143

3. Рассказова А.А., Жданова Р.В. Методика кадастровых работ при демаркации государственной границы // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 3. С. 10-12

4. Варламов А.А. и др. Роль информационного обеспечения при определении эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения. В сборнике: Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. с. Соленое Займище, 2020. С. 611-616

5. Rasskazova A.A., Zhdanova R.V. Information support of the agricultural land use management system based on cadastral data // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 2. С. 20.

6. Rasskazova A.A., Zhdanova R.V., Khokhlova A.O. Methodology for determining the economic efficiency of sustainable land use management (based on the example of agricultural land use) // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 1. С. 3

#### References

1. Papaskiri T.V., Kasyanov A.E., Alekseenko N.N., Semochkin V.N., Ananicheva E.P., Shevchuk A.A. (2019). Digital land management (IOP conference series: earth and environmental science the proceedings 2019th International Symposium on Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects. 2019. С. 012065)
2. Varlamov A.A., Zhdanova R.V., Rasskazova A.A., Borodina O.B., Galchenko S.A. (2020). Assessment of the resource potential of agricultural land use for land management purposes. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, pp. 012143
3. Rasskazova A.A., Zhdanova R.V. (2017). Methods of cadastral works at the demarcation of the state border. International Agricultural Journal, no. 3, pp. 10-12
4. Varlamov A.A. (2020). The role of information support in determining the efficiency of agricultural land use. In the collection: Results and prospects of development of the agro-industrial complex. Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference. S. Salty Zaymishche, pp. 611-616
5. Rasskazova A.A., Zhdanova R.V. (2020). Information support of the agricultural land use management system based on cadastral data. International Agricultural Journal, vol. 63, no. 2, pp. 20.
6. Rasskazova A.A., Zhdanova R.V., Khokhlova A.O. (2020). Methodology for determining the economic efficiency of sustainable land use management (based on the example of agricultural land use). International Agricultural Journal, vol. 63, no. 1, pp. 3

#### Информация об авторах:

**Жданова Руслана Владимировна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры кадастра недвижимости и землепользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9069-1559>, [zhdanova1604@yandex.ru](mailto:zhdanova1604@yandex.ru)

**Рассказова Анна Александровна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры кадастра недвижимости и землепользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5127-0946>, [annar78@mail.ru](mailto:annar78@mail.ru)

**Хватыш Наталья Вячеславовна**, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры землепользования и кадастров, [khvatishnv@guz.ru](mailto:khvatishnv@guz.ru)

**Соклова Татьяна Альбиновна**, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры землепользования и кадастров, [tasokolova@inbox.ru](mailto:tasokolova@inbox.ru)

**Хуторова Алла Олеговна**, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры землепользования и кадастров, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2123-4573>, [hutorovaa@guz.ru](mailto:hutorovaa@guz.ru)

#### Information about the authors:

**Ruslana V. Zdanova**, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of land use and cadastres, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9069-1559>, [zhdanova1604@yandex.ru](mailto:zhdanova1604@yandex.ru)

**Anna A. Rasskazova**, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of land use and cadastres, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5127-0946>, [annar78@mail.ru](mailto:annar78@mail.ru)

**Natalia V. Khvatysh**, candidate of biological sciences, associate professor, associate professor of the department of land use and cadastre, [khvatishnv@guz.ru](mailto:khvatishnv@guz.ru)

**Tatiana A. Soklova**, candidate of geographical sciences, associate professor, associate professor of the department of land use and cadastre, [tasokolova@inbox.ru](mailto:tasokolova@inbox.ru)

**Alla O. Khutorova**, candidate of geographical sciences, associate professor, associate professor of the department of land use and cadastre, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2123-4573>, [hutorovaa@guz.ru](mailto:hutorovaa@guz.ru)





# АГРАРНАЯ РЕФОРМА И ФОРМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Научная статья

УДК 322.1

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_158

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВНЫЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АГРАРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

**Н.В. Жахов, Е.А. Бессонова, М.А. Ронжина, В.В. Алексеева**

Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия

**Аннотация.** Исследование основывается на анализе данных использования, инноваций и технологий, социально-экономических показателей в аграрных регионах России. В результате проведенного исследования рассматриваются факторы, способствующие эффективному использованию инноваций в аграрном секторе, а также оценивается их роль на основные социально-экономические показатели развития аграрных регионов. Выполнен корреляционный анализ основных показателей социально-экономического развития с показателями науки, инноваций и технологий в аграрные регионы РФ. Произведенная типология регионов в зависимости от удельного веса сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства в отраслевой структуре валовой добавленной стоимости, позволившая выделить интервальные границы распределения аграрных регионов (три группы) по показателю количества организаций, выполняющих НИР в процентах к ВРП. В ходе исследования авторы делают вывод о существенной диспропорции в инновационном развитии аграрных субъектов РФ. С увеличением показателя количества организаций, выполняющих НИР, в аграрном регионе в процентах к ВРП, средние показатели социально-экономического развития данных регионов значительно увеличиваются. Данный вывод подтверждает связь между инновационным развитием и социально-экономическим развитием аграрных регионов, предопределяет что инновационная деятельность играет важную роль в развитии аграрных регионов России, улучшая их социально-экономические показатели. На основе проведенного исследования было выявлено, что более инновационно развитые аграрные регионы имеют более высокие показатели социально-экономического развития. В дальнейшем детализация факторов, содействующих эффективному использованию инноваций, способна помочь аграрным регионам разрабатывать меры, направленные на стимулирование инновационной деятельности и достижение лучших социально-экономических результатов.

**Ключевые слова:** аграрный регион, инновационная деятельность, моделирование, социально-экономическое развитие, распределение регионов

**Благодарности:** Работа выполнена в рамках реализации программы развития ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» проекта «Приоритет-2030».

Original article

## IMPACT OF INNOVATION ACTIVITY ON THE MAIN SOCIO-ECONOMIC INDICATORS OF AGRICULTURAL REGIONS OF RUSSIA

**N.V. Zhakhov, E.A. Bessonova, M.A. Ronzhina, V.V. Alekseeva**

Southwestern State University, Kursk, Russia

**Abstract.** The study is based on an analysis of data on the development of innovation activity, socio-economic indicators in the agricultural regions of Russia. As a result of the study, factors contributing to the effective use of innovations in the agricultural sector are examined, and the impact of innovation activity on the main socio-economic indicators of the regions is assessed. A correlation analysis of socio-economic indicators with indicators of innovation activity in the agricultural regions of the Russian Federation was carried out. The produced typology of regions, depending on the dominant share of agriculture, forestry, hunting, and fishing in the sectoral structure of gross value added, made it possible to determine the boundaries of the range of intervals for the distribution of regions in terms of the number of organizations performing research work as a percentage of the gross regional product. Agrarian regions are ranked into three groups, based on the number of organizations performing research as a percentage of the gross regional product. In the course of the study, the authors conclude that there is a significant imbalance in the innovative development of agricultural subjects of the Russian Federation. With an increase in the number of organizations performing research in an agricultural region as a percentage of the gross regional product, the average indicators of socio-economic development of these regions increase significantly. This conclusion confirms the connection between innovative development and socio-economic development of agricultural regions predetermines that innovative activity plays an important role in the development of agricultural regions of Russia, improving their socio-economic indicators. Based on the study, it was revealed that more innovatively developed agricultural regions have higher indicators of socio-economic development. In the future, detailing the factors that contribute to the effective use of innovation can help agricultural regions develop measures aimed at stimulating innovation activity and achieving better socio-economic results.

**Keywords:** agricultural region, innovation activity, modeling, socio-economic development, distribution of regions

**Acknowledgments:** The work was carried out within the framework of the development program of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Southwestern State University» of the project «Priority-2030».

**Введение.** В современном мире процессы глобализации и международной конкуренции постоянно усиливаются, многие страны достигли высокого уровня развития благодаря опережающему росту научных и инновационных достижений. Имея существенный потенциал развития инновационной деятельности

доставшейся Российской Федерации от СССР, где внутренние расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы составляли около 5% от ВВП, за последнее время происходило его существенное снижение [1].

Странами, которые обладают высоким уровнем развития производства и делают упор на

инновации, вкладывают средства в инфраструктуру и поддержку инновационного бизнеса, являются: Соединенные Штаты Америки, Швейцария, Швеция, Соединенное Королевство, Нидерланды, Республика Корея и другие.

По последним данным Глобального инновационного индекса за 2022 год, Швейцария



занимает первое место в рейтинге уже двенадцатый раз подряд. Затем идут Соединенные Штаты Америки, Швеция, Соединенное Королевство, Нидерланды и Республика Корея. Китай также показал значительный прогресс и занял 11-е место, обойдя Францию. Важно отметить, что Китай является единственной страной со средним уровнем дохода, входящей в топ-30 стран-лидеров по инновациям. Однако, Российская Федерация занимает лишь 47-е место в данном рейтинге за 2022 год. Столь низкое место объясняется особенностями национальной системы, отсутствием эффективных механизмов стимулирования инновационной активности в предпринимательском секторе, что создаёт дополнительные трудности в формировании инновационной экономики и привлечении инвестиций в инновации [2].

Имея федеративное устройство, можно предположить, что инновационная деятельность в каждом конкретном субъекте Российской Федерации, оказывает влияние на их основные социально-экономические показатели, в том числе и в аграрных регионах России. Крупнейшие аграрные регионы России включают Краснодарский край, Ростовскую область, Ставропольский край, Белгородскую область, Курскую область и другие. Они специализируются на производстве зерновых культур, мяса, молока, овощей и других сельскохозяйственных продуктов. В сельскохозяйственном секторе России занято более 9 млн человек, что составляет около 10% от общего числа занятых в экономике страны. Аграрные регионы России являются важными поставщиками сельскохозяйственной продукции для внутреннего рынка и экспорта. Их социально-экономическое развитие имеет важность и значимость для целей развития России как национальной и мировой экономики.

Аграрные регионы России сталкиваются с рядом вызовов, таких как изменение климата, устойчивые кризисы на мировых рынках, увеличение конкуренции, геополитическая нестабильность, санкционное влияние недружественных стран [3]. Для эффективного развития аграрного сектора и повышения его конкурентоспособности необходимо качественное применение и использование инноваций.

**Цель исследования** заключается в выявлении, оценке связи между показателями внедрения науки, инноваций и технологий с ключевыми показателями социально-экономического развития аграрных регионов России.

**Методология.** Для проведения исследования была использована комбинация количественных и качественных методов анализа данных. Проанализированы статистические данные о развитии инноваций и социально-экономических показателей аграрных регионов России. Для выявления влияния инноваций на основные социально-экономические показатели использовалась множественная регрессионная модель, которая может быть так же полезна в последующих научных исследованиях в целях определения целесообразности внедрения передовых достижений науки, инноваций и технологий на региональном уровне.

Математическое моделирование и системный подход в анализе инновационной активности и ее влияния на социально-экономическое развитие регионов применялись в научных работах многих авторов, в том числе В.М. Со-

лошенко, В.И. Векленко [4], Р.М. Рабаданова, Э.Ш. Омарова [5], Дорофеев А.Ф. [6], Генералов И.Г. [7] среди которых широкое распространение получили эконометрические модели, которые представлены в работах К.Р. Адамдзиев, А.С. Ахмедов [8], С.Н. Косникова, Д.Н. Новикова, Д.Д. Сухиненко [9], И.Р. Кормановская, Л.И. Бернасовская [10].

При построении классической эконометрической модели, в первую очередь важно качественно подойти к анализу и выбору показателя для включения в модель.

Для статистической базы исследования выбран ежегодно издаваемый сборник «Регионы России. Социально-экономические показатели» [11], который содержит статистические данные в разрезе субъектов Российской Федерации по 22 группам показателей, а также официальные статистические данные раздела «Наука, инновации и технологии» который содержит 4 группы показателей [12].

В рамках классической эконометрической модели применим корреляционный анализ способный выявить взаимосвязь между основными социально-экономическими показателями и показателями инновационной деятельности регионов РФ [13,14,15].

Специализация регионов по определённому признаку предполагает выявление доминирующего фактора или факторов, которые будут положены основу данной группировки [16]. Рассмотрим выделение групп регионов в зависимости от доминирующей доли сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства в отраслевой структуре валовой добавленной стоимости (рис. 1).

На территории Российской Федерации исторически сформировались аграрные регионы. Выделим три группы в зависимости размера доли сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства в отраслевой структуре валовой добавленной стоимости того или иного региона. Данный фактор рассматриваем как результирующий, отметим, что существуют территории,

природно-климатические особенности которых определяют узкую производственную специализацию регионов (моносырьевые регионы) [17,18,19].

В первой группе регионов доля сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства в отраслевой структуре валовой добавленной стоимости более 13%, данные регионы целесообразно отнести к аграрным.

Во второй и третьей группе регионов доля сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства в отраслевой структуре валовой добавленной стоимости менее 12%.

Представленный анализ корреляционной связи между показателями наука, инновации и технологии и ключевыми социально-экономическими показателями аграрных регионов РФ свидетельствует о тесной, существенной связи между количеством организацией, выполняющих НИР и валовым региональным продуктом.

Отметим, в целом выявленную тесную статистическую связь показателей инновационной деятельности и валовым региональным продуктом, которая находится в интервале между 0,72 до 0,92.

Наименьшая теснота связи отмечается между показателями инновационной деятельности и инвестициями в основной капитал, от 0,66 до 0,82.

Интерес вызывает выявленная высокая связь между показателями инновационной деятельности, из которых особо стоит отметить показатель количества организаций, выполняющие НИР, и среднедушевые денежные доходы.

В результате расчётов выявлены высокие коэффициенты корреляции между показателями наука, инновации и технологии и ключевыми социально-экономическими показателями аграрных регионов РФ, даже при имеющихся место неоднородными условиями их социально-экономического развития.

При отборе субъектов РФ вошедших в статистическую выборку были удалены имеющие атипичные значения и в которых не представлены

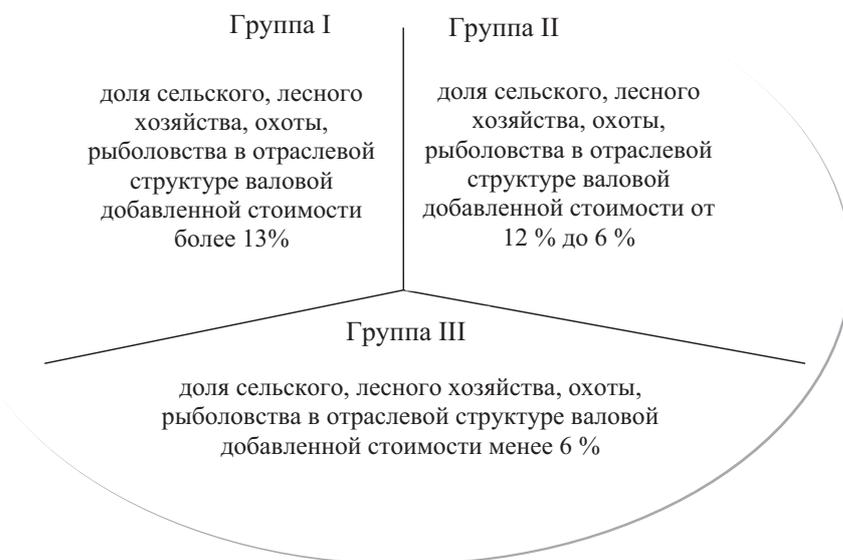


Рисунок 1. Типология регионов в зависимости от доминирующей доли сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства в отраслевой структуре валовой добавленной стоимости  
Figure 1. Typology of regions depending on the topography of the share of agriculture, forestry, hunting, fishing in the sectoral structure of gross value added





соизмеримые показатели внедрения науки, инноваций и технологий в данной группе.

Осуществлена группировка регионов, из выделенных ранее субъектов в зависимости от доли сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства в отраслевой структуре валовой добавленной стоимости в 2020 г., по результирующему показателю количества организаций, выполняющих НИР в процентах к ВРП. В рамках которой выделены три группы: первая с диапазоном от 2 до 5%, вторая от 1,5 до 2%, третья от 0,9 — 1,5%.

Рассмотрим влияние показателя количества организаций, выполняющих НИР в процентах к ВРП, на основные социально-экономические показатели регионов РФ (табл. 2).

В первой группе субъектов РФ, выделенных по показателю количества организаций, выполняющих НИР в процентах к ВРП, отмечена лидирующая позиция по значению сальдированный финансовый результат деятельности организаций, производства продукции сельского хозяйства, наличию основных фондов, валовому региональному продукту. При этом среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций имеет наибольшее значение в третьей группе, так же, как и значение среднедушевого денежного дохода, что может указывать на более высокий уровень жизни у населения в этой группе.

Субъекты, вошедшие в группу два, имеют наименьшие показатели по численности населения и доходам, а также по инвестициям в основной капитал. Это может свидетельствовать о более низком уровне развития экономики в этой группе субъектов.

Таким образом по результатам представленной группировки выявлено, во-первых, средние показатели социально-экономического развития регионов во всех группах существенно увеличиваются с увеличением показателя количества организаций, выполняющих НИР в процентах к ВРП, что в свою очередь подтверждает влияние инновационного развития на социально-экономические развития аграрных регионов. Во-вторых, существенная диспропорция между показателями первой и второй, третьей группами. В-третьих, можно сделать вывод, что группа один наиболее развита среди трех групп субъектов РФ, группа 2 имеет более низкий уровень развития, а группа 3 занимает промежуточное положение.

**Выводы,** основанные на оценке взаимосвязи между инновационной активностью и ключевыми социально-экономическими показателями аграрных регионов России. Исходя из представленного исследования, становится ясно, что развитие инновационной деятельности в России является приоритетной задачей. В сравнении с другими развитыми странами, Россия занимает относительно низкое место по глобальному инновационному индексу. Отсутствие эффективных механизмов стимулирования инновационной активности в предпринимательском секторе является одной из основных причин не высокого уровня развития инноваций в российской экономике.

В исследовании уделено особое внимание аграрным регионам России, успешное развитие которых имеет прямое влияние на социально-экономические показатели и развитие всей страны.

Таблица 1. Группировка регионов РФ в зависимости от доли сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства в отраслевой структуре валовой добавленной стоимости в 2020 г.  
Table 1. Grouping of regions of the Russian Federation depending on the share of agriculture, forestry, hunting, fishing in the sectoral structure of gross value added in 2020

Группа регионов	Состав группы
Группа I	Тамбовская область, Орловская область, Камчатский край, Республика Калмыкия, Курская область, Пензенская область, Республика Дагестан, Брянская область, Карачаево-Черкесская Республика, Белгородская область, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Мордовия, Воронежская область, Республика Адыгея, Республика Марий Эл, Саратовская область, Алтайский край, Волгоградская область
Группа II	Республика Северная Осетия — Алания, Псковская область, Липецкая область, Ростовская область, Чеченская Республика, Республика Алтай, Рязанская область, Краснодарский край, Республика Ингушетия, Ставропольский край, Курганская область, Мурманская область, Приморский край, Оренбургская область, Омская область, Тульская область, Ульяновская область, Чувашская Республика, Кировская область, Костромская область, Республика Карелия, Калининградская область, Хабаровский край, Астраханская область, Республика Башкортостан, Удмуртская Республика, Новгородская область, Республика Татарстан, Республика Тыва
Группа III	Республика Крым, Калужская область, Архангельская область без автономного округа, Тверская область, Ленинградская область, Самарская область, Вологодская область, Иркутская область, Амурская область, Новосибирская область, Магаданская область, Томская область, Смоленская область, Республика Бурятия, Челябинская область, Архангельская область, Тюменская область, Забайкальский край, Владимирская область, Еврейская автономная область, Кемеровская область, Ярославская область, Ивановская область, Нижегородская область, Красноярский край, Сахалинская область, Республика Хакасия, г. Севастополь, Свердловская область, Чукотский автономный округ, Республика Коми, Пермский край, Республика Саха (Якутия), Московская область, Тюменская область, Ненецкий автономный округ, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, г. Москва, г. Санкт-Петербург, Ямало-Ненецкий автономный округ

Источник: составлено автором с использованием публикаций [11; 12]

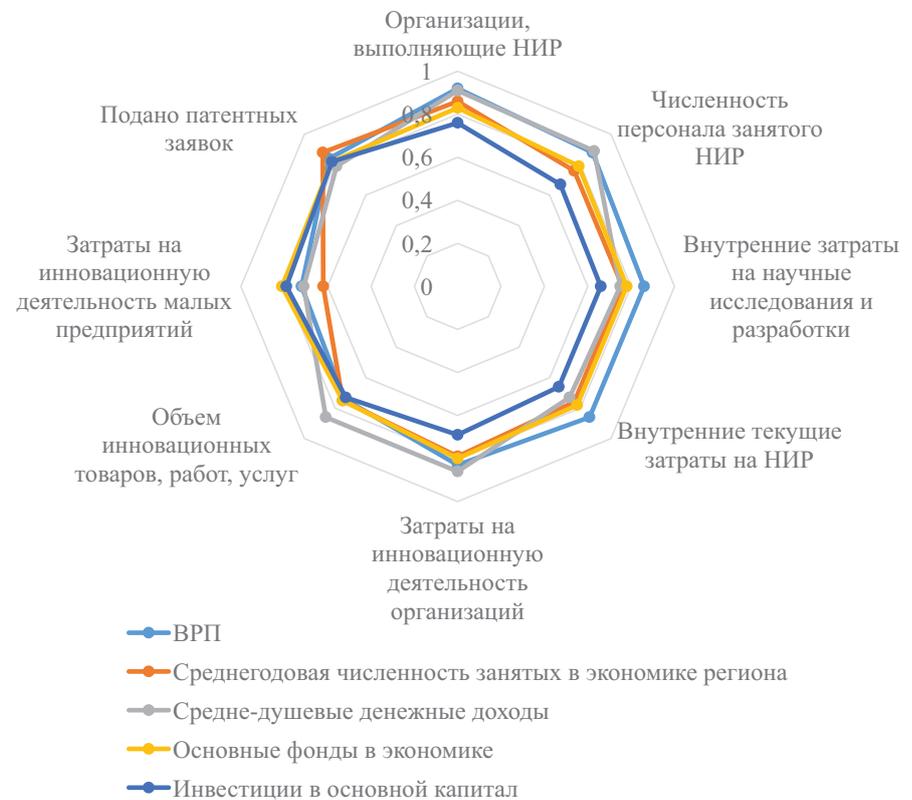


Рисунок 2. Визуальное представление корреляционного анализа социально-экономических и показателей инновационной деятельности в группе I аграрных регионов РФ в 2021 г.  
Figure 2. Visual representation of the correlation analysis of socio-economic and innovation activity indicators in group I of the agricultural regions of the Russian Federation in 2021



Рисунок 3. Границы интервалов ряда распределения аграрных регионов группы I по показателю количества организаций, выполняющих НИР в процентах к ВРП  
 Figure 3. Boundaries of the intervals of the distribution series of agricultural regions of group I according to the indicator of the number of organizations performing research work as a percentage the gross regional product

Таблица 2. Основные социально-экономические показатели первой группы аграрных субъектов РФ, в зависимости от интервала ряда распределения показателя количества организаций, выполняющих НИР в процентах к ВРП, в 2021г.  
 Table 2. Main socio-economic indicators of the first group of agricultural subjects of the Russian Federation, depending on the interval of the distribution series of the indicator of the number of organizations performing research as a percentage of the gross regional agricultural product, in 2021

Группа	Численность населения на 1 января 2022 г., тыс. человек	Среднегодовая численность занятых, тыс. человек	Среднедушевые денежные доходы (в месяц), руб.	Потребительские расходы в среднем на душу населения (в месяц), руб.	Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций, руб.	ВРП в 2020 г., млрд руб.	Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	Основные фонды в экономике, млрд руб.	Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по видам экономической деятельности, млрд руб.				Продукция сельского хозяйства — всего, млрд руб.	в том числе		Сальдированный финансовый результат, млрд руб.
									добыча полезных ископаемых	обрабатывающие производства	обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений		растениеводства	животноводства	
1	1745	819	30278	27139	39347	831	174	3192	108	632	64	18	253	150	102	279
2	890	405	28292	22885	37641	367	96	1468	55	217	26	6	148	92	56	98
3	1197	485	32058	22898	41683	382	9	1449	11	206	27	6	97	53	43	25

Источник: составлено автором с использованием публикаций [11; 12]

Выделение субъектов РФ в группы в зависимости от размера доли сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства в отраслевой структуре валовой добавленной стоимости того или иного региона, способствовало осуществлению корреляционного анализа социально-экономических показателей с показателями инновационной деятельности аграрных регионов РФ. Наиболее тесная связь выявлена между показателем количества организаций, выполняющие НИР и ВРП, далее следует показатель количества организаций, выполняющих НИР и среднедушевые денежные доходы.

Регионы отнесенные в рамках исследования к аграрным, все же имеют свои особенности развития и функционирования. В первой

группе наиболее типичных аграрных регионов, определены интервальные границы их распределения по показателю количества организаций, выполняющих НИР в процентах к ВРП, что в свою очередь позволило выявить существенную диспропорцию в инновационном развитии аграрных субъектов РФ. Так с увеличением показателя количества организаций, выполняющих НИР, в аграрном регионе в процентах к ВРП, средние показатели социально-экономического развития данных регионов значительно увеличиваются. Данный вывод подтверждает связь между инновационным развитием и социально-экономическим развитием аграрных регионов, предопределяет мнение, что инновационная деятельность играет

важную роль в развитии аграрных регионов России, улучшая их социально-экономические показатели.

Для повышения экономической эффективности деятельности, конкурентоспособности аграрных регионов требуется активно и качественно применять инновационную деятельность, что в свою очередь способствует преодолению актуальных проблем: негативное изменение климата, санкционное влияние и ряд других. Применение и внедрение инноваций в аграрном секторе может, улучшить основные социально-экономические показатели развития регионов, обеспечить устойчивое социально-экономическое развитие не только их самих, но и Российской Федерации в целом.



**Список источников**

1. Макашева Н.П. Государственная поддержка и финансирование инновационной деятельности в России и странах мира // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2013. № 3 (23).

2. Глобальный инновационный индекс 2022 года URL: <http://www.globalinnovationindex.org/> (дата обращения: 03.07.2023)

3. Жилияков Д.И., Петрушина О.В., Новосельский С.О., Зайченко А.А. Анализ состояния и ключевых тенденций социально-экономического развития региона в условиях глобальной нестабильности // Учет и статистика. 2023. № 1. С. 38-51

4. Солошенко В.М., Векленко В.И. Инновационные направления повышения устойчивости развития растениеводства // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 5. С. 7-12.

5. Рабаданова Р.М., Омарова Э.Ш. Связи и зависимости между экономическими показателями отраслевого комплекса (на примере РД) // Фундаментальные исследования. 2013. № 4-4. С. 945-949.

6. Дорوفеев А.Ф., Жилияков Д.И., Петрушина О.В., Новосельский С.О. Ретроспективный анализ интенсификации технологического развития предприятий АПК // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 103. С. 35-44

7. Генералов И.Г., Губанова Е.В., Лосев А.Н. Цифровая трансформация зернового хозяйства региона // Вестник НГИЭИ. 2022. № 5 (132). С. 104-112.

8. Адамадиев К.Р., Ахмедов А.С. Прогнозирование экономических показателей регионов методами моделирования // Фундаментальные исследования. 2015. № 10-2. С. 330-335.

9. Косников, С. Н., Новикова Д.Н., Сухиненко Д.Д. Моделирование и прогнозирование показателей социально-экономического развития // Естественно-гуманитарные исследования. 2022. № 41(3). С. 151-154.

10. Кормановская И.Р., Бернасовская Л.И. Моделирование и прогнозирование региональных рисков в условиях неопределенности // Путь науки. 2016. Т. 1, № 9(31). С. 62-68.

11. Регионы России. Социально-экономические показатели URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 03.07.2023)

12. Наука, инновации и технологии URL: <http://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 03.07.2023)

13. Низомов С.С. Применение методов корреляционно-регрессионного и кластерного анализа при

прогнозировании урожайности зерновых культур // Гуманитарные и социальные науки. 2014. № 2. С. 768-772.

14. Kumbhakar, S.C.; Zhang, J.; Lien, G. Locationally Varying Production Technology and Productivity: The Case of Norwegian Farming. *Econometrics* 2023, 11, 20. <http://doi.org/10.3390/econometrics11030020>

15. Юсифов С.И., Новикова Е.А. Оценка инвестиционной привлекательности сельскохозяйственной отрасли Саратовской области с помощью методов корреляционно-регрессионного анализа // Аллея науки. 2018. Т. 3, № 8(24). С. 190-197.

16. Магомедгаджиев Ш.М., Гасанова Н.Р. Оценка влияния инновационной деятельности на основные социально-экономические показатели регионов России с помощью методов эконометрического моделирования // Фундаментальные исследования. 2016. № 5-2. С. 371-376.

17. Dax, T.; Copus, A.; Ge, D. Diversity and Opportunities for Rural Development: Reflecting Awareness, Understanding and Activities in Rural Areas. *World* 2023, 4, 360-367. <http://doi.org/10.3390/world4020023>

18. Кривошлыков В.С. Ценовая эластичность спроса на продовольственном рынке // Вестник НГИЭИ. 2019. № 3(94). С. 107-120.

19. Jha, S.K.; Negi, A.K.; Negi, R.S.; Alatalo, J.M.; Jha, M.B. Prioritization of Socio-Ecological Indicators for Adaptation Action in Pauri District of Western Himalaya. *World* 2023, 4, 393-415. <https://doi.org/10.3390/world4030025>

**References**

1. Makasheva N.P. (2013). State support and financing of innovation activities in Russia and countries of the world. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika*, no. 3 (23).

2. Global Innovation Index 2022 URL: <http://www.globalinnovationindex.org/> (access date: 07/03/2023)

3. Zhilyakov D.I., Petrushina O.V., Novoselsky S.O., Zaichenko A.A. (2023). Analysis of the state and key trends in the socio-economic development of the region in conditions of global instability. *Accounting and Statistics*, no. 1, P.38-51.

4. Soloshenko V.M., Veklenko V.I. (2016). Innovative directions for increasing the sustainability of crop production. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, no. 5, pp. 7-12.

5. Rabadanova R.M., Omarova E.Sh. (2013). Connections and dependencies between economic indicators of the industry complex (using the example of RD). *Fundamental Research*, no. 4-4, pp. 945-949.

6. Dorofeev A.F., Zhilyakov D.I., Petrushina O.V., Novoselsky S.O. (2023). Retrospective analysis of the intensification of technological development of agricultural enterprises. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, no. 103, pp. 35-44

7. Generalov I.G., Gubanov E.V., Losev A.N. (2022). Digital transformation of grain farming in the region. *Bulletin of NGIEI*, no. 5 (132), pp. 104-112.

8. Adamadziev K.R., Akhmedov A.S. (2015). Forecasting economic indicators of regions using modeling methods. *Fundamental Research*, no. 10-2, pp. 330-335.

9. Kosnikov, S. N., Novikova D.N., Sukhinenko D.D. (2022). Modeling and forecasting indicators of socio-economic development. *Natural-humanitarian studies*, no. 41(3), pp. 151-154.

10. Kormanovskaya I.R., Bernasovskaya L.I. (2016). Modeling and forecasting of regional risks in conditions of uncertainty. *Path of Science*, vol. 1, no. 9(31), pp. 62-68.

11. Regions of Russia. Socio-economic indicators URL: <http://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (access date: 07/03/2023)

12. Science, innovation and technology URL: <http://rosstat.gov.ru/statistics/science> (access date: 07/03/2023)

13. Nizomov S.S. (2014). Application of methods of correlation-regression and cluster analysis in forecasting the yield of grain crops. *Humanitarian and Social Sciences*, no. 2, pp. 768-772.

14. Kumbhakar, S.C.; Zhang, J.; Lien, G. Locationally Varying Production Technology and Productivity: The Case of Norwegian Farming. *Econometrics* 2023, 11, 20. <http://doi.org/10.3390/econometrics11030020>

15. Yusifov S.I., Novikova E.A. (2018). Assessing the investment attractiveness of the agricultural industry of the Saratov region using methods of correlation and regression analysis. *Alley of Science*, vol. 3, no. 8(24), pp. 190-197.

16. Magomedgadzhiev Sh.M., Gasanova N.R. (2016). Assessment of innovation activity according to the main socio-economic indicators of Russian regions using econometric analysis methods. *Fundamental Research*, no. 5-2, pp. 371-376.

17. Dax, T.; Copus, A.; Ge, D. Diversity and Opportunities for Rural Development: Reflecting Awareness, Understanding and Activities in Rural Areas. *World* 2023, 4, 360-367. <http://doi.org/10.3390/world4020023>

18. Krivoslykov V.S. (2019). Price elasticity of demand in the food market. *Bulletin of NGIEI*, no. 3(94), pp. 107-120.

19. Jha, S.K.; Negi, A.K.; Negi, R.S.; Alatalo, J.M.; Jha, M.B. Prioritization of Socio-Ecological Indicators for Adaptation Action in Pauri District of Western Himalaya. *World* 2023, 4, 393-415. <https://doi.org/10.3390/world4030025>

*Информация об авторах:*

**Жахов Николай Владимирович**, доктор экономических наук, доцент кафедры экономики, управления и аудита, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3829-2972>, ResearcherID B-1943-2019 Scopus AuthorID 799087, [zhakhov@mail.ru](mailto:zhakhov@mail.ru)

**Бессонова Елена Анатольевна**, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики, управления и аудита, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3884-5725>, ResearcherID P-9521-2015, Scopus AuthorID 36951031200

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

**Алексева Виктория Владимировна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, управления и аудита, ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-3751-9024>, [vladimir\\_alekseev46@mail.ru](mailto:vladimir_alekseev46@mail.ru)

*Information about the authors:*

**Nikolai V. Zhakhov**, doctor of economic sciences, associate professor of the department of economics, management and audit, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3829-2972>, ResearcherID B-1943-2019, Scopus Au-thorID 799087, [zhakhov@mail.ru](mailto:zhakhov@mail.ru)

**Elena A. Bessonova**, doctor of economic sciences, professor, head of the department of economics, management and audit, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3884-5725>, ResearcherID P-9521-2015, Scopus AuthorID 36951031200

**Maria A. Ronzhina**, кандидат of economic sciences, associate professor, department of economics, management and audit, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5117-7784>, [ronmaria@mail.ru](mailto:ronmaria@mail.ru)

**Victoria V. Alekseeva**, кандидат of economic sciences, associate professor, department of economics, management and audit, ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-3751-9024>, [ladimir\\_alekseev46@mail.ru](mailto:ladimir_alekseev46@mail.ru)



Научная статья  
УДК 338.43.01  
doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_163

## РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В УСЛОВИЯХ ДЕГЛОБАЛИЗАЦИИ

**В.В. Смирнова**

Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН,  
Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** Цифровизация сельского хозяйства России развивается в двух направлениях: обеспечение сельского населения интернетом и внедрение информационных технологий в производство. Благодаря государственной поддержке антироссийские санкции почти не сказались на темпах продвижения мобильной связи и интернета в сельской местности. По второму направлению ситуация обратная — выход на новый уровень существенно замедлился. В настоящее время российский агропромышленный комплекс полностью обеспечивает продовольственную безопасность страны. Но по производительности труда в сельском хозяйстве Россия отстает от США и европейских стран. Цифровая трансформация стала очередным этапом в повышении интенсивности и эффективности аграрного производства. Однако быстрое продвижение информационных технологий усилило зависимость сельского хозяйства от импорта техники. На мировом рынке каждые 7-8 лет происходят кризисы и стабильность в техническом обеспечении трудно достижима. Поскольку процесс цифровизации в аграрном секторе находится на первоначальной стадии, зависимость от внешних факторов очень сильна. Государственная политика направлена на поддержку крупным производителям. Фермерские хозяйства осваивают высокотехнологичное производство при поддержке на региональном уровне. В условиях деглобализации крупные агрохолдинги стали внедрять российские технологии. В малых хозяйствах цифровую трансформацию сдерживало отсутствие типовых технологий. При отсутствии импортной техники в фермерских хозяйствах цифровизация остановилась на уровне офисных программ. В ходе исследования авторы делают вывод о том, что для повышения конкурентоспособности российских сельскохозяйственных предприятий необходимо перейти от парадигмы «догоняющего» развития к парадигме «технологического суверенитета».

**Ключевые слова:** информационные технологии, цифровая экономика, аграрная политика, сельскохозяйственные организации, государственная поддержка

**Благодарности:** Исследование выполнено в рамках выполнения Государственного задания по бюджетной теме № FFZF-2022-18

Original article

## DEVELOPMENT OF DIGITAL TECHNOLOGIES OF AGRICULTURE IN CONDITIONS OF DEGLOBALIZATION

**V.V. Smirnova**

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,  
St. Petersburg, Russia

**Abstract.** Digitalization of agriculture in Russia is developing in two directions: providing the rural population with the Internet and the introduction of information technologies into production. Thanks to state support, anti-Russian sanctions have had almost no effect on the pace of mobile communication and Internet promotion in rural areas. In the second direction, the situation is reversed — reaching a new level has slowed down significantly. Currently, the Russian agro-industrial complex fully ensures the country's food security. But in terms of labor productivity in agriculture, Russia lags behind the United States and European countries. Digital transformation has become the next stage in increasing the intensity and efficiency of agricultural production. However, the rapid advancement of information technology has increased the dependence of agriculture on imported machinery. Crises occur on the world market every 7-8 years and stability in technical support is difficult to achieve. Since the process of digitalization in the agricultural sector is at an initial stage, dependence on external factors is very strong. The state policy is aimed at supporting large producers. Farms are developing high-tech production with support at the regional level. In the context of deglobalization, large agricultural holdings began to introduce Russian technologies. In small farms, the digital transformation was hindered by the lack of standard technologies. In the absence of imported equipment in farms, digitalization has stopped at the level of office programs. In the course of the study, the authors conclude that in order to increase the competitiveness of Russian agricultural enterprises, it is necessary to move from the paradigm of «catching up» development to the paradigm of «technological sovereignty».

**Keywords:** information technologies, digital economy, agricultural policy, agricultural organizations, state support

**Acknowledgements:** The reported study was funded by budget, project FFZF-2022-18

**Введение.** Цифровая трансформация в России началась позже, чем в европейских странах и носит «догоняющий» характер. В 2017 г. по данным консалтинговой компании McKinsey доля цифровой экономики в ВВП стран составляла: США — 11,9%, Китае — 10,8%, в Евросоюзе — 8,7%, в РФ — 3,9% [1].

В тоже время в России наблюдается рост темпов цифровизации. Во всех отраслях используются информационные технологии, их применяют как крупные, так и малые предприятия. Цифровая экономика тесно связана с глобализацией. В самой ее структуре предполагается расширение экономических возможностей, через налаживание трансграничных

отношений и коммуникаций [2]. Поэтому на начальном этапе высокий уровень импорта IT-продуктов на всех этапах (от поставки компьютеров и серверов до предложения программного обеспечения для отдельных отраслей), не являлся препятствием для развития. Санкции против РФ и прекращение поставок от «недружественных стран» создало новую ситуацию — необходимость обеспечения технологического суверенитета в период перехода от старых технологий к ориентированным на цифру.

Ограничение предпринимателей в доступе к импортным технологиям это вынужденная деглобализация цифровой экономики России.

Поэтому целью данного исследования выступает анализ аграрных преобразований, направленных на цифровизацию отрасли (2017-2020 гг.) и на переход от импортных информационных технологий к российским.

Научная новизна исследования заключается в обосновании приоритетных направлений государственной поддержки информационных технологий в период санкций и деглобализации.

**Методология и методы исследования.** Использовались общенаучные методологические подходы (анализ, синтез, сравнение, обобщение) и методы экономического анализа. Материалами исследования являлись данные



открытых источников (интернет), росстата, данные сельскохозяйственных предприятий, информация органов управления АПК регионального уровня.

**Результаты исследований.** Процесс цифровизации сельского хозяйства в научных работах рассматривается в двух направлениях:

- преодоление «цифрового неравенства», обеспечение доступа к интернету в сельской местности и отдаленных регионах (Т.В. Александрова [3], А.А. Шабунова [4], А.И. Костяев [5], С.П. Земцов [6]);
- внедрение информационных технологий в агропромышленный комплекс (АПК), как один из факторов устойчивого развития отрасли (А.В. Белокопытов [7], Л.В. Романова [8], Н.Н. Филимонова [9], Ю.Ф. Лачуга [10]).

Процесс ликвидации «цифрового неравенства» идет запланированными темпами. В 2020 г. доступ к интернету имели 77% домохозяйств, в 2021 — 84%, на начало 2023 г. — 88,2%. К 2025 г. планируется обеспечить подключение к интернету до 97% домовладений в России. Бюджетное финансирование этого проекта пересматривается ежегодно и было максимальным в 2022 г. — 14,9 млрд руб.. Государство компенсировало затраты операторов на подключение сотовой связи в поселениях численностью 100-500 человек. Следствием деглобализации стал только переход пользователей с международных социальных сетей на российские. В отчете Global Digital 2023 отмечено, что 73,3% населения России есть в соцсетях, за год прирост мобильного трафика составил 18%, увеличение трафика ВКонтакте — 36%, снижение трафика в Instagram — 81,7% [11].

Ситуация с внедрением цифровых технологий в реальное производство заметно отстает от запланированных на начальном периоде.

В начале 2017 г. Фонд развития интернет инициатив (ФРИИ) предложил правительству «дорожную карту» по внедрению технологического интернета вещей в АПК. По этому проекту к 2020 г. доля предприятий АПК использующих цифровые технологии должна увеличиться до 30% (в 2016 г. было 0,05%). Стоимость подключения предприятия к IoT-решениям эксперты оценивают в 30-100 млн руб. [12]. Такие расходы доступны только крупным агрохолдингам. Фактически только они и перешли на цифровые технологии. В 2021 г. — 74,3% хозяйств освоили интернет, а технологии «точного» земледелия и животноводства только 5,5% хозяйств [13].

Потребность в инновационных технологиях была явно завышена так, как в цифровую трансформацию сельскохозяйственные предприятия вступили с разным уровнем технологий. Для большинства малых хозяйств была характерна низкая оснащенность, с преобладанием ручного труда. По данным Росстат в 2016 г. их доля в общей численности предприятий составляла 83% (в РФ насчитывалось 211 тыс. хозяйств, из них 176,4 тыс. фермеров и индивидуальных предпринимателей). С учетом численности сельскохозяйственных организаций с малым объемом производства, доля низкотехнологичных хозяйств превысит 85% (табл. 1).

Для низкотехнологических хозяйств приоритетным направлением было обновление сельскохозяйственной техники и компьютеризация офисов. К(Ф)Х и индивидуальные предприниматели в 2016 г. произвели за год продукции на 634,7 млрд рублей (в среднем 3,6 млн руб. на одно хозяйство). По этим данным фермерам потребуется выручку за 10 лет полностью потратить на цифровые технологии. У них не было для этого ни потребности, ни возможностей.

Цифровые технологии интересны для хозяйств со средним уровнем технического оснащения. Для них это новая ступень в интенсификации и модернизации производства. Не всегда цифровизация сочетается с ростом производства. В Европе есть «умные» фермы с поголовьем 50-100 коров. Однако в России это направление не учитывают. Государственная поддержка цифровой трансформации была ориентирована на крупные сельскохозяйственные организации и не предусмотрела мер для малых хозяйств.

В 2018 г вступил в действие ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» (на 2019-2024 гг) [14]. Эта государственная программа основной целью ставит повышения уровня контроля за сельскохозяйственными предприятиями. Общий объем субсидий на 2019-2024 гг. запланирован в размере 152 млрд руб. из них 78% — на модуль «Создание и внедрение национальной платформы цифрового государственного управления» и 15% на модуль «Агрорешения». В первом модуле — «Государственное управление сельским хозяйством» подробно изложены основные направления деятельности:

- сбор данных о землях сельскохозяйственного назначения для их последующего

учета и мониторинга органами исполнительной власти;

- аккумулирование сведений о предприятии, что даст возможность оперативно проводить проверку при решении вопросов финансирования организаций, кредитования и страхования;
- обеспечение удаленного контроля за количеством получаемого продукта, его качеством, процессом переработки, перемещением и другими операциями.

Во втором модуле — «Агрорешения» нет конкретных решений для агропроизводителей. Поставлена задача достижения следующих показателей:

- увеличение производительности труда на сельскохозяйственных предприятиях в 2 раза в расчете на одного работника;
- сокращение затрат предприятий на администрирование бизнеса в 1,5 раза;
- снижение доли материальных затрат в себестоимости единицы сельскохозяйственной продукции (ГСМ, удобрения, корма и др.) на 20%.

На практике такого роста производительности в короткий период можно достичь только при переходе от полностью ручного труда к цифровой технологии. Если цифровая трансформация идет не от нуля, то производительность труда увеличивается на 1-3% в год. Так, в период цифровой трансформации в странах ОЭСР темп роста производительности труда уменьшился в 2 раза по сравнению с предыдущим десятилетием. Р. Солоу ещё в 1987 г. отмечал, что у компаний, активно производивших закупку и внедрение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ-сектора), отсутствовали какие-либо значительные увеличения производительности, а иногда наблюдалось и её снижение [15]. Производительность труда в РФ в 2-3 раза ниже, чем в европейских странах. А сельское хозяйство объективно требует больших затрат труда, чем современная промышленность. В 2011 г. производительность труда в АПК составляла 40% от средней по РФ, в 2019 г. — 60%. В России в период 2017-2020 гг. среднегодовой прирост производительности труда по всем видам деятельности составил 1,7%, в сельском хозяйстве — 4,2%. [16]. При сохранении таких темпов роста выйти на уровень ведущих стран удастся через 30 лет.

Даже для крупных хозяйств цифровая трансформация была вынужденным решением, необходимым для получения льготных

Таблица 1. Уровень технического оснащения предприятий АПК на начало цифровой трансформации (2016-2017 гг)  
Table 1. The level of technical equipment of agricultural enterprises at the beginning of digital transformation (2016-2017)

Уровень технического оснащения	Характеристика технологий	Виды хозяйств	Доля в численности хозяйств
1. Низкий	Преобладает устаревшая сельскохозяйственная техника, компьютеры отсутствуют или используются только офисные программы	Фермерские хозяйства, СХО в климатически неблагоприятных регионах, СХО отнесенные к малым предприятиям, ИП	85%
2. Средний	Преобладает новая техника (без спутниковой навигации), имеются автоматизированные комплексы для раздачи кормов животным, комплекс «карусель» для доения коров.	Агрохолдинги, животноводческие комплексы, сельскохозяйственные организации в «зерновых» регионах	15%
3. Высокий (с использованием цифровых технологий)	Автоматизация всех производственных процессов. Используются компьютерные программы для растениеводства и животноводства.	Крупные животноводческие предприятия в составе агрохолдингов	0,05%

Разработка автора по данным открытых источников



Таблица 2. Динамика освоения цифровых технологий в сельском хозяйстве России  
Table 2. Dynamics of the development of digital technologies in agriculture in Russia

Направление	Виды цифровой техники	Виды программ	Год внедрения	
			Импорт	РФ
Точное земледелие	Беспилотные летательные аппараты для мониторинга и точечной обработки полей, «машинное зрение» (видеокамеры + блок искусственного интеллекта),	АIoT проект, Системы Big Data	2017	2021
Точное животноводство	Видеокамеры, сенсоры и датчики для контроля состояния животных, дроны для управления стадом, роботизированные фермы	Селекционные программы, системы контроля стада	2016	2022
Переработка продукции, логистика, маркетинг	Радиочастотная идентификация (RFID) для контроля отгрузки сырья, роботы — заводы	АIoT проект, платформы дистрибуции	2018	нет

Разработка автора по данным открытых источников

инвестиционных кредитов. Для минимизации затрат предприятия заинтересованы в готовых проектах:

– в 2017 г. компании Bayer и Bosch (США) предложили систему дозированного внесения пестицидов [17], в 2018-2020 гг. поступили комплексные решения для контроля урожая и почв — «точное земледелие» (Farmers Edge (Канада), FarmSight, Jhon Deer, CropX (США);

– в животноводстве АIoT технологии стали использовать крупные свиноводческие комплексы (системы от международных компаний AgroSoftLTD «WinPig», Nedap Livestock Management, Topigs Norsvin) [18] и производители молока (европейские технологии CNH Industrial (Нидерланды), Siemens (Германия), Techno Ferrari (Италия).

Переход от импортных технологий к российским идет медленно и охватывает не все области производства (табл. 2).

Первый российский проект в «точном» земледелии завод «Ростсельмаш» представил в 2020 г. (беспилотный комбайн — TORUM 785, который оснащён рядом RSM систем) [19]. В этом проекте сочетается российское «железо» и импортное программное обеспечение, в т. ч. системы GPS навигации и хранение информации в «облаке». Только в январе 2023 г. компания объявила, что вся информация из системы «PCM Карта урожайности и влажности» (которой оснащены все новые машины) хранится на серверах, расположенных в России.

В животноводстве цифровая трансформация идет от крупных хозяйств к средним и малым. Так, АIoT технологии в свиноводстве агрохолдинги начали осваивать в 2016-2018 гг., для средних хозяйств (с поголовьем от 20 тыс. свиной) они стали доступны в 2018-2020 гг. Проекты малых цифровых свиноферм только начали продвигать в 2021-2022 гг. Даже для крупных хозяйств «умная ферма» или «умный завод» становятся проблемным проектом при ограничении доступа к импорту. Так, завод-автомат по производству колбасы ГК «Черкизово» (введенный в строй в 2018 году), остается единственным в России. В результате санкций приостановилось строительство птицефабрик, перерабатывающих предприятий и молочных комплексов.

Но имеется и положительный эффект — агрохолдинги вкладывают средства не только в закупку импортного программного обеспечения, но и в разработку собственных «авторских» решений. В большинстве случаев это до-

работка импортных проектов по следующей схеме:

1. Оценка производственного потенциала имеющейся техники и доступной от производителей оборудования из дружественных стран для комплексного оснащения ферм.

2. Разработка программного продукта под реальные потребности производства, с учетом использования отечественных технологических решений.

3. Апробация и доработка программного продукта в условиях эксплуатации.

Отчет АНО «Цифровая экономика» подтверждает, что главными заказчиками проектов с искусственным интеллектом являются агрохолдинги «Магнит», «Русагро», «Мираторг», «Щелково Агрохим» и «Русская аграрная группа». «Авторские» проекты агрохолдингов остаются их собственностью, технологические и программные решения не продвигаются на рынок. Цифровая трансформация идет только внутри предприятия: успешные технологические решения переносятся из одной фермы на другую или даже из разных отраслей.

Затраты предприятий на инновационные проекты частично компенсируются через гранты Фонда «Сколково». В 2022 г. были введены новые направления: пилотное внедрение простых цифровых решений (компенсация до 80% затрат) и внедрение цифровых решений с искусственным интеллектом (ИИ) (компенсация до 50%). В обеих программах грант предоставляется заказчику, т.е. сельскохозяйственной организации.

Действуют гранты для разработчиков программного обеспечения, но они не ориентируют ИТ-компании на аграрный сектор.

Российские программы для сельского хозяйства представленные на рынке предназначены для бухгалтерии и составления отчетности (1С: бухгалтерия). Их дорабатывают до соответствия уровню европейских систем управления стадом, но готовые программы выйдут на рынок не ранее 2025 г.

Поддержка цифровизации малых хозяйств сместилась на региональный уровень. С 2022 г. во всех 83 регионах утверждены стратегии цифровой трансформации сельского хозяйства. Основные меры поддержки:

– субсидии фермерским хозяйствам по всем направлениям предоставляются через оформление заявок в цифровой форме и отраслевую отчетность необходимо подавать в электронном виде,

– при закупке программного обеспечения (торговля, электронный документооборот, автоматизация техподдержки) малым формам хозяйствования компенсируется 50% затрат.

Новых возможностей цифровая трансформация фермерам не создает. К технологиям «точного» земледелия и животноводства у малых хозяйств нет доступа (как к импортным, так и к российским). Предоставление товаров и услуг через цифровые платформы практикуется в нескольких областях, развивающих аграрный туризм. Цифровизация фермерских хозяйств в регионах находится на том же уровне, что и обеспечение информационными технологиями обычных граждан, проживающих в сельской местности.

**Заключение.**

Введение санкций почти не повлияло на освоение информационных технологий сельским населением. Заинтересованность компаний продвигающих интернет и рост государственного финансирования способствует преодолению «цифрового неравенства» отдаленных регионов.

Агрохолдинги приостановили ввод в строй новых объектов с цифровыми технологиями. И одновременно увеличили вложения в разработку российских программ. Государственная поддержка для крупных проектов есть как для заказчиков (сельскохозяйственные предприятия), так и для производителей техники и разработчиков программного обеспечения. Для растениеводства уже возможно достижение технологического суверенитета, в животноводческих отраслях переход на российские технологии планируется в 2025-2030 гг.

В фермерских хозяйствах цифровая трансформация приостановилась. В условиях деглобализации их возможности сократились, а мер поддержки мало.

**Список источников**

1. Экосистемы в цифровой экономике: драйверы устойчивого развития. Монография под редакцией А.В. Бабкина. СПб.: Политех-пресс, 2021. 778 с.
2. Гурьянов Н.Ю., Гурьянова А.В. Цифровая глобализация в контексте развития цифровой экономики и цифровых технологий // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Философские науки. 2020. № 3. С. 63-69.
3. Александрова Т.В. Цифровое неравенство регионов России: причины, оценка, способы преодоления //





Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. № 8. С. 9-12.

4. Шабунова А.А., Груздева М.А., Калачикова О.Н. Поселенческий аспект цифрового неравенства в современной России // Проблемы развития территории. 2020. № 4 (108). С. 7-19.

5. Костяев А.И. Дифференциация направлений цифровизации сельских территорий (на примере северо-запада) // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 10. С. 19-27.

6. Земцов С.П., Демидова К.В., Кичаев Д.Ю. Распространение Интернета и межрегиональное цифровое неравенство в России: тенденции, факторы и влияние пандемии // Балтийский регион. 2022. Т. 14. № 4. С. 57-78.

7. Белокопытов А.В. Организационно-экономический механизм устойчивого развития аграрного сектора экономики // Экономические отношения. 2020. Т. 10. № 1. С. 217-226.

8. Романова Л.В., Шашкова И.Г. Развитие агропромышленного комплекса в условиях цифровой экономики // Фундаментальные исследования. 2020. № 11. С. 152-156.

9. Филимонова Н.Н. Современные цифровые технологии, используемые в отраслях сельского хозяйства Российской Федерации // Вестник Российского нового университета. Серия: Человек и общество. 2020. № 4. С. 45-54.

10. Лачуга Ю.Ф., Кирсанов В.В. Анализ цикличности развития техники и технологий в различных технологических укладах на примере молочного животноводства // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 2. С. 54-58.

11. Статистика интернета и соцсетей на 2023 год — цифры и тренды в мире и России. [Электронный ресурс] URL: <http://www.web-canape.ru/business/statistika-interneta-i-socsetej-na-2023-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii/> (дата обращения: 04.10.2023).

12. Российских фермеров оснащают дронами и интернетом вещей. [Электронный ресурс]: РБК. Технологии и медиа. 07.03.2017. URL: [http://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/07/03/2017/58bd91bd9a7947243c6fdd97](http://www.rbc.ru/technology_and_media/07/03/2017/58bd91bd9a7947243c6fdd97) (дата обращения: 14.09.2023).

13. Косогор С. Трансформация сельского хозяйства: цифровые возможности развития // Системы безопасности. 2022. № 3. URL: <http://www.secuteck.ru/articles/transformaciya-selskogo-hozyajstva-cifrovyevozможности-razvitiya?ysclid=lnbnobk059661486935> (дата обращения: 14.09.2023).

14. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 48 с.

15. Ганичев Н.А., Кошовец О.Б. «Новый цифровой разворот» — от дискурса экономического роста к технологическому расколу мира и принудительной рационализации. // Вопросы теоретической экономики. 2022. № 4. С. 7-24.

16. Миронов В.В. Производительность труда: новые тенденции старые проблемы. [Электронный ресурс]: Финам, 2021. URL: <http://www.finam.ru/publications/item/proizvoditelnost-truda-novye-tendencii-starye-problemy-20210831-163800?ysclid=ln4ccqj3ys944468204> (дата обращения: 14.09.2023).

17. Bayer и Bosch разрабатывают новые цифровые решения Smart Spraying [Электронный ресурс]. Агроинвестор, 2017. URL: <http://www.agroinvestor.ru/business-pages/28552-bayer-i-bosch-razrabatyvayut-novye-tsifrovye-resheniya-smart-spraying/award.agroinvestor.ru/?ysclid=ln31xy19m396934364> (дата обращения: 14.09.2023).

18. Смирнова В.В. Цифровые технологии в свиноводстве России // Аграрный вестник Урала. 2022. № 8 (223). С. 91-100.

19. Докин Б.Д., Алетдинова А.А. Анализ прошлого и будущего автоматизации растениеводства с развитием технологий точного земледелия // Вестник АПК Ставрополя. 2021. № 1 (41). С. 10-14.

## References

1. *Ekosistemy v tsifrovoy ekonomike: drayvery ustoychivogo razvitiya. Monografiya* [Ecosystems in the digital economy: drivers of sustainable development. Monograph]. A.V. Babkina. Sankt-Peterburg: Politekhpress, 2021, 778 p.

2. Gurianov N.Yu., Gurianova A.V. (2020). *Tsifrovaya globalizatsiya v kontekste razvitiya tsifrovoy ekonomiki i tsifrovyykh tekhnologiy* [Digital globalization in the context of the development of the digital economy and digital technologies]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Filosofskiy nauki*, no. 3, pp. 63-69.

3. Aleksandrova T.V. (2019). *Tsifrovoye neravenstvo regionov Rossii: prichiny, otsenka. sposoby preodoleniya* [Digital inequality of Russian regions: causes, assessment, ways to overcome]. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika*, no. 8, pp. 9-12.

4. Shabunova A.A., Gruzdeva M.A., Kalachikova O.N. (2020). *Poselenskiy aspekt tsifrovogo neravenstva v sovremennoy Rossii* [Settlement aspect of digital inequality in modern Russia]. *Problemy razvitiya territorii*, no. 4 (108), pp. 7-19.

5. Kostoyayev A.I. (2022). *Differentsiatsiya napravleniy tsifrovizatsii selskikh territoriy (na primere severo-zapada)* [Differentiation of directions of digitalization of rural territories (on the example of the North-West)]. *Ekonomika selskogo khozyajstva Rossii*, no. 10, pp. 19-27.

6. Zemstov S.P., Demidova K.V., Kichayev D.Yu. (2022). *Rasprostraneniye Interneta i mezhtseionalnoye tsifrovoye neravenstvo v Rossii: tendentsii, faktory i vliyaniye pandemii* [The spread of the Internet and interregional digital inequality in Russia: trends, factors and the impact of the pandemic]. *Baltiyskiy region*, vol. 14, no. 4, pp. 57-78.

7. Belokopytov A.V. (2020). *Organizatsionno-ekonomicheskiy mekhanizm ustoychivogo razvitiya agrarnogo sektora ekonomiki* [Organizational and economic mechanism of sustainable development of the agricultural sector of the economy]. *Ekonomicheskiye otnosheniya*, vol. 10, no. 1, pp. 217-226.

8. Romanova L.V., Shashkova I.G. (2020). *Razvitiye agropromyshlennogo kompleksa v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki* [Development of the agro-industrial complex in the digital economy]. *Fundamentalnyye issledovaniya*, no. 11, pp. 152-156.

9. Filimonova N.N. (2020). *Sovremennyye tsifrovyye tekhnologii. ispolzuyemye v otraslyakh selskogo khozyajstva Rossiyskoy Federatsii* [Modern digital technologies used

in the branches of agriculture of the Russian Federation]. *Vestnik Rossiyskogo novogo universiteta. Seriya: Chelovek i obshchestvo*, no. 4, pp. 45-54.

10. Lachuga Yu.F., Kirsanov V.V. (2021). *Analiz tsiklichnosti razvitiya tekhniki i tekhnologiy v razlichnykh tekhnologicheskikh ukladakh na primere molochnogo zhivotnovodstva* [Analysis of the cyclical development of equipment and technologies in various technological structures on the example of dairy farming]. *Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka*, no. 2, pp. 54-58.

11. *Statistika interneta i sotssetey na 2023 god — tsifry i trendy v mire i Rossii*. [Internet and social media statistics for 2023 — figures and trends in the world and Russia]. URL: <http://www.web-canape.ru/business/statistika-interneta-i-socsetej-na-2023-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii/> (accessed: 04.10.2023).

12. *Rossiyskiye fermerov osnastyat dronami i internetom veshchey* [Russian farmers will be equipped with drones and the Internet of Things]. RBC. Tekhnologii i media. 07.03.2017. URL: [http://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/07/03/2017/58bd91bd9a7947243c6fdd97](http://www.rbc.ru/technology_and_media/07/03/2017/58bd91bd9a7947243c6fdd97) (accessed: 14.09.2023).

13. Kosogor S. (2022). *Transformatsiya selskogo khozyajstva: tsifrovyye vozможности razvitiya* [Transformation of agriculture: digital development opportunities]. *Zhurnal «Sistemy bezopasnosti»*, no. 3. URL: <http://www.secuteck.ru/articles/transformaciya-selskogo-hozyajstva-cifrovyevozможности-razvitiya?ysclid=lnbnobk059661486935> (accessed: 14.09.2023).

14. *Vedomstvennyy proyekt «Tsifrovoye selskoye khozyajstvo»: ofitsialnoye izdaniye* [Departmental project «Digital Agriculture»: official publication]. Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019, 48 p.

15. Ganchev N.A., Koshovets O.B. (2022). «Novyye tsifrovoy razvorot» — ot diskursa ekonomicheskogo rosta k tekhnologicheskomu raskolu mira i prinuditelnoy ratsionalizatsii [«The new digital reversal» — from the discourse of economic growth to the technological split of the world and forced rationalization]. *Voprosy teoreticheskoy ekonomiki*, no. 4, pp. 7-24.

16. Mironov V.V. (2021). *Proizvoditelnost truda: novyye tendentsii starye problemy* [Labor productivity: new trends and old problems]. Finam. URL: <http://www.finam.ru/publications/item/proizvoditelnost-truda-novye-tendencii-starye-problemy-20210831-163800?ysclid=ln4ccqj3ys944468204> (accessed: 14.09.2023).

17. *Bayer i Bosch razrabatyvayut novyye tsifrovyye resheniya Smart Spraying* [Bayer and Bosch are developing new digital Smart Spraying solutions]. Agroinvestor. 2017. URL: <http://www.agroinvestor.ru/business-pages/28552-bayer-i-bosch-razrabatyvayut-novye-tsifrovye-resheniya-smart-spraying/award.agroinvestor.ru/?ysclid=ln31xy19m396934364> (accessed: 14.09.2023).

18. Sмирнова В.В. (2022). *Tsifrovyye tekhnologii v svinovodstve Rossii* [Digital technologies in pig breeding in Russia]. *Agrarnyy vestnik Urala*, no. 8 (223), pp. 91-100.

19. Dokin B.D., Aletdinova A.A. (2021). *Analiz proshlogo i budushchego avtomatizatsii rasteniyevodstva s razvitiyem tekhnologiy tochnogo zemledeliya* [Analysis of the past and future of crop automation with the development of precision farming technologies]. *Vestnik APK Stavropolia*, no. 1 (41), pp. 10-14.

## Информация об авторе :

**Смирнова Виктория Викторовна**, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8345-8444>, Researcher ID: G-2318-2018, [smirnova\\_vik@mail.ru](mailto:smirnova_vik@mail.ru).

## Information about the author:

**Viktoriya V. Smirnova**, candidate of economic sciences, associate professor, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8345-8444>, Researcher ID: G-2318-2018



Научная статья

УДК 33.06

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_167

## АРХИТЕКТУРА ИНДИКАТОРОВ И ИХ ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРОВНЯ И КАЧЕСТВА ЖИЗНИ СЕЛЬСКОГО И ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА

Ю.В. Лысенко<sup>1</sup>, М.В. Лысенко<sup>2</sup>, Н.А. Калмакова<sup>1</sup>, А.В. Дубынина<sup>1</sup><sup>1</sup>Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются понятия качества и уровня жизни сельского и городского населения, и указывается их значение. Основное внимание уделяется основным индикаторам и целевым показателям уровня и качества жизни в Челябинской области. Отмечается, что качество и уровень жизни населения всегда оценивается по их доходам, поскольку это позволяет удовлетворять их потребности. Распределение доходов сельского и городского населения региона оценивается по децильному коэффициенту дифференциации дохода, показателям коэффициента Джини, коэффициента Лоренца с учетом следующих индикаторных показателей продолжительности жизни, ВРП на душу жителей. Для анализа удовлетворенностью жизнью нужно сопоставить достаток сельских и городских жителей с минимальным размером зарплаты и МРОТ в округе, что позволяет анализировать состояние экономики региона. Особое внимание уделяется сохранению имеющегося уровня и качества жизни населения. В нужно посвятить больше внимания Челябинской области нужно посвятить больше внимания поддержанию удовлетворенности жизнью жителей и уменьшению количества жителей с достатком меньше прожиточного минимума.

**Ключевые слова:** сельское и городское население, коэффициент Джини, коэффициент Лоренца, продолжительность жизни, валовой региональный продукт, прожиточный минимум, денежные доходы

**Благодарности:** исследование выполнено при поддержке научного фонда Уральского филиала Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

Original article

## ARCHITECTURE OF INDICATORS AND THEIR TARGETS FOR THE LEVEL AND QUALITY OF LIFE OF THE RURAL AND URBAN POPULATION OF THE REGION

Yu.V. Lysenko<sup>1</sup>, M.V. Lysenko<sup>2</sup>, N.A. Kalmakova<sup>1</sup>, A.V. Dubynina<sup>1</sup><sup>1</sup>Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia<sup>2</sup>Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint-Petersburg, Russia

**Abstract.** This article discusses the concepts of quality and standard of living of rural and urban populations and indicates their meaning. The main attention is paid to the main indicators and target indicators of the level and quality of life in the Chelyabinsk region. It is noted that the quality and standard of living of the population is always assessed by their income, since this allows them to meet their needs. The distribution of income of the rural and urban population of the region is assessed by the decile coefficient of income differentiation, indicators of the Gini coefficient, Lorenz coefficient, taking into account the following indicators of life expectancy, GRP per capita, intellectual development index and others. To assess the standard of living, it is necessary to compare the incomes of the rural and urban population with the minimum wage (minimum wage) and the subsistence level in the region, which allows one to analyze the state of the region's economy. Due to the unstable economic situation in the region caused by the post-pandemic reality, a special military operation, special attention is paid to maintaining the existing level and quality of life of the population. In this regard, it is necessary to pay special attention to the Chelyabinsk region, taking into account the difficult economic conditions, maintaining the existing quality and standard of living of the population and reducing the number of people with incomes below the subsistence level.

**Keywords:** rural and urban population, Gini coefficient, Lorenz coefficient, life expectancy, gross regional product, living wage; cash income

**Acknowledgments:** The research was carried out with the support of the scientific foundation of the Ural branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation.

**Введение.** В настоящее время инновации, которые появились в экономике нашей страны, привели к созданию новых социально-экономических условий. Высокий показатель сельских и городских жителей стали ключевыми факторами развития экономики государства и его регионов. Эти показатели отражают эффективность использования трудовых ресурсов, помогают анализировать выход из социальных и экономических кризисов и оценивать уровень благосостояния населения.

Однако существует значительное расслоение общества по уровню и качеству жизни, что затрудняет развитие экономической и социальной составляющих. Поэтому необходима система мониторинга уровня и качества жизни, которая поможет преодолеть эти проблемы. Государственная политика в этой области играет важную роль, а главным элементом такой политики является здоровье сельского и городского населения, а также его качество, безопасность

продовольствия, физическая и экономическая доступность.

Научная новизна заключается в разработке методических положений, направленных на оценку повышения эффективности уровня достатка сельских и городских жителей округа в условиях экономических санкций.

Цель этого академического изучения основывается на создании основы, которая даст увеличить эффективность уровня удовлетворенности сельских и городских жителей округа при существующих ограничениях, и осуществить анализ действенности этой базы. Задачи:

- создание методической базы для взаимодействия и эффективности удовлетворенности сельских и городских жителей округа при существующих ограничениях,
- создание методов оценки округов по увеличению эффективности уровня удовлетворенности сельских и городских жителей округа при существующих ограничениях.

В настоящее время невозможно оценить состояние сельского и городского населения без использования индикаторов и их целевых показателей уровня и качества жизни, которые являются ключевыми для анализа экономической и социальной сферы страны. Для того, чтобы государство могло строить положительные прогнозы своего развития как на международной арене, так и внутри страны, необходимы целевые показатели этих индикаторов.

Главными значениями, по которым оценивается уровень удовлетворенности сельских и городских жителей округа, становятся фактическое конечное потребление домохозяйств, фактическое конечное потребление на душу жителя, средний материальный достаток сельских и городских жителей за месяц. Для исследования разности достатка сельских и городских жителей обращаются к децильному коэффициенту дифференциации достатка, модальному и медианному достатку. К индикаторам и целевым

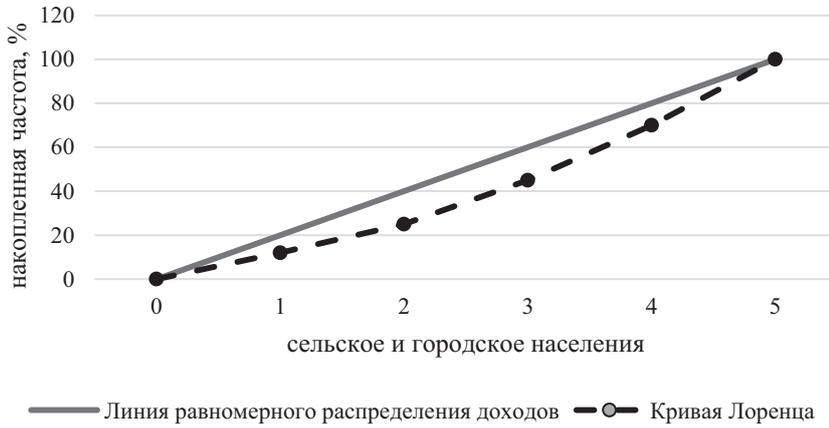


Рисунок 1. Кривая Лоренца  
Figure 1. Lorenz curve

Таблица 1. Продолжительность жизни в Челябинской области, лет  
Table 1. Life expectancy in the Chelyabinsk region, years

Год	Все жители			Городские жители			Сельские жители		
	всего	Мужчины	Женщины	всего	Мужчины	Женщины	всего	Мужчины	Женщины
2017	69,71	63,59	75,76	70,32	64,18	76,21	66,85	60,80	73,63
2018	69,90	63,94	75,75	70,38	64,33	76,16	67,62	62,02	73,79
2019	70,50	64,50	76,34	70,99	64,93	76,75	68,12	62,49	74,32
2020	71,53	65,90	76,85	72,06	66,34	77,30	69,02	63,88	74,63
2021	71,64	66,11	76,86	72,17	66,56	77,31	69,09	63,97	74,67
2022	72,08	66,53	77,31	72,60	66,99	77,71	69,63	64,48	75,22

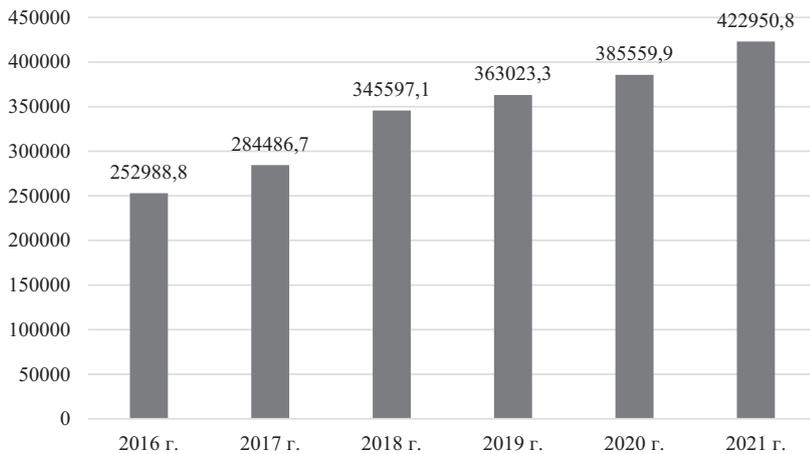


Рисунок 2. ВРП на душу населения в текущих ценах в Челябинской области  
Figure 2. GRP per capita at current prices in the Chelyabinsk region

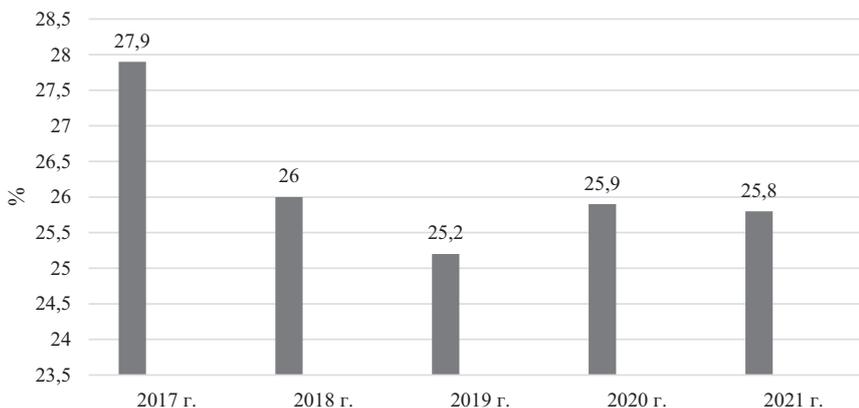


Рисунок 3. Доля расходов на образование в Челябинской области  
Figure 3. Share of spending on education in the Chelyabinsk region

значениям разности причисляют коэффициент Джини и коэффициент Лоренца. Кривая Лоренца — графическое изображение, показывающее уровень неравномерности в распределении дохода между сельскими и городскими жителями. Пример кривой (рис. 1).

Значения уровня удовлетворённости жизнью сельских и городских жителей округа занимают лидирующую роль любой стране. Они являются основой для проведения международных и региональных исследований, также способствуют изучению динамики развития социально-экономической сферы.

Значения удовлетворённости жизнью входят в состав совокупных значений, помогающих в исследовании данной темы. Уровень и качество удовлетворённости жизнью — соц. показатель, учитывающий объективные условия и субъективные суждения.

**Результаты и обсуждение.** Представлены результаты целевых показателей в Челябинской области. Проанализирован индекс интеллектуального развития, включающий продолжительность жизни и уровень ВРП на душу населения.

Данные о продолжительности жизни в регионе представлены в таблице 1 [8].

Такие реформации, являются положительным фактором. Возраст выхода на пенсию мужчин — 65 лет, женщин — 60 лет в 2019 году. Продолжительность жизни возросла на 2,37 года: для женщин этот рост — 1,55 года, для мужчин — 2,94 года. Рост продолжительности жизни жителей Челябинской области приводит к увеличению количества трудоспособных жителей.

Динамика уровня ВРП Челябинской области представлена на рисунке 2 [8].

Уровень ВРП на душу жителей в Челябинской области увеличился за предшествующие пятилетие: в 2016 году — 252988,8 рублей, в 2021 году — 422950,8 рублей. Это оказало положительное влияние, ведь уровень ВРП на душу жителей — ключевой показатель, позволяющий исследовать состояние округа. Его увеличение означает рост удовлетворённости жителей жизнью.

Индекс интеллектуального развития считают при условии некоторых значений, например уровень жителей старшего возраста, процентное значение расходов на образование, количество учащихся во всём количестве жителей сельского, ВРП и внутренние затраты на науку.

Уровень образования взрослого сельского и городского населения, а также доля расходов на образование в регионе представлены на рисунке 3 [8].

В 2017 году доля расходов на образование в регионе составила 27,9%, в 2021 году она снизилась до 25,8%. Это свидетельствует о сокращении затрат в образовательной сфере.

Рисунок 4 отображает удельный вес студентов, обучающихся в высших учебных заведениях округа [8].

Полученные значения указывают на низкую популярность высших учебных заведений среди школьников старших классов. Вместо этого они предпочитают выбирать учреждения общего и среднего профессионального образования.

Индикаторы и их целевые показатели валового областного продукта округа представлены в таблице 2 [8].

Уровень ВРП является показателем развития региона и по рейтингу социально-экономического состояния субъектов России Челябинская область занимает 15-е место. Прогноз Минэкономразвития и Министерства сельского хозяйства Челябинской области указывает на рост ВРП в период с 2024 по 2029 годы на 3,4%. Этот рост будет обусловлен развитием смежных отраслей,



таких как металлургия, машиностроение и других, а также поддержкой инновационных специальностей, включая сферу приборостроения и цифровых технологий. Увеличение со временем ВРП свидетельствует об улучшении уровня и качества жизни как сельского, так и городского населения.

Внутренние затраты на науку представлены на рисунке 5 [8].

Регион наблюдает положительную динамику в увеличении затрат на научные исследования. В ноябре 2022 года был завершен отбор проектов по программе Умное сельское хозяйство, поддерживаемой Фондом содействия инновациям. Целью этой программы было предоставление поддержки молодым ученым в инновационной сфере.

Основные индикаторы и их целевые показатели региона представлены в таблице 3 [8].

Положение региона оценивается как удовлетворительное, что является негативным фактором и может привести к нестабильности уровня и качества жизни как сельского, так и городского населения. Таким образом, уровень и качество жизни жителей региона полностью зависит от экономического положения Челябинской области.

Уровень удовлетворенности жителей жизнью всегда оцениваются по их доходам, поскольку это позволяет удовлетворять их потребности. Структурные изменения в экономике региона или инфляция не влияют на размер и распределение доходов и расходов среди сельского и городского населения.

В таблице 4 представлены основные социально-экономические индикаторы и их целевые показатели Уровня удовлетворенностью жителей Челябинской области 2017-2022 гг. жизнью [8].

Доходы сельского и городского населения региона растут: в 2017 году составили 967171,7 млн руб., в 2021 году — 1050154,3 млн руб.. Однако рост цен на сельскохозяйственную продукцию, товары и услуги не позволяет населению региона потреблять больше, что свидетельствует о негативной тенденции.

Распределение доходов сельского и городского населения региона оценивается по децильному коэффициенту дифференциации дохода, показателям коэффициента Джини, коэффициента Лоренца (табл. 5).

К 2021 году доходы сельского и городского населения региона приблизились к линии равномерного распределения доходов. Кроме того, наблюдается сокращение разрыва между 20% населения с самым низким доходом и 20% населения с самым высоким доходом на коэффициенте 1,378.

Для оценки уровня жизни также важно сравнивать доходы сельского и городского населения с минимальным размером оплаты труда (МРОТ) и прожиточным минимумом в регионе. Эти данные представлены в таблице 6 [7].

Важно отметить, что в 2020 году минимальный размер оплаты труда (МРОТ) превысил прожиточный минимум, что является положительным явлением. Ранее МРОТ был ниже прожиточного минимума и разность в доходах жителей стали очевидными.

Таблица 4. Основные социально-экономические индикаторы и их целевые показатели уровня удовлетворенностью жителей жизнью.  
Table 4. Main socio-economic indicators and their target indicators of the standard of living of the rural and urban population

Индикаторы уровня жизни	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.	2021г.	2022г.
Фактическое конечное потребление домохозяйств, всего в млн. руб.	820060	818827,1	795969,6	816812,5	883068	-
Фактическое конечное потребление домохозяйств в % к ВРП	82,5	67,7	62,6	60,5	59,9	-
Материальный достаток жителей, всего в млн. руб.	967171,7	1035159,8	994021,5	989519,5	1011911,5	1050154,3
Средний материальный жителей в месяц, руб. в месяц	23069,7	24653,7	23656,9	23575,6	24201	25178,1
Реальный располагаемый материальный достаток жителей в % к предшествующему периоду	97,9	94,3	89,5	96,8	97,9	98,4

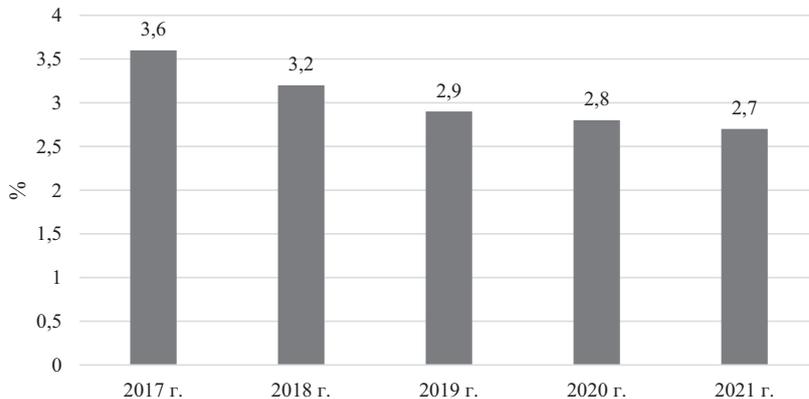


Рисунок 4. Удельный вес студентов в общей численности населения в Челябинской области  
Figure 4. Share of students in the total population in the Chelyabinsk region

Таблица 2. Валовой областной продукт Челябинской области  
Table 2. Gross regional product of the Chelyabinsk region

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Валовой региональный продукт, в основных ценах, млрд. руб.	882339,6	993900,6	1209242,7	1271133,1	1348564,7	1473727,8
Темп роста ВРП, в сопоставимых ценах, в процентах к предшествующему периоду	101,5	102,8	99,5	96,9	102,1	101,7
Индекс-дефлятор ВРП, в процентах к предшествующему периоду	103,2	109,6	122,3	108,5	104,3	107,1

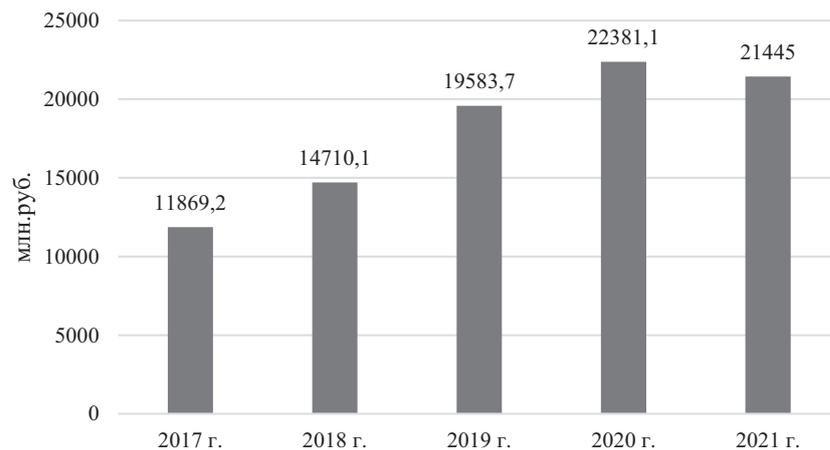


Рисунок 5. Научные исследования и затраты на разработки в Челябинской области  
Figure 5. Scientific research and development costs in the Chelyabinsk region

Таблица 3. Основные социально-экономические показатели Челябинской области с 2017 года по 2022 год  
Table 3. Main socio-economic indicators of the Chelyabinsk region from 2017 to 2022

Наименование показателя	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Индекс промышленного производства в % к предшествующему периоду	109,6	93,9	95,9	108,8	92,2	106,1
Индекс потребительских цен	109,9	112,0	104,9	102,3	103,5	103,1
Индекс цен производителей промышленной продукции	115	110,5	113	107,1	107,9	92,7
Средняя зарплата 1 трудящегося в крупных и средних предприятиях: номинальная, руб.	30479	32094,1	34412,1	37472,4	10682,6	42744,6
Реальная, в % к предшествующему периоду	99,3	92	99,9	105,4	105,6	101,9





Сельское и городское население региона столкнулись с ростом дефицита денежного дохода на 250,7 млн руб., или на 26,9%, что является негативным явлением и свидетельствует об увеличении количества бедных.

Анализ уровня и качества жизни жителей Челябинской области показывает наличие проблем расслоения населения, низких доходов и снижения покупательной способности, что может привести к серьезной социальной катастрофе — увеличению бедности. Эти проблемы связаны с экономической ситуацией в стране и в мире в целом. Например, девальвация рубля была вызвана падением цен на углеводородное сырье, а также наложением экономических

санкций на Россию, что ограничило возможность государства осуществлять социальные выплаты в достаточном объеме.

При исследовании значений уровня и качества жизни жителей Челябинской области, основное внимание следует сосредоточить на сохранении текущего уровня удовлетворенностью жизнью жителей, а также на снижении числа жителей с достатком меньше прожиточного минимума.

Для прогноза количество жителей с материальным достатком меньше величины прожиточного нужно изучить взаимозависимость его с другими факторами (табл. 8).

Представленные данные позволяют провести корреляционный анализ (табл. 9).

Для нахождения вектора оценок параметра регрессии был использован Statistica 10.0 с имеющимися показателями а:

$$a = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 123,5675 \\ 0,043 \\ -1,0322 \\ -0,0047 \end{bmatrix}$$

Согласно представленным данным, факторы  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$  имеют обратную зависимость с переменной  $Y$ . Уравнение регрессии будет выглядеть следующим образом:  $Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3$ .

На основе данного уравнения регрессии можно оценить зависимость численности сельского и городского населения Челябинской области со средними материальными достатками в месяц от материальных достатков меньше значения прожиточного минимума, индекса потребительских цен и реальных среднедушевых доходов:  $Y' = 169,05681 + 0,00657 \times X_1 - 1,448244 \times X_2 - 0,00712 \times X_3$ .

Для оценки значимости коэффициентов  $a_1$ ,  $a_2$  и  $a_3$  в этом уравнении регрессии можно использовать Т-критерий Стьюдента:

$$t_{a_1} = a_1 / Sa_1 = 2,2459;$$

$$t_{a_2} = a_2 / Sa_2 = -3,1153;$$

$$t_{a_3} = a_3 / Sa_3 = -2,3248.$$

При данных показателях уровня значимости и степени свободы, таб. показатель критерия  $t_{табл} = 2,1788$  при степени свободы 12 и уровне значимости 0,05.

Гипотеза о незначимости коэффициентов  $a_1$ ,  $a_2$  и  $a_3$  отвергается, так как  $|t_{a_1}| = |2,2459| > t_{табл} = 2,1788$ ;  $|t_{a_2}| = |-3,1153| > t_{табл} = 2,1788$ ;  $|t_{a_3}| = |-2,3248| > t_{табл} = 2,1788$ .

Для получения эластичности и  $\beta$ -коэффициентов необходимо найти коэффициенты с помощью Statistica 10.0, так как коэффициенты регрессии не применяются по отношению к оценке влияния фактора на переменную. Полученные значения:  $\varepsilon_1 = 8,1186$ ,  $\varepsilon_2 = -11,5771$ ,  $\varepsilon_3 = -8,2286$ ,  $\beta_1 = 12,4635$ ,  $\beta_2 = -1,3742$ ,  $\beta_3 = -12,628$ .

Это означает, что при увеличении на 1% средними материальными достатками в месяц процентное значение жителей с материальными достатками меньше прожиточного минимума во всем количестве сельского и городского населения уменьшится на 8,2%. При увеличении индекса потребительских цен на 1%, численность бедного сельского и городского населения уменьшится на 11,6%. Кроме того, при увеличении данных доходов на 7593,327 рублей доля составит 49,89%, при увеличении индекса потребительских цен на 3,79% — уменьшится на 5,5%, при увеличении реальных среднедушевых доходов на 7097,8 руб. в месяц — уменьшится на 50,5%.

Прогнозирование имоделирование численности сельского и городского жителей с материальным достатком меньше прожиточного минимума Челябинской области показало тенденцию роста: в 2021 году — 14,1%, в 2022 году — 15,3%, что объясняется сложной экономической ситуацией в стране.

Проблема бедности сельского и городского населения обусловлена несколькими факторами. Одной из причин является инфляция, которая ведет к уменьшению количества сельскохозяйственной продукции, товаров и услуг, которые население может приобрести при сохранении прежних доходов. Кроме того, постпандемная реальность, проведение специальной военной операции также оказывают негативное влияние на финансовое положение населения.

Выделенная причина — низкая финансовая грамотность сельского и городского населения, является значимой. В России действует закон «О государственной социальной помощи» и различные государственные проекты, направленные на повышение уровня и качества жизни

Таблица 5. Распределение денежных доходов сельского и городского населения  
Table 5. Distribution of cash incomes of rural and urban populations

Показатель	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.	2021г.
Материальный достаток — всего, в том числе по 20-% группам жителей:	100	100	100	100	100
1	6,0	6,3	6,6	6,8	6,8
2	10,8	11,2	11,4	11,7	11,6
3	15,7	16,0	16,2	16,4	6,3
4	22,8	23,0	23,0	23,0	23,0
5	44,7	43,5	42,8	42,1	42,3
Коэффициент Джини	0,384	0,468	0,360	0,351	0,353
Коэффициент Лоренца	0,358	0,345	0,336	0,328	0,33
Децильный коэффициент градации достатка	7,45	6,905	6,485	6,191	6,221

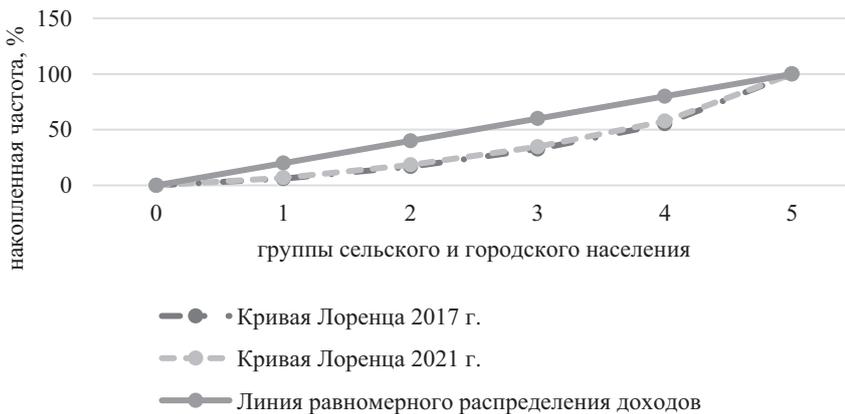


Рисунок 6. Кривая Лоренца в 2017 году и в 2021 году  
Figure 6. Lorenz curve in 2017 and 2021

Таблица 6. Размер МРОТ и прожиточного минимума в Челябинской области, руб.  
Table 6. Minimum wage and subsistence level in the Chelyabinsk region, rubles.

Показатель	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.	2021 г.
Прожиточный минимум, все жители	7809	9397	9286	9426	9495	10150
Трудоспособные жители	8358	10041	9936	10080	10151	10777
пенсионеры	6462	7752	7672	7798	7844	8341
дети	7946	9635	9556	9733	9869	10311
МРОТ	7630	8300	9200	9700	11163	11280

Таблица 7. Количество жителей округа, уровень достатка у которых меньше прожиточного минимума с 2016 года по 2021 год  
Table 7. The number of rural and urban population of the Chelyabinsk region with an income below the subsistence level from 2016 to 2021

	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.	2021 г.
Численность сельского и городского жителей с достатком меньше прожиточного минимума, тыс. чел.	408,3	480	483,2	461,3	446,8	445,2
в % от всего количества жителей	11,7	13,7	13,8	13,2	12,8	12,8
Недостаток материального достатка, млн. руб. в месяц	928,9	1230,2	1265,9	1204,5	1179,6	1241,2
в % от всего количества материального достатка жителей	1,2	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4



Таблица 8. Показатели, необходимые для прогноза численности сельских и городских жителей с материальным достатком меньше, в Челябинской области  
Table 8. Indicators necessary to forecast the number of citizens with income below the subsistence level in the Chelyabinsk region

Год	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
2006	24,5	3998	101,8	3927,3	108,5	600
2007	21,1	4820	102,3	4711,6	104,9	600
2008	14,9	6531	102,5	6371,7	108,3	720
2009	12,3	8613	103,1	8354	110,6	1100
2010	11,6	10637	110,9	9591,5	113,4	2300
2011	10,6	14028	112,8	12436,2	101,5	2300
2012	10,8	15215,1	108,6	14010,2	85,9	4330
2013	10,2	16821,1	109,7	15333,7	106	4330
2014	10,8	18459,9	108,3	17045,7	105,3	4611
2015	10,1	19816,5	106,3	18642	102,4	4611
2016	11,1	21971,2	105,4	20845,5	101,5	5205
2017	11,7	26069,7	109,9	23721,3	102,8	7630
2018	13,7	24653,7	112	22012,2	99,5	8300
2019	13,8	23656,9	104,9	22551,9	96,9	9200
2020	13,2	23719	102,3	23185,7	102,1	9700
2021	12,8	24385,6	103,5	23560,9	101,7	11163

где: Y — количество жителей с материальным достатком меньше величины прожиточного минимума, % от всего числа жителей; X<sub>1</sub> — средний материальный достаток, руб. в месяц; X<sub>2</sub> — индекс потребительских цен, %; X<sub>3</sub> — реальные среднедушевые доходы, руб. в месяц; X<sub>4</sub> — индекс физ. объема ВРП, %; X<sub>5</sub> — МРОТ, руб. в месяц.

Таблица 9. Результаты корреляционного анализа  
Table 9. Results of correlation analysis

	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
Y	1					
X <sub>1</sub>	-0,57236	1				
X <sub>2</sub>	-0,57695	0,324189	1			
X <sub>3</sub>	-0,55396	0,997045	0,256837	1		
X <sub>4</sub>	0,247079	-0,46795	-0,018878	-0,46331	1	
X <sub>5</sub>	-0,35004	0,921676	0,092748	0,936346	-0,45539	1

населения. Опубликовано «Стратегия повышения финансовой грамотности в РФ на 2017-2023г.», а в Челябинской области открыта площадка регионального центра финансовой грамотности для обучения основам финансово-поведения.

Введение таких мер позволяет повышать финансовую грамотность сельского и городского населения, что может корректировать поведение населения в условиях кризиса и улучшать финансовое положение.

Внедрение подобных мер позволяет улучшать финансовую грамотность сельского и городского населения, что может корректировать поведение населения в условиях экономических санкций и улучшать их финансовое положение.

**Выводы.** Формирование и развитие новых социально-экономических условий в РФ в этот

период способствуют системному преобразованию в экономике страны. В этой связи высокое качество и уровень жизни сельского и городского населения становятся основным критерием экономического развития регионов.

Качество и уровень жизни сельского и городского населения Челябинской области зависит от социально-экономического положения региона. При построении регрессионной модели и прогнозировании на 2024-2025 гг. отмечается тенденция к увеличению процентного соотношения жителей с материальным достатком меньше прожиточного минимума.

Однако, предложенные в исследовании направления могут способствовать актуализации рассматриваемой проблемы и улучшению уровня и качества жизни жителей Челябинской области.

**Список источников**

1. О государственной социальной помощи: Федеральный закон от 17.07.1999 N178-ФЗ (ред. от 24.07.2023г.) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_23735/212dcab3b2eld5482d195d4f456ed9212b05c35](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_23735/212dcab3b2eld5482d195d4f456ed9212b05c35) (дата обращения: 28.09.2023).
2. Об утверждении Стратегии повышения финансовой грамотности в Российской Федерации на 2017-2023 годы от 25.09.2017 N2039-р [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_278903/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_278903/)(дата обращения: 28.09.2023).
3. Антохова И.В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов: учебное пособие для вузов. М.: Юрайт, 2019. 203 с.
4. Тяпкина Т.Ю. Сущность понятия «качество жизни», «уровень жизни», основные показатели, критерии оценки // Сборник научных статей: Практика социальной работы: проблемы и перспективы. 2017. С. 139–148.
5. Государственные программы Российской Федерации. Официальный портал госпрограмм РФ [Электронный ресурс]. URL: [http:// programs.gov.ru/Portal](http://programs.gov.ru/Portal) (дата обращения: 28.09.2023).
6. Уровень жизни. Методологические пояснения [Электронный ресурс]. URL:[http://chelstat.gks.ru/standard\\_living?print=1](http://chelstat.gks.ru/standard_living?print=1)(дата обращения: 28.09.2023).
7. Федеральная служба государственной статистики — Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/>(дата обращения: 28.09.2023).
8. Челябинская область в цифрах — 2019-2021 гг. [Электронный ресурс]. URL: [http://chelstat.gks.ru/publication\\_collection/document/42480](http://chelstat.gks.ru/publication_collection/document/42480) (дата обращения: 28.09.2023).

**References**

1. On state social assistance: Federal Law of July 17, 1999 N178-FZ (as amended on July 24, 2023) [Electronic resource]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_23735/212dcab3b2eld5482d195d4f456ed9212b05c35](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_23735/212dcab3b2eld5482d195d4f456ed9212b05c35) (date of access: 09/28/2023).
2. On approval of the Strategy for Improving Financial Literacy in the Russian Federation for 2017–2023 dated September 25, 2017 N2039-p [Electronic resource]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_278903/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_278903/) (date of access: 09/28/2023).
3. Antokhova I.V. (2019). Methods for forecasting socioeconomic processes: a textbook for universities. Moscow, Yurayt, 203 p.
4. Tyapkina T.Yu. (2017). The essence of the concept of «quality of life», «standard of living», main indicators, evaluation criteria. Collection of scientific articles: Social work practice: problems and prospects, pp. 139-148.
5. State programs of the Russian Federation. Official portal of state programs of the Russian Federation [Electronic resource]. URL: [http:// programs.gov.ru/Portal](http://programs.gov.ru/Portal) (access date: 09/28/2023).
6. Standard of living. Methodological explanations [Electronic resource]. URL: [http://chelstat.gks.ru/standard\\_living?print=1](http://chelstat.gks.ru/standard_living?print=1) (access date: 09/28/2023).
7. Federal State Statistics Service [Electronic resource]. URL: <http://www.gks.ru/> (date of access: 09.28.2023).
8. Chelyabinsk region in numbers — 2019-2021 [Electronic resource]. URL: [http://chelstat.gks.ru/publication\\_collection/document/42480](http://chelstat.gks.ru/publication_collection/document/42480) (date of access: 09/28/2023).

**Информация об авторах:**

**Лысенко Юлия Валентиновна**, доктор экономических наук, профессор, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8173-4174>, [lysenkoyulia@mail.ru](mailto:lysenkoyulia@mail.ru)  
**Лысенко Максим Валентинович**, доктор экономических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0680-4478>, [dec\\_eib@mail.ru](mailto:dec_eib@mail.ru)  
**Калмакова Надежда Анатольевна**, кандидат экономических наук, доцент, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-0014-4862>, [nakalmakova@mail.ru](mailto:nakalmakova@mail.ru)  
**Дубынина Анна Валерьевна**, кандидат экономических наук, доцент, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-1190-4694>, [ann-file@mail.ru](mailto:ann-file@mail.ru)

**Information about the authors:**

**Yulia V. Lysenko**, doctor of economic sciences, Financial University under the Government of the Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8173-4174>, [lysenkoyulia@mail.ru](mailto:lysenkoyulia@mail.ru)  
**Maksim V. Lysenko**, doctor of economic sciences, associate professor, Saint-Petersburg State Forest Technical University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0680-4478>, [dec\\_eib@mail.ru](mailto:dec_eib@mail.ru)  
**Nadezhda A. Kalmakova**, candidate of economic sciences, associate professor, Financial University under the Government of the Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-0014-4862>, [nakalmakova@mail.ru](mailto:nakalmakova@mail.ru)  
**Anna V. Dubynina**, candidate of economic sciences, associate professor, Financial University under the Government of the Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-1190-4694>, [ann-file@mail.ru](mailto:ann-file@mail.ru)





## ФЕНОМЕН ДАЧИ С ПОЗИЦИИ КОНЦЕПЦИИ РЕЦИПРОКНОСТИ: ЭКОНОМИКО-СОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Н.А. Барышникова, Н.А. Киреева, И.О. Кузнецова, П.Л. Алтухов

Саратовская государственная юридическая академия, Саратов, Россия

**Аннотация.** Статья посвящена экономико-социологическому анализу феномена дачи с позиции концепции реципрокности в целях выявления потенциала дач в продовольственном обеспечении населения. Исследование осуществлено с помощью междисциплинарного подхода, сочетающего экономические и социологические методы для более полного решения поставленных задач. Эмпирический анализ позволил установить, что дача как традиционный для России социальный институт, место для загородного отдыха граждан, ведения садоводства и элемент субурбанизации играет значительную роль в продовольственном обеспечении домохозяйств. Доминирующей формой обмена продуктами питания, выращенными на даче, является дарообмен, осуществляемый по горизонтальным сетям на основе реципрокных взаимоотношений. Результаты социологического исследования подтверждают, что более половины респондентов делятся выращенными продуктами с родственниками и знакомыми безвозмездно. Учитывая низкий уровень потребления овощей, фруктов населением, сохраняющийся недостаточный уровень продовольственной независимости, вклад производства данных продуктов на дачных участках в наполнении продовольственного рынка оценивается как высокий. Это означает возможность обеспечения продовольственного суверенитета «снизу», путем более широкого участия мелких производителей в наполнении продовольственного рынка. Поэтому актуальной задачей является совершенствование мер поддержки государством института «дача» как одного из социальных стабилизаторов общества.

**Ключевые слова:** дача, экономика дара, реципрокные отношения, продовольственная безопасность, домохозяйство, социологический опрос

Original article

## THE PHENOMENON OF DACHA FROM THE PERSPECTIVE OF THE CONCEPT OF RECIPROCITY: ECONOMIC AND SOCIOLOGICAL ANALYSIS

N.A. Baryshnikova, N.A. Kireeva, I.O. Kuznetsova, P.L. Altukhov

Saratov State Law Academy, Saratov, Russia

**Abstract.** The article is devoted to the economic and sociological analysis of the phenomenon of dachas from the perspective of the concept of reciprocity in order to identify the potential of dachas in the food supply of the population. The research was carried out using an interdisciplinary approach combining economic and sociological methods for a more complete solution of the tasks. Empirical analysis has allowed to establish that the dacha, as a traditional social institution for Russia, a place for suburban recreation of citizens, gardening and an element of suburbanization, plays a significant role in the food supply of households. The dominant form of exchange of food grown in dachas is the exchange of gifts, carried out through horizontal networks based on mutual relations. The results of the sociological research confirm that more than half of the respondents share their grown products with relatives and friends free of charge. Taking into account the low level of consumption of vegetables and fruits by the population, the continuing insufficient level of food independence, the contribution of the production of these products in suburban areas to the filling of the food market is estimated as high. This means the possibility of ensuring food sovereignty «from below», through wider participation of small producers in filling the food market. Therefore, an urgent task is to improve state support measures for the dacha institute as one of the social stabilizers of society.

**Keywords:** dacha, gift economy, reciprocal relations, food security, households, sociological survey

**Введение.** Современная социально-экономическая ситуация в России определяет повышение роли домохозяйства как производительного экономического агента. Одним из способов, посредством которого индивиды участвуют в общественном производстве, является выращивание сельскохозяйственной продукции в личных подсобных хозяйствах и на дачных участках. Однако если масштабы, формы деятельности ЛПХ и тенденции их развития достаточно хорошо изучены, то в отношении дач и огородов, которыми владеют городские жители, этого сказать нельзя.

Традиционно под дачей понимается участок с домом в сельской местности (за городом). Владельцы участка (дачники) — это люди, постоянно проживающие в городе и проводящие на даче какое-то время (начиная от поездок только на выходные и заканчивая проживанием в течение всего сезона). Причины, по которым горожане приобретают дачи, весьма разнообразны — это и желание получить собственное место отдыха, и стремление выращивать экологически чистые овощи и фрукты, трудясь на свежем воздухе, и даже инвестиционные мотивы. Но какова же иерархия перечисленных причин владения

дачным участком у современного россиянина? Насколько дача может выполнять функцию поставщика продуктов питания? Как соотносятся различные способы использования произведенных на даче продуктов (потребление домохозяйством, рыночный обмен или дарообмен, то есть реципрокные взаимоотношения) и каков, в конечном итоге, потенциал дач в обеспечении продовольственной безопасности отдельного домохозяйства и страны в целом? Чтобы ответить на данные вопросы, возможностей одной науки явно недостаточно. Необходим междисциплинарный подход к исследованию, который и постарайтесь реализовать авторы статьи.

**Теоретический анализ.** В современных научных исследованиях дачи (в различных контекстах) являются относительно редким объектом, что во многом определяется многоаспектностью темы, требующей не моно-, а мультидисциплинарного подхода к исследованию.

Дачи как один из элементов современных российских агломераций, окружающий практически все крупные и средние города России исследуются, прежде всего, в контексте урбанизации и субурбанизации представителями географической науки. К наиболее авторитетным

ученым относятся Т.Г. Нефедова, А.И. Трейвиш (Институт географии РАН, Москва), А.Г. Махрова, А.В. Русанов (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова). В их работах детально изучены сущность и роль дач в общественной жизни, эволюция дач и дачных сообществ, специфика урбанизации и субурбанизации в России, типология дач и многие другие проблемы [1, 2, 3, 4]. Большинство исследователей сходятся во мнении, что дачи как сезонное жилье имеют длительную историю в России, на протяжении которой происходила трансформация этого социального института.

Немногочисленные исследования ученых-экономистов направлены, главным образом, на изучение различных сторон экономических отношений, возникающих в процессе владения гражданами дачными участками. Так, Л.А. Овчинцева исследует экономическое значение и социальную роль садовых товариществ [5], Е.В. Мацквичичене рассматривает вопросы отражения в бухгалтерском учете денежных поступлений садовых товариществ [6], ряд ученых изучают вопросы оценки стоимости садовых участков.

Не обходят вниманием проблему дач и представители юридической науки, всесторонне



исследуя правовое регулирование садоводства и огородничества. Так, В.В. Устюкова (Институт государства и права РАН) справедливо отмечает, что несмотря на то, что действует Федеральный закон от 29.07.2017 г. № 217-ФЗ «О ведении гражданами садоводства и огородничества для собственных нужд и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», в отечественном законодательстве нет четкого определения дачи как собирательного понятия для места загородного отдыха граждан на предоставленном им земельном участке [7]. Е.И. Ефимова (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова) исследует правовые коллизии, возникающие при применении законодательства, регулирующего садоводство и огородничество, вопросы дачной амнистии, проблемы налогообложения дачных земельных участков [8, 9, 10].

Контекст настоящего исследования (концепция реципрокности) задается экономической социологией, а наиболее масштабные исследования реципрокных отношений осуществлялись представителями экономической и социологической науки. Из зарубежных ученых следует выделить Карла Поланы, одного из основоположников экономической антропологии, идеи которого оказали огромное влияние на развитие наук об обществе. Изучая эволюцию принципов экономической организации, Полани приходит к выводу, что до 19 века социальные принципы преобладали над рыночными нормами, и одним из них являлся принцип дарообмена, регулируемого социальными нормами, т.е. реципрокности [11].

В отечественной социологии проблемы реципрокности рассматривает С.Ю. Барсукова, четко обозначившая функции горизонтального обмена дарами и определившая различия реципрокности и товарного обмена [12]. В качестве ключевых различий она выделяет форму обмена (продажа — дарение), специфику отношений субъектов (обезличенные сделки — стабильные социальные отношения), способ построения сети обмена (экономический — социальный), цель обмена (получение прибыли — выживание сообщества), договоренность сторон о плате (четкая, ясная — нечеткая, определяемая культурным контекстом). Именно работы С.Ю. Барсуковой были использованы авторами в качестве теоретического базиса исследования.

*Цель нашего исследования* — осуществить экономико-социологический анализ дач с позиции концепции реципрокности на примере Саратовской области, определить, каково соотношение рыночного и нерыночного обменов в процессе производства и распределения продукции, производимой на дачных участках, и, тем самым, выявить потенциал дач в продовольственном обеспечении населения и их роль в будущей трансформации агропродовольственной политики Российской Федерации.

Объектом исследования выступает дача — социально-экономический институт, система экономических отношений в сфере владения дачным участком (участком для садоводства/огородничества), производства сельскохозяйственной продукции на нем, ее обмена и потребления. Предмет исследования — рыночная и нерыночная формы обмена произведенной на дачном участке продукцией, их мотивы и соотношение, роль дач в обеспечении продовольственной безопасности на различных уровнях (домохозяйство-местное сообщество-регион-страна).

Методы, использованные авторами в настоящем исследовании, можно разделить на общенаучные (анализ и синтез, сравнительный,

экспертный) и специальные. Специальные методы включают методы экономических (расчетно-статистический) и социологических исследований (опрос в виде анкетирования).

**Эмпирический анализ.** Как отмечалось выше, дача представляет собой традиционный для России социальный институт, собирательное название места для загородного отдыха граждан и ведения садоводства, огородничества и дачного хозяйства в поселениях, расположенных на специально отведенных для этих целей землях. С географической точки зрения дача в нашей стране — элемент сурбанизации, имеющий преимущественно сезонный характер.

Юридический статус дачи, дачного участка установлен Федеральным законом от 29.07.2017 г. № 217-ФЗ «О ведении гражданами садоводства и огородничества для собственных нужд и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». В соответствии с законом, вместо понятия «дачный участок» употребляются термины «садовый земельный участок» и «огородный земельный участок». Различие между ними заключается в том, что в садоводческих товариществах на участках допускается строить жилые, садовые дома и хозяйственные постройки, а в огороднических — только хозяйственные постройки.

Сколько дач и дачных участков существует сегодня в России? К сожалению, получить точный ответ на этот вопрос не представляется возможным. По результатам последней Всероссийской сельскохозяйственной переписи, проходившей 7 лет назад, на 1 июля 2016 года в России насчитывалось 75945 некоммерческих объединений граждан, в том числе 67303 садоводческих, 2818 огороднических, 5824 дачных объединения. Больше половины объединений сосредоточены в двух федеральных округах: Центральном (35% всех объединений) и Приволжском (20%). Количество земельных участков в некоммерческих объединениях граждан всего по стране составляло 12792,9 тыс. ед., 92% из которых — это садоводческие участки. Часть граждан имеет земельные участки (садовые, огородные, дачные), но не входит в некоммерческие объединения. На 1 июля 2016 года по России таких насчитывалось 447,1 тысяч, из которых 185,2 тысяч находилось в городских округах и городских поселениях.

По данным Союза садоводов России, более 21 млн. семей имеет садовые, дачные, огородные участки, а общее количество садоводов в России составляет более 60 миллионов человек. Дачники объединены в 87 тыс. садоводческих объединений и обрабатывают 1 млн 115 тыс. га земель [13]. А.И. Трейвиш из Института географии РАН пишет о количестве дач 17-20 млн, включая садоводческие и огородные участки [2].

По разным оценкам дачи имеют как минимум треть всех домохозяйств в стране. Согласно исследованию Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ) об использовании российскими горожанами загородной недвижимости (2022) 43% жителей российских городов имеют в собственности или арендуют загородную недвижимость: дача для сезонного проживания есть у 17% горожан, загородный дом для круглогодичного проживания есть у 16%, земельный участок — у 12% горожан (а в небольших городах — у каждого пятого). Таким образом, не имеют никакой загородной недвижимости и не берут ее в аренду 57% [14]. Результаты ВЦИОМ показывают, что с 2005 по 2022 годы основное назначение дачного участка существенно не изменилось: 70% дачников используют дачу для выращивания

сельхозпродуктов для семейного потребления (в 2005 г. — 72%), среди жителей небольших городов — 82%. Треть горожан, имеющих дачу, ездит туда преимущественно для развлечения и отдыха (33%), почти столько же используют дачу с целью эстетического досуга — сажают цветы, разбивают клумбы и газоны (30%). Для коммерческих целей загородная недвижимость в России практически не используется: только 3% выращивают продукты для продажи, еще меньшая доля сдает в аренду (1%).

Таким образом, главное назначение дачи для большинства россиян — выращивание овощей, фруктов и ягод для собственного потребления. Согласно данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года, удельный вес садоводческих, огороднических и дачных объединений граждан, осуществлявших сельскохозяйственную деятельность, в среднем по России составлял 89%.

Дача как специально отведенный земельный участок для ведения садоводства и огородничества имеет ряд характерных черт, которые в значительной степени отличают ее от других производительных единиц.

Выращивание овощей, фруктов и ягод на дачном участке не преследует цели максимизации прибыли, а выращенные продукты потребляются не только внутри семьи и продаются на рынках, но и распределяются безвозмездно по горизонтальным сетям, т.е. среди родственников, соседей и друзей. В последнем случае они не являются товаром, а участвуют в обмене в качестве «дара». Таким образом, формируется особый тип социального взаимодействия, основанный на нерыночных принципах — взаимный обмен дарами или реципрокное взаимодействие. Неотъемлемым атрибутом «дара» являются обусловившие его переход «из рук в руки» социальные отношения между дарителем и одариваемым, от которых зависит цель дарения (оказать внимание, сформировать репутацию, поддержать социальные контакты и т.д.).

Соотношение рыночного обмена и реципрокных отношений не однозначно. С одной стороны, реципрокность можно противопоставить рыночному обмену, так как дар не является товаром и не имеет конкретной цены, которая должна быть за него уплачена сразу после акта дарения. Но, с другой стороны, человек, одаривая излишками продукции родных и знакомых, ожидает получить что-то нематериальное взамен; он осуществляет (незримо и негласно) сравнение выгод и издержек дарения и стремится соблюсти их баланс. Таким образом, чистый альтруизм для реципрокных отношений, как правило, не характерен [12].

В Саратовской области по данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года число садоводческих, огороднических и дачных объединений граждан на 1 июля 2016 года составляло 2143 ед., в том числе садоводческих — 2106 ед. (98% всех объединений), огороднических — 21 ед., дачных — 16 ед. Из них осуществляли сельскохозяйственную деятельность 92,3%. Количество земельных участков в некоммерческих объединениях граждан составляло 240,8 тысяч, в том числе в садоводческих — 237,5 тысяч (98% всех объединений), огороднических — 0,8 тысячи, дачных — 2,5 тысяч. Сопоставляя эти данные с количеством домохозяйств Саратовской области (1,1 млн домохозяйств по данным Всероссийской переписи населения 2020 года), можно сделать вывод о том, что как минимум каждая пятая семья имеет в собственности или арендует дачный участок.





В целях изучения общественного мнения граждан относительно феномена дачи и вовлеченности дачников в отношения дарообмена, среди жителей двух самых крупных городов Саратовской области (г. Саратова — областного центра и г. Энгельса — районного центра), имеющих в своем владении дачные участки, был проведен социологический опрос. Опрос проводился в августе 2023 года. Участниками исследования стали 98 респондентов в возрасте от 18 лет (табл. 1).

Распределение участников опроса по возрастным категориям свидетельствует о том, что владельцами дачных участков в основном являются лица в возрасте более 45 лет, с преобладанием в этой группе лиц, достигших предпенсионного и пенсионного возраста. При этом, владельцами дачных участков более 15 лет являются 62,7% участников опроса.

В большинстве случаев размеры дачного участка составляют от 4 до 8 соток (до 4 соток — 39,2%, от 5 до 8 соток — 43,2%, свыше 8 соток — 17,6%). В 90% случаев на дачном участке имеется жилой дом, а также хозяйственные постройки.

У 49% участников опроса дачный участок находится на расстоянии 6-15 км от дома, у 2% — на расстоянии 5 км от дома (рис. 1). По мнению респондентов, именно эти варианты расположения участка являются наиболее удобными и приемлемыми для возможности использовать для поездки на дачу не только собственный автомобиль, но и общественный транспорт.

Время проживания на даче в течение года зависит от возраста респондентов. 41,2% респондентов, в основном представители возрастной группы от 31 до 60 лет, приезжают на дачу только по выходным. 39,2% респондентов, в основном, лица пенсионного возраста (старше 60 лет), проживают на даче в течение всего дачного сезона.

Отдельный вопрос касался назначения дачного участка и основных целей его использования. Для 72,5% респондентов дача, в первую очередь, является местом для отдыха всей семьи. Также популярным вариантом ответа явилось использование загородного участка как места активного отдыха, «трудотерапии» на свежем воздухе (62,7%). 49% участников опроса используют дачу с целью выращивания экологически чистых продуктов. 4% рассматривают дачу как источник материальной выгоды. Таким образом, примерно половина дачников использует дачный участок для обеспечения семьи овощами, фруктами и ягодами, что означает, что дача может выполнять функцию поставщика продуктов питания для домохозяйств. При этом 52,9% респондентов выращивают овощи, фрукты, ягоды в количестве, необходимом для текущего потребления и зимних заготовок (рис. 2). 39,2% участников опроса ограничивают количество выращиваемой продукции только текущими потребностями семьи, исключая для себя необходимость заготовок на зимний период. И только 3,9% дачников допускают возможность выращивания продукции на

продажу. Отметим, что указанный ответ, в основном, присутствует в группе респондентов в возрасте старше 60 лет, со среднедушевым доходом от 25 до 40 тысяч рублей.

Рассматривая вовлеченность дачников в реципрокные отношения, можно отметить, что только 4% респондентов не считают нужным делиться с кем-либо выращенной на дачном участке продукцией. 4% сообщили, что делиться им нечем. 55,9%, напротив, готовы поделиться урожаем, руководствуясь желанием сделать приятное, оказать внимание своим родственникам и знакомым, при этом, ничего не требуя взамен.

19,6% делятся выращенной продукцией, желая помочь своим детям и обеспечить их свежими овощами и зимними заготовками. Отметим, что этот ответ в основном характерен для респондентов пенсионного возраста (в возрасте старше 60 лет).

7,8% участников опроса считают себя обязанными перед родственниками, в связи с чем делятся с ними своим урожаем. 5,9% делятся в силу желания прослыть щедрым человеком. 3%, разделяя выращенное с родственниками и знакомыми, рассчитывают на ответные услуги.

Сопоставляя различные способы использования произведенных на даче продуктов, следует констатировать, что подавляющая часть респондентов так или иначе вступает в отношения дарообмена, делясь произведенными продуктами с детьми, другими родственниками, друзьями и знакомыми. Таким образом, в процессе производства и распределения овощей, фруктов и ягод, выращенных на дачном участке, нерыночный обмен безусловно доминирует над рыночным. Так как половина граждан в качестве одной из целей владения дачным участком считает выращивание экологически чистой продукции, можно заключить, что дачи играют роль поставщика продуктов для многих домохозяйств (как минимум, в летний период).

Оценивая дальнейшие перспективы существования и социальной роли института «дача», 59,4% участников опроса предположили, что в будущем количество владельцев дач будет увеличиваться, а дачные поселки будут разрастаться. При этом, по мнению 27,5%, постепенно дачи будут утрачивать роль дополнительного источника продуктов питания и дохода семьи, и все более будут использоваться как места для активного отдыха.

**Роль дач в обеспечении продовольственной безопасности.** Учитывая, что основными видами продукции, производимыми на дачных участках, являются овощи, фрукты и ягоды, выдвинем и докажем гипотезу, что дачи имеют значительный потенциал в обеспечении продовольственной безопасности как отдельного домохозяйства, так и страны в целом. Это утверждение опирается на статистический анализ тенденций в развитии данных секторов российского растениеводства, который свидетельствует о существовании проблем как в уровне самообеспечения, так и в уровне потребления населением данных продуктов.

Указанные отрасли сельского хозяйства имеют свою специфику, обусловленную высокой трудоемкостью и капиталоемкостью производства. При выращивании многих видов продукции практически невозможно использовать механизированный труд. Овощи и фрукты — скоропортящиеся виды продукции, отсюда возникает целый ряд проблем с перевозкой, хранением, переработкой. Производство овощей и бахчевых в РФ более чем за 20-летний период увеличилось всего на треть, а фруктов и ягод — в 1,6 раза (рис. 3).

Таблица 1. Распределение участников опроса по социально-демографическим группам  
Table 1. Distribution of survey participants by socio-demographic groups

Гендерное распределение	мужчины		женщины	
	41,5%		58,5%	
Распределение по возрастным группам	18-30	31-45	46-60	46-60
	5,9%	25,5%	29,4%	39,2%
Распределение по среднедушевому доходу	до 15 000 руб.	от 15001 до 25000 руб.	от 25001 до 40000 руб.	свыше 40000 руб.
	7,8%	21,6%	39,2%	31,4%
Распределение по уровню образования	неполное среднее	среднее, среднее профессиональное	высшее	с ученой степенью
	2%	35,3%	49%	13,7%

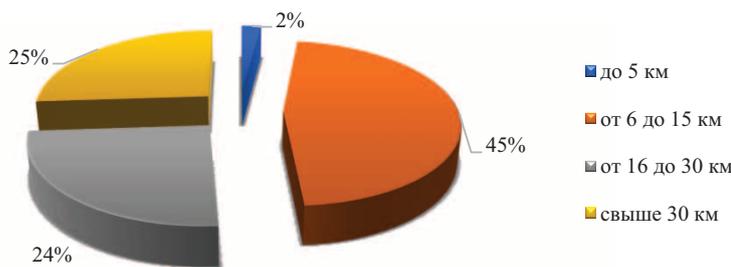


Рисунок 1. Распределение дачных участков по расстоянию до дома, %  
Figure 1. Distribution of dachas by distance to the house, %

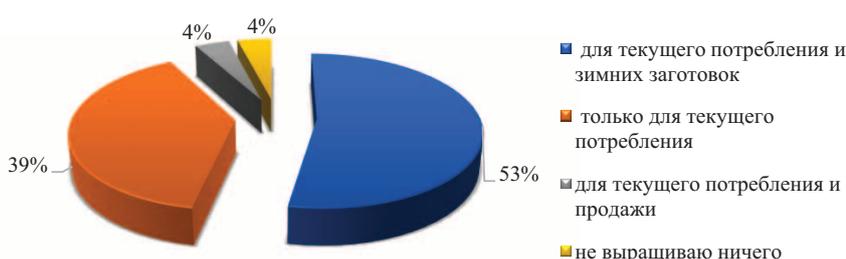


Рисунок 2. Использование респондентами выращенной на дачном участке продукции  
Figure 2. Respondents use of products grown on the dacha



За анализируемый период импорт овощей и бахчевых сократился, а фруктов и ягод — увеличился в 2,5 раза. Уровень самообеспечения (отношение отечественного производства к ресурсам) по овощам и бахчевым культурам за весь период 1990-2021 гг. находился на уровне 60%, а по фруктам и ягодам — еще ниже, достигая в отдельные годы 22%. Согласно же Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации пороговые значения продовольственной независимости по овощам и продовольственным бахчевым установлены на уровне 90%, фруктам и ягодам — 60%. Государственные меры поддержки развития овощеводства и садоводства привели к положительным результатам роста отечественной продукции в 2021-2022 гг., однако данного объема ресурсов недостаточно для достижения продовольственной независимости.

Следует отметить, что существенной нерешенной проблемой является не только импортозамещение готовой продукции, но и импортозамещение по всей производственной цепочке производства данных видов продукции, так как в результате введения санкций ограничен доступ к импортным семенам, саженцам, удобрениям и средствам защиты растений.

Анализ структуры производства картофеля, овощей, фруктов, ягод свидетельствует, что подавляющая часть этих продуктов производится малыми формами хозяйствования, причем более половины — в хозяйствах населения (рис. 5).

Потребление данных видов продуктов существенно отстает от рациональных норм потребления. Так, степень достижения рациональных норм потребления по овощам в 2021 г. составила 74%, по фруктам и ягодам — всего 63% (рис. 6).

Потребление овощной продукции, фруктов, ягод не может быть обеспечено полностью только за счет отечественного производства. Ограничения на поставки данной продукции на российский рынок в условиях санкций обостряют проблему обеспечения ее физической и экономической доступности. В условиях сохраняющегося значительного уровня бедности населения, существенной дифференциации доходов по социальным группам рост цен снижает экономическую доступность продуктов. На графике приведена динамика роста цен на некоторые виды овощей и фруктов, картофель в РФ (рис. 7). Начиная с 2000 г. цены на картофель выросли к 2022 г. в 6 раз, свежую капусту и лук — более чем в 5 раз, яблоки — в 4,6 раза.

Как видно на графике, периоды кризисных ситуаций в экономике России демонстрируют и всплеск цен.

На взгляд авторов, учитывая тенденции в развитии данного сектора аграрной экономики, низкий уровень потребления овощей, фруктов как ценных продуктов питания в рационе россиян, сохраняющийся недостаточный уровень продовольственной независимости, вклад производства данных продуктов на дачных участках сохранит свою роль в наполнении продовольственного рынка. Такая тенденция будет укладываться в общую концепцию усиления продовольственного суверенитета «снизу», подразумевающего широкое участие мелких производителей в наполнении продовольственного рынка.

Барсукова С. еще в 2016 г., анализируя трансформацию российского концепта продовольственной безопасности, писала, что концепция продовольственного суверенитета снизу «... будучи жива в практиках хозяйствования на личных подсобных участках и дачах, критикуется как «анахронизм», не допускаясь в официальный дискурс. О движении Via Campesina, популярном в Латинской Америке и Европе,

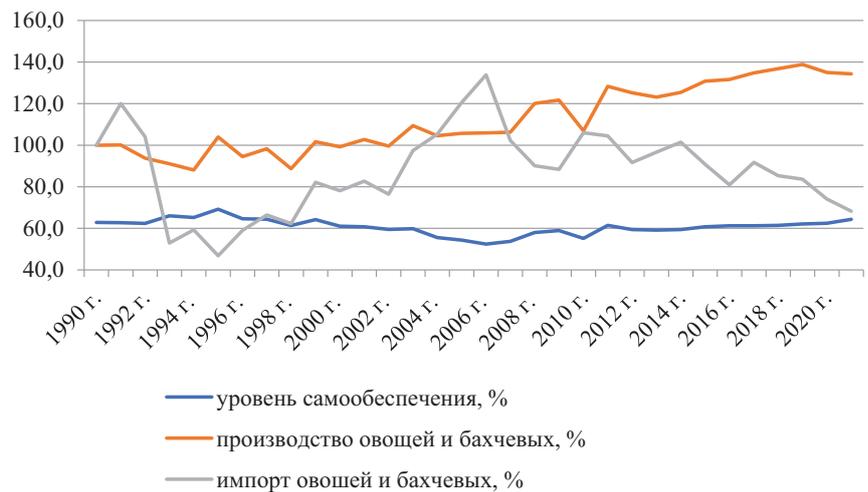


Рисунок 3. Динамика производства, импорта (в % к 1990 г) и уровня самообеспечения по овощам и бахчевым культурам в РФ [15]

Figure 3. Dynamics of production, imports (in % by 1990) and the level of self-sufficiency in vegetables and melons in the Russian Federation [15]

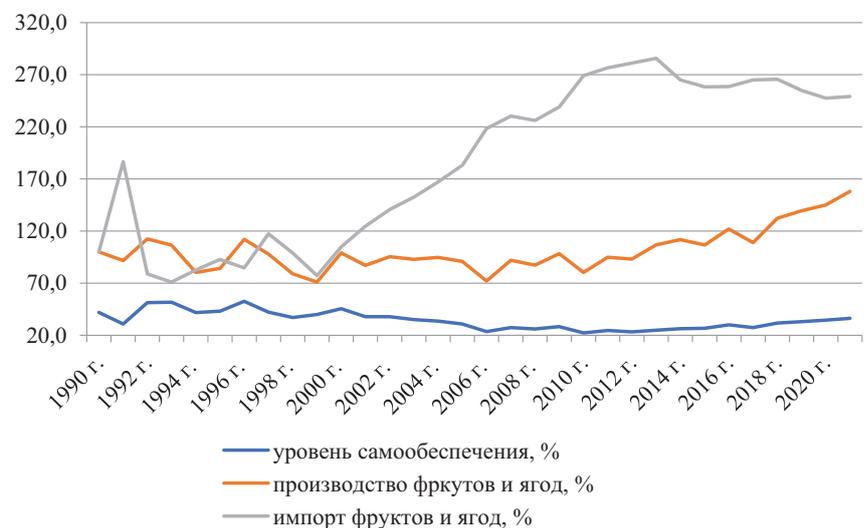


Рисунок 4. Динамика производства, импорта (в % к 1990 г) и уровня самообеспечения по фруктам и ягодам в РФ [16]

Figure 4. Dynamics of production, imports (in % by 1990) and the level of self-sufficiency in fruits and berries in the Russian Federation [16]

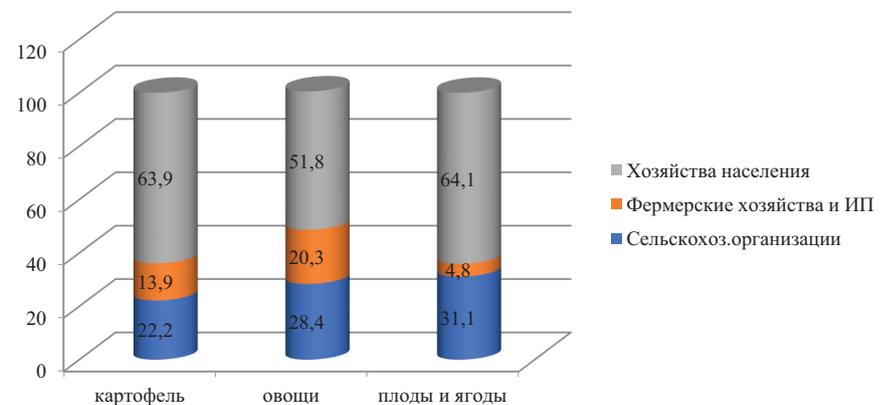


Рисунок 5. Структура производства картофеля, овощей, фруктов по категориям хозяйств в РФ в 2021 г. (%) [17]

Figure 5. The structure of potato, vegetable, and fruit production by category of farms in the Russian Federation in 2021 (%) [17]





Рисунок 6. Потребление овощей, продовольственных бахчевых, фруктов и ягод в % к рациональной норме потребления в РФ [18]  
 Figure 6. Consumption of vegetables, food melons, fruits and berries in % of the rational consumption rate in the Russian Federation [18]

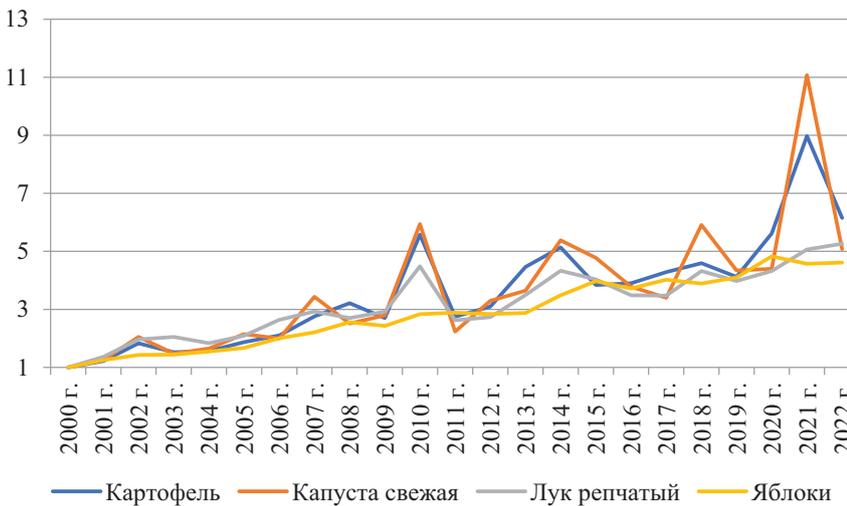


Рисунок 7. Динамика средних потребительских цен на некоторые виды овощей и фруктов в РФ [19]  
 Figure 7. Dynamics of average consumer prices for some types of vegetables and fruits in the Russian Federation [19]

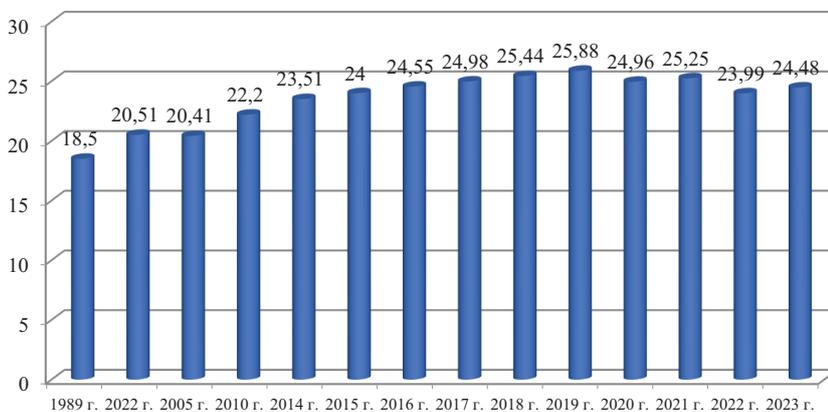


Рисунок 8. Доля населения России в возрасте старше трудоспособного, в % к общей численности населения [22]  
 Figure 8. The share of the Russian population over the age of able-bodied, in % of the total population [22]

в России мало кто знает» [20]. Как показал анализ, наполнение продовольственного рынка «снизу» особенно важно в условиях нарушения макроэкономической стабильности, усиления неопределенности, что напрямую отражается на экономическом поведении населения, которое старается своими силами обеспечить продовольственный суверенитет.

На наш взгляд, роль института «дача» в ближайшем будущем не утратит свое значение, учитывая демографические особенности в РФ. Более четверти населения России находится в возрасте старше трудоспособного (рис.8). Как представляется, именно данная демографическая группа россиян дает импульс к развитию реципрокных отношений, обеспечивая свои семьи, детей, родственников продуктами питания, и действительно формирует сеть «...служащую мощным социальным амортизатором в ситуации атрофии иных механизмов поддержки» [21]. Данное положение подтверждается и результатами проведенного социологического опроса — почти пятая часть респондентов делится выращенной продукцией, желая помочь своим детям. и в основном это представители старшей возрастной группы.

**Выводы.** Результаты экономико-социологического анализа феномена «дача» позволяют сделать вывод о том, что данный социальный институт сохранит свою значимость в будущем и как дополнительный важнейший поставщик продуктов питания (в том числе экологически чистых), и как место отдыха всей семьи, «трудотерапии» на свежем воздухе. Более половины респондентов выращивают продукты для текущего потребления и заготовок, при этом подавляющая часть дачников вовлечена в реципрокные отношения. Именно социальный институт «дача», как неотъемлемый элемент домашнего хозяйства, переводит конкретные отношения на реципрокную основу. Дачи встраиваются в горизонтальную интеграцию, формами которой являются «реципрокность, перераспределение и обмен», о которых писал Поланьи [23]. «Реципрокность доминирует каждый раз, когда мотив прибыли или концентрация ресурсов в центре утрачивают актуальность» [21]. Именно это характерно для института «дача».

Таким образом проведенное исследование подтверждает выдвинутую авторами гипотезу — дачи имеют значительный потенциал в обеспечении продовольственной безопасности как отдельного домохозяйства, так и страны в целом. Поэтому важнейшей задачей государственной экономической политики является решение проблем продовольственной безопасности в контексте использования всех источников, в том числе за счет развития садоводства, огородничества, решения проблем дачников.

Несмотря на ряд мер по поддержке ведения садоводства и огородничества органами государственной власти и органами местного самоуправления, предусмотренных современным законодательством [24], дачники сталкиваются с огромным кругом проблем, связанных с транспортом, газификацией, уборкой мусора, дорогами и т.д. Дачники — не горожане, не селяне, отсюда сложность в решении данных проблем на уровне государственной и муниципальной власти. Если рассмотреть феномен «дача» с институциональных позиций, то можно констатировать, что именно неформальные институты (социальные нормы, традиции, обычаи) сформировали институциональную среду «дачезации» в России. Исторический путь данного процесса наглядно иллюстрирует конфликт между быстрым изменением формальных институтов и эволюционным развитием социальных институтов.



Поэтому, действительно, актуальной задачей является совершенствование мер поддержки института «дача» именно не с позиций «анакронизма», а с позиций социального стабилизатора.

#### Список источников

1. Аверкиева К.В., Нефедова Т.Г. Дачная «колонизация» российской глубинки. Пример Костромской области // Мир России. Социология. Этнология. 2016. Т. 25, № 1. С. 103-128.
2. Трейвиш, А.И. «Дачеведение» как наука о втором доме на Западе и в России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014. № 4. С. 22-32.
3. Махрова А.Г., Нефедова Т.Г., Медведев А.А. Садовые дачные поселки горожан в системе сельского расселения // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2016. № 2. С. 64-74.
4. Русанов А.В. Эволюция дачного расселения Подмосковья как элемент российской субурбанизации // Проблемы региональной экологии. 2014. № 6. С. 127-133.
5. Овчинцева Л.А. Экономическое значение и социальная роль садовых товариществ // Региональная экономика: теория и практика. 2012. № 3 (234). С. 50-55.
6. Мацявявичене Е.В. Как дела на даче? // Бухгалтерский учет. 2011. № 1. С. 83-88.
7. Устюкова В.В. Дачное хозяйство // Общественно-научный интерактивный энциклопедический портал «Знания». 2022. № 12. DOI 10.54972/00000001\_2022\_12\_35.
8. Ефимова Е.И. О продлении дачной амнистии: проблемы применения // Экологическое право. 2021. № 4. С. 23-26.
9. Ефимова Е.И. О налогообложении земельных участков и дачного имущества в Москве и Московской области // Экологическое право. 2021. № 3. С. 21-25.
10. Ефимова Е.И. Федеральный закон о садоводстве и огородничестве граждан для собственных нужд: предыстория, новации, оценки // Экологическое право. 2019. № 2. С. 3-7.
11. «Великая трансформация» Карла Поланьи: прошлое, настоящее, будущее / под общ. ред. проф. Р.М. Нуреева; Гос. ун-т — Высшая школа экономики. М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2006. 406 с.
12. Барсукова С.Ю. Реципрокные взаимодействия. Сущность, функции, специфика // Социологические исследования. 2004. № 9(245). С. 20-30.
13. Официальный сайт Союза садоводов России. URL: <http://souzсадovodov.ru/userfiles/souzсадovodov2018.pdf> (дата обращения 10.07.2023)
14. Аналитический обзор «Дача и как мы ее используем». URL: <http://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/dacha-i-kak-my-ee-ispolzuem> (дата обращения 10.07.2023)
15. Ресурсы и использование овощей и продовольственных бахчевых культур. URL: <http://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/vegetables.xls> (дата обращения 01.08.2023).
16. Ресурсы и использование фруктов и ягод. URL: <http://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/fruit.xls> (дата обращения 01.08.2023).
17. Структура производства основных продуктов растениеводства по Российской Федерации (по категориям хозяйств). URL: [http://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/str\\_val\\_kat.xls](http://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/str_val_kat.xls) (дата обращения 01.08.2023).
18. Потребление основных продуктов питания по Российской Федерации. URL: <http://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/potr-RF.xls> (дата обращения 01.08.2023).
19. Средние потребительские цены на отдельные виды товаров и услуг по Российской Федерации (в 1991-2022 гг.). URL: <http://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/>

#### Информация об авторах:

- Барышникова Наталья Анатольевна**, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6645-8212>, nvas\_2000@mail.ru
- Киреева Наталья Аркадьевна**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9410-5190>, natalakireeva1@yandex.ru
- Кузнецова Ирина Олеговна**, ведущий научный сотрудник Лаборатории социологических исследований и изучения общественного мнения, [kuznetsova5555@yandex.ru](mailto:kuznetsova5555@yandex.ru)
- Алтухов Павел Леонидович**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0053-2889>, plalt@mail.ru

#### Information about the authors:

- Natalia A. Baryshnikova**, candidate of economic sciences, associate professor, leading researcher of the research department, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6645-8212>, nvas\_2000@mail.ru
- Natalia A. Kireeva**, doctor of economic sciences, professor, professor of the department of economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9410-5190>, natalakireeva1@yandex.ru
- Irina O. Kuznetsova**, candidate of sociological sciences, associate professor, leading researcher at the laboratory of sociological research and public opinion research, [kuznetsova5555@yandex.ru](mailto:kuznetsova5555@yandex.ru)
- Pavel L. Altukhov**, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0053-2889>, plalt@mail.ru





Научная статья  
УДК 35.078.5 + 631.16  
doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_178

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГОСПОДДЕРЖКИ АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОГО РУБЛЯ

**Р.Г. Мальсагова**

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,  
Институт цифровых финансов, Москва, Россия

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования направлений совершенствования механизма поддержки российских сельскохозяйственных предприятий со стороны государства. Целью исследования является выявление и оценка преимуществ направлений совершенствования господдержки аграрных предприятий в условиях внедрения цифрового рубля. К методам исследования относятся контент-анализ, синтез, обобщение, классификация, сопоставление, нормативно-правовой метод, статистический метод. Несмотря на достижение некоторых результатов в области реализации программ импортозамещения в условиях антироссийских санкций, Россия до сих пор имеет зависимость от импортных товаров, что диктует необходимость реализации различных государственных программ развития сельского хозяйства, включающих разнообразные меры поддержки. Результаты аудита эффективности, проводимого Счетной палатой, свидетельствуют о наличии неэффективного использования бюджетных средств, неправомерного предоставления субсидий и грантов сельхозпроизводителям, в том числе с признаками причинения ущерба экономическим интересам государства. Для решения данных проблем в статье предложено использование технологии блокчейн и цифрового рубля как инструментов контроля при использовании бюджетных средств получателями господдержки в аграрном секторе. Данное предложение позволит обеспечить следующие преимущества для государства: упростит порядок отслеживания направлений использования бюджетных средств, так как история операций с каждым цифровым рублем фиксируется и учитывается; снизит процент операционных ошибок и роли человеческого фактора при исполнении сделок; сократит ненужный документооборот. Для внедрения цифрового рубля в бюджетный процесс при получении господдержки сельхозпроизводителей необходимо изменение соответствующего законодательства; совершенствование информационных систем и процессов; проведение масштабной разъяснительной работы в области преимуществ использования цифрового рубля с бизнес-сообществом и гражданами, с сельхозпроизводителями, уже получающими государственную поддержку, а также принимающими участие в госзакупках.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, аграрный сектор, сельхозпроизводители, господдержка, государственная поддержка, субсидии, цифровой рубль, блокчейн

**Благодарности:** исследование выполнено при поддержке Финансового университета при Правительстве Российской Федерации в рамках государственного задания.

Original article

## IMPROVING STATE SUPPORT FOR AGRICULTURAL ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF THE INTRODUCTION OF THE DIGITAL RUBLE

**R.G. Malsagova**

Financial University under the Government of the Russian Federation,  
Institute of Digital Finance, Moscow, Russia

**Abstract.** The article presents the results of research of ways to improve the mechanism of support of Russian agricultural enterprises by the state. The purpose of the study is to identify and evaluate the advantages of improving the state support of agricultural enterprises in the context of the introduction of the digital ruble. The research methods include content analysis, synthesis, generalization, classification, comparison, regulatory method, statistical method. Despite the achievement of some results in the implementation of import substitution programs under the conditions of anti-Russian sanctions, Russia still has dependence on imported goods, which dictates the need to implement various state programs for the development of agriculture, including a variety of support measures. The results of the efficiency audit conducted by the Accounts Chamber indicate the presence of inefficient use of budget funds, illegal provision of subsidies and grants to agricultural producers, including with signs of damage to the economic interests of the state. To solve these problems, the article suggests the use of blockchain technology and the digital ruble as control tools when using budget funds by recipients of state support in the agricultural sector. This proposal will provide the following benefits for the state: it will simplify the procedure for tracking the use of budget funds, since the history of transactions with each digital ruble is recorded and taken into account; it will reduce the percentage of operational errors and the role of the human factor in the execution of transactions; it will reduce unnecessary document flow. To introduce the digital ruble into the budget process when receiving state support for agricultural producers, it is necessary to change the relevant legislation; improve information systems and processes; conducting large-scale explanatory work in the field of the advantages of using the digital ruble with the business community and citizens, with agricultural producers already receiving state support, as well as participating in public procurement.

**Keywords:** agriculture, agricultural sector, agricultural producers, state support, state support, subsidies, digital ruble, blockchain

**Acknowledgments:** the research was carried out with the financial support of the Financial University under the Government of the Russian Federation as part of a state assignment.

**Введение.** Экономические потрясения России последних лет, в числе прочего влияющие на развитие аграрного сектора, обуславливают необходимость его постоянной государственной поддержки. Она представляет собой один из главных инструментов в механизме государственного регулирования аграрного сектора экономики. Сельское хозяйство России нуждается в господдержке по многим причинам.

Главной из них является то, что отечественные сельхозпроизводители зависят от импортного оборудования и семян, экспортеры зерна ограничены пошлинами, введены санкции в отношении РФ.

При этом эффективность данного инструмента оказывает влияние на развитие и конкурентоспособность всей отрасли сельского хозяйства на международном рынке, его экс-

портный потенциал, а также на эффективность обеспечения продовольственной безопасности в стране. Вместе с тем государственная поддержка сельхозпроизводителей оказывает положительное влияние на рост производства и уровень социальной защиты граждан, способствуя повышению качества их жизни. Согласно статистике, по итогам 2022 года объем производства сельхозпродукции в России увеличился



на 10,2% в сравнении с 2021 годом в сопоставимых ценах и на 14,8% в фактически действовавших ценах [15]. Во многом это стало возможным в результате оперативных мер господдержки. Поэтому от эффективности использования мер государственной поддержки в аграрном секторе в определенной степени зависит развитие всей экономики. А существование некоторых проблем в целевом освоении бюджетных средств снижают их эффективность, создавая сопротивление в развитии аграрного сектора в России. Этим обусловлена актуальность темы исследования.

**Цель и объект исследования.** Целью исследования является выявление и оценка преимуществ направлений совершенствования господдержки аграрных предприятий в условиях внедрения цифрового рубля. Объектом исследования является механизм осуществления государственной поддержки аграрных предприятий в России.

**Методы исследования.** К методам исследования относятся контент-анализ, синтез, обобщение, классификация, сопоставление, нормативно-правовой метод, статистический метод.

**Экспериментальная база.** Исследование основано на нормативно-правовых актах, государственных программах, теоретических и аналитических исследованиях, посвященных вопросам эффективности государственных мер поддержки сельхозпроизводителей в России.

**Ход исследования.** Формами предоставления государственных средств в сельском хозяйстве России являются субсидии, субвенции и гранты. Субсидии в агрокомплексе представляют собой государственные выплаты под определенные цели для поддержки уязвимых отраслей. В рамках поддержки сельского хозяйства реализуются субсидии «компенсирующие» и «стимулирующие». Компенсирующие субсидии должны возмещать выпадающие доходы сельхозпроизводителей в виде компенсации недостаточной рентабельности отраслей: племенное животноводство, растениеводство, молочное скотоводство, агрострахование. В 2024 году, согласно данным Министерства сельского хозяйства, две существующие субсидии планируется объединить с целью акцента на поддержке и сохранении производства, отказавшись от стимулирующих выплат [11]. Кроме того, средства, потраченные на возведение или модернизацию объектов агрокомплекса, можно возместить за счет частичной компенсации затрат. Она предусмотрена также для закупки предприятиями оборудования. Компенсация может составить 20-25% от суммы расходов на возведение объекта или его модернизацию. Если сельхозпроизводителям нужно финансирование под конкретные задачи, они могут запросить субвенции от государства. Именно целевое применение субвенций отличает их от компенсирующих субсидий. Также существуют гранты по конкретным целям начинающим фермерам, на которые могут претендовать предприниматели малого бизнеса, потребительские кооперативы, а также владельцы ЛПХ и самозанятые. Средства в рамках гранта предоставляются безвозмездно, при этом нужно выполнить ряд условий [1, 11].

На сегодняшний день государственная поддержка аграрной отрасли предусматривает более 50 различных мер, которые Министерство

сельского хозяйства РФ в следующие направления (рис. 1).

Ежегодно выделяемые бюджетные средства идут на реализацию специализированных государственных программ. В 2023 году действуют несколько государственных программ развития сельского хозяйства, охватывающие также промышленность и сферу науки [1-4].

Диаграмма динамики объема выделенных средств господдержки сельхозпроизводителей России свидетельствует о наличии понижающего тренда за последние десять лет (рис. 2).

Так, в 2013 году данный показатель находился на уровне 185178 млн. руб. (наиболее высокий уровень), а к концу исследуемого периода (2022 год) составил 167816 млн. руб. В среднем объем средств аграрной господдержки за последние десять лет находится на уровне 160-170 млрд. руб.

Наиболее низким за представленный период показателем выделенных средств господдержки является в 2020 году, когда он составил 150068 млн. руб., что почти на 19% ниже уровня 2013 года. Это было обусловлено несколькими



Рисунок 1. Меры государственной поддержки агропромышленного комплекса  
Figure 1. Measures of state support for the agro-industrial complex

Источник: составлено автором по данным [1,11]

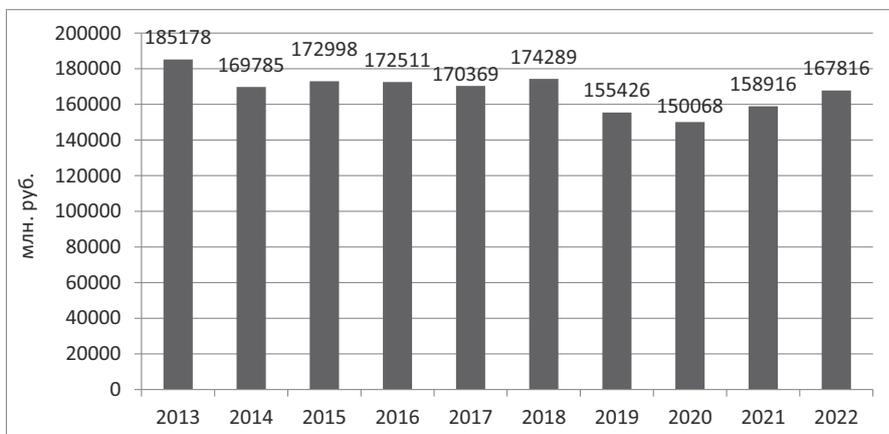


Рисунок 2. Динамика объема выделенных средств господдержки сельхозпроизводителей России в 2013-2022 гг.

Figure 2. Dynamics of the volume of allocated funds for state support of agricultural producers in Russia in 2013-2022

Источник: составлено автором по данным [13]





факторами. Во-первых, приостановкой и поддержкой реализации некоторых мероприятий по господдержке в результате нехватки финансовых ресурсов в силу перенаправления их на цели преодоления последствий пандемии коронавируса и экономического кризиса в более пострадавших, отраслях. Во-вторых, снижение объема господдержки обусловлено также изменением порядка их предоставления и расчета исследуемого показателя. Так, до 2020 года объем выделенных средств господдержки определялся, исходя их сумм, фактически полученных аграрными предприятиями государственных средств из бюджетов всех уровней (федерального, регионального, муниципального), включая объемы субсидий на поддержку мероприятий по развитию сельского хозяйства (растениеводства, животноводства), средства, предоставленные в рамках федеральных целевых программ, непрограммные инвестиции в основные фонды. С 2020 года данный показатель определяется как сумма средств федерального и регионального бюджетов [13].

Положительно оценивается то, что после 2020 года показатель объема выделенных средств господдержки сельхозпроизводителей имеет тенденцию к росту, увеличившись на 5,6% в 2022 году по сравнению с 2020 годом — с 150068 млн. руб. до 167816 млн. руб.

Согласно запланированным показателям государственных программ, в 2023 году объем средств поддержки сельхозпроизводителей увеличится. Это выполнение указанных выше госпрограмм [1–4], целями которых является решение вопросов по импортозамещению и комплексному развитию предприятий аграрного сектора и сельских территорий. Их бюджет в 2023 году был увеличен 14–50%. Половина заявленных средств имеет своей целью стимулирование инвестиционной деятельности сельхозпроизводителей, около четверти средств — модернизацию их производственной базы. Усилена поддержка молочной отрасли, овощеводства, семеноводства, изменены старые и введены новые виды субсидий в животноводстве и других направлениях, расширен комплекс мер поддержки сельскохозяйственной отрасли [1, 2, 16].

Новые условия получения государственной поддержки агрокомплекса начали действовать с 1 января 2023 года. Правительство увеличило гранты производителям мяса, молока, повысило компенсации сельскохозяйственным кооперативам. На период 2023–2025 гг. государством предусмотрено дополнительное выделение на развитие аграрного сектора экономики 11,5 млрд. руб. С 2023 года упрощены требования к получению грантов семейными фермами и сельхозкооперативами в части кадровой политики. Вместе с тем все виды субсидий для фермеров стали доступны также для самозанятых с ЛПХ [8].

Однако реализация государственных программ в области поддержки АПК России сталкивается с проблемами целевого использования выделяемых бюджетных средств. Оценить объем коррупционных операций и уровень нецелевого расходования средств в РФ весьма сложно из-за закрытости данных, тогда как публикуемые открытые данные чаще всего являются приблизительными. Согласно оценкам Счетной палаты, в 2022 году предпо-

ложительно потеряно бюджетных средств на сумму около 5,6 трлн. руб. (18% бюджета и 3,7% от ВВП России в 2022 году) в результате нецелевого использования средств и различных теневых схем при госзакупках. Специалисты Счетной палаты предполагают, что объемы теневой экономики в России составили около 10% ВВП в 2022 году [18].

Аудит эффективности расходования бюджетных средств господдержки сельхозпроизводителей, проведенный в трех регионах России (Чувашской Республике, Волгоградской и Новосибирской областях), показал следующие результаты. В процессе проведенной проверки Счетная палата выявила нарушения в сфере финансов на сумму около 1 млрд. руб. Среди этих нарушений выявлено неэффективное использование бюджетных средств на сумму около 660 млн руб. [5]. Установлено, что при практически 100%-ном расходовании бюджетных субсидий не выявлено ни одного региона, который бы достиг целевых результатов, установленных в соглашениях. Кроме того, отдельные получатели господдержки не выполнили обязательства по увеличению и сохранению объемов производства сельхозпродукции. При этом общая сумма финансовых нарушений в области использования бюджетных средств в указанных регионах составила почти 94 млн руб. Также было отмечено, что многие нарушения носили системный характер. Так, было выявлено много фактов непропорционального предоставления субсидий и грантов сельхозпроизводителям указанных регионов. Объем таких нарушений составил почти 40 млн руб., в том числе 17 млн. руб. потрачены с признаками причинения ущерба экономическим интересам государства [9].

Для устранения данных проблем необходимо улучшить порядок расходования бюджетных средств. Для этого предлагается применение технологии блокчейн и цифровой рубль, работающего на ее основе, в расчетах между государством и получателями государственной поддержки сельхозпроизводителей.

**Результаты и обсуждение.** Технология блокчейн предоставляет несколько заслуживающих внимания преимуществ, которые способствуют все больше ее внедрению в различных отраслях. Прозрачность — одно из ключевых преимуществ технологии блокчейн. Все транзакции, записанные в блокчейне, видны каждому участнику сети, что способствует подотчетности и облегчает отслеживание и проверку транзакций. Технология блокчейн обеспечивает неизменность, то есть, как только транзакция записана, ее нельзя изменить или удалить. Эта функция создает постоянную, поддающуюся проверке запись всех транзакций, что существенно образом отличает технологию от традиционных систем, где транзакции могут быть отменены. Такая неизменяемость обеспечивает целостность данных и способствует доверию среди пользователей. Кроме того, технология блокчейн повышает эффективность, обеспечивая более быстрые транзакции без необходимости в посредниках, таких как банки и другие финансовые организации. Это не только ускоряет операции, но и снижает транзакционные издержки, что приводит к более эффективному бизнес-процессам [10, 12, 20].

Примеров использования технологии блокчейн и цифровых валют в государственном

управлении практически нет на сегодняшний день в связи с молодостью данной технологии во всем мире. В текущем 2023 году Китай начал переход на государственное использование цифрового юаня. Так, заработные платы госслужащих некоторых регионов начали переводиться на цифровые счета. Однако для выплат субсидий и грантов получателям господдержки цифровая валюта не используется ни в одной стране [18].

В октябре 2020 года Банком России была анонсирована новая форма государственной валюты, цифровой рубль, который будет использоваться наравне с безналичным и наличным рублем [19]. Наряду с очевидными преимуществами цифровых валют для государства создание цифрового рубля было обусловлено также существенным ростом доли электронных платежей в России: с 39% в 2016 году до 70% в 2020 году [6]. А в условиях самоизоляции в результате пандемии коронавируса спрос потребителей на цифровые услуги увеличился в разы. Технология осуществления расчетов цифровым рублем предполагается в виде присвоения кода каждому специальному электронному кошельку, который будет открыт в платежной системе Банка России. Следовательно, расчеты будут осуществляться путем передачи кода. При этом Банком России подчеркивается равное существование всех трех видов валют и их свободный обмен [19].

Выпуск цифрового рубля обеспечит возможность обмена наличных банкнот и безналичных денежных средств на счетах кредитных организаций (средства на счетах и депозитах) на обязательства Банка России в виде цифровой валюты и обратно. Кроме того, Банк России рассматривает вероятность использования цифровой валюты для перевода заработной платы, государственных пособий и других платежей населению. Однако, Банк России делает акцент, что в данном случае физическое лицо будет иметь возможность самостоятельного выбора необходимой ему формы выплат. Преимуществом цифрового рубля является также возможность осуществлять платежи без подключения к интернету, тогда как безналичным рублем нельзя расплатиться при отсутствии подключения. [6, 10].

Цифровой рубль может привести к сокращению наличного оборота в стране, а также будет способствовать упрощению расчетов в цифровом виде. От безналичного рубля его также отличает отсутствие посредников, которыми в настоящее время являются финансовые организации в системе безналичных расчетов. Это позволит сократить стоимость транзакций для населения и корпоративного сектора, что повысит доступность финансовых услуг.

Кроме того, на базе технологии блокчейн и цифровой валюты возможно осуществление внедрения инновационных сервисов для населения, кредитных организаций, корпоративного сектора и госпредприятий, например, таких, как применение смарт-контрактов, то есть программ автоматической проверки выполнения договорных условий и осуществления расчетов по госконтрактам и т.д. Например, возможно автоматическое отслеживание денежных потоков в части средств, выделенных по государственным контрактам или другим бюджетным платежам. То есть, к примеру, средства, выделенные



в цифровых рублях на социальные выплаты, будет невозможно потратить на другие цели.

Следовательно, значение цифрового рубля для экономики страны заключается в его благоприятном влиянии на состояние рынка финансов, повышение доступности финансовых услуг для населения и малого бизнеса. Как предполагается, выпуск цифрового рубля позволит объединить преимущества наличных и безналичных расчетов, в том числе с возможностью дистанционных расчетов и без наличия подключения к сети Интернет. Еще одно преимущество для экономики России, обусловленное внедрением цифрового рубля, связано с появлением возможности проведения анализа на основе больших массивов данных [14, 19].

Весьма спорным среди экспертов является вопрос влияния введения цифрового рубля на борьбу с теневой экономикой и уходом от налогообложения. В результате экономического кризиса во второй половине 2020 года наличные расчеты вновь приобрели популярность, что обусловлено снижением платежеспособности физических лиц и ухудшением экономического состояния многих предприятий, прежде всего, малого бизнеса, который стремится скрыть доходы путем наличных расчетов для ухода от налогообложения, а также сэкономить на транзакционных издержках. В то же время запуск цифрового рубля, несмотря на удешевление расчетных операций, сделает их открытыми для государства, что будет способствовать еще большему развитию «теневой» экономики, либо спровоцирует очередную волну банкротств, прежде всего, в сфере малого бизнеса.

В то же время, эксперты отмечают, что к такому результату может привести только сценарий, при котором все экономические субъекты обязаны будут иметь электронный кошелек и использовать только цифровую валюту, а наличные рубли будут выводиться из оборота. Подобная ситуация, по мнению экспертов, может произойти в Китае, в котором в перспективе планируется обязательное использование электронных кошельков под угрозой отзыва лицензий. К России такой сценарий в настоящее время применить не получится в силу других экономических условий и политического режима. Поэтому цифровая валюта в российской экономике может способствовать только выявлению подозрительных операций и переводов [14].

Применительно к реализации механизма господдержки сельхозпроизводителей цифровой рубль, напротив, будет иметь массу преимуществ с точки зрения государственного контроля и борьбы с непрозрачностью использования бюджетных средств, так как история операций с каждым цифровым рублем фиксируется и учитывается. Вместе с тем использование цифрового рубля с применением смарт-контрактов может оказать позитивное влияние на такие инструменты, как эскроу-счета и аккредитивы. Кроме того, применение смартконтрактов будет способствовать снижению операционных ошибок и роли человеческого фактора при исполнении сделок [18].

Другим преимуществом использования цифрового рубля в бюджетном процессе является сокращение лишнего документооборота.

Эффективность применения цифрового рубля будет выражаться в размерах потерянных из

бюджета сумм, о которых было упомянуто выше. На первом этапе данные потери однозначно снизятся, даже если не устранятся полностью.

**Область применения результатов.** Для внедрения цифрового рубля в бюджетный процесс при получении господдержки сельхозпроизводителей необходимо, прежде всего, изменение соответствующего законодательства (Гражданский кодекс, федеральные законы «О ЦБ РФ», «О бухгалтерском учете» и другие).

Вместе с тем, необходимо проводить масштабную разъяснительную работу с бизнес-сообществом и гражданами в области преимуществ использования цифрового рубля. Прежде всего, данная работа должна проводиться с сельхозпроизводителями, уже получающими государственную поддержку, а также принимающими участие в госзакупках.

**Выводы.** В данном исследовании получены следующие результаты. От эффективности использования мер государственной поддержки в аграрном секторе в определенной степени зависит развитие всей экономики. А существование некоторых проблем в целевом освоении бюджетных средств снижает их эффективность, создавая сопротивление в развитии аграрного сектора в России. Результаты аудита эффективности, проводимого Счетной палатой, свидетельствуют о наличии неэффективного использования бюджетных средств, неправомерного предоставления субсидий и грантов сельхозпроизводителям, в том числе с признаками причинения ущерба экономическим интересам государства. Для устранения данных проблем необходимо улучшить порядок расходования бюджетных средств. Для этого предлагается применение технологии блокчейн и цифрового рубля в расчетах между государством и получателями государственной поддержки в лице сельхозпроизводителей. При этом Банком России подчеркивается равное существование всех трех видов валют и их свободный обмен. Технология осуществления расчетов цифровым рублем предполагается в виде присвоения кода каждому специальному электронному кошельку, который будет открыт в платежной системе Банка России. Следовательно, расчеты будут осуществляться путем передачи кода. Применительно к реализации механизма господдержки сельхозпроизводителей цифровой рубль будет иметь массу преимуществ с точки зрения государственного контроля и борьбы с непрозрачностью использования бюджетных средств, так как история операций с каждым цифровым рублем фиксируется и учитывается. Кроме того, использование цифрового рубля в данной сфере будет способствовать снижению операционных ошибок и роли человеческого фактора при исполнении сделок, а также сократит ненужный документооборот. Для внедрения цифрового рубля в бюджетный процесс при получении господдержки сельхозпроизводителей необходимо, прежде всего, изменение соответствующего законодательства; соответствующее совершенствование информационных систем и процессов; проведение масштабной разъяснительной работы с бизнес-сообществом и гражданами в области преимуществ использования цифрового рубля, с сельхозпроизводителями, уже получающими государственную поддержку, а также с принимающими участие в госзакупках.

## Список источников

1. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия».
2. Постановление Правительства РФ от 25.08.2017 № 996 (ред. от 13.05.2022) «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017 — 2030 годы».
3. Постановление Правительства РФ от 31.05.2019 № 696 (ред. от 10.07.2020) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
4. Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации».
5. Бюллетень Счетной палаты РФ. Агропромышленный комплекс. М.: Счетная палата РФ, 2022. 113 с.
6. Заботкин А. Цифровой рубль: возможности и варианты. Эконс: экономический разговор. URL: <http://econs.online/articles/regulirovanie/tsifrovoy-rubl-vozmozhnosti-i-varianty/> (дата обращения: 22.09.2023)
7. Концепция цифрового рубля. М.: Банк России, 2021. 31 с. URL: [http://cbr.ru/Content/Document/File/120075/concept\\_08042021.pdf](http://cbr.ru/Content/Document/File/120075/concept_08042021.pdf) (дата обращения: 22.09.2023).
8. Льготы для сектора АПК: результаты рынка в 2022 году, господдержка отрасли, инвестирование, планы развития. Деловой профиль. URL: [http://delprof.ru/upload/iblock/a90/Analitika\\_DELOVOY-PROFIL\\_Lgoty-dlya-sektora-APK.pdf](http://delprof.ru/upload/iblock/a90/Analitika_DELOVOY-PROFIL_Lgoty-dlya-sektora-APK.pdf) (дата обращения: 23.09.2023).
9. Мамедов С. Отчет о результатах контрольного мероприятия «Аудит эффективности использования субсидий, направленных на поддержку сельхозпроизводства и стимулирование развития приоритетных подотраслей агропромышленного комплекса, в рамках государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в 2020 году и истекшем периоде 2021 года». Счетная палата. URL: <http://ach.gov.ru/checks/gospodderzhka-apk> (дата обращения: 20.09.2023).
10. Мамышева Е.А. Цифровой рубль: зачем он запускается и как будет работать? // Московский экономический журнал. 2022. № 9. С. 5-15.
11. Меры государственной поддержки агропромышленного комплекса. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. URL: <http://mcx.gov.ru/activity/state-support/measures/> (дата обращения: 22.09.2023).
12. Митряев И.С., Лысенко Е.С., Острякова А.Ф. Технология блокчейн и криптовалюта: инструменты цифровой трансформации // Аграрное и земельное право. 2022. № 4(208). С. 132-136.
13. Объем средств государственной поддержки в рамках программ и мероприятий по развитию сельского хозяйства. Статистическая система ЕМИСС. URL: <http://www.fedstat.ru/indicator/42373> (дата обращения: 25.09.2023).
14. Проценко Н. Цифровой рубль — финансовый аттракцион с двойным дном — эксперты. EADaily. URL: <http://eadaily.com/ru/news/2020/10/16/cifrovoy-rubl-finansovyy-attrakcion-s-dvoynym-dnom-eksperty> (дата обращения: 27.09.2023).
15. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. Федеральная служба государственной статистики. URL: [http://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](http://rosstat.gov.ru/enterprise_economy) (дата обращения: 30.09.2023).
16. Узбекова А.А. Господдержка АПК в 2023 году будет расширена. Российская газета. URL: <http://rg.ru/2022/12/30/gospodderzhka-apk-v-2023-godu-budet-rasshirena.html?ysclid=lmymqtflw5845163677> (дата обращения: 30.09.2023).
17. Цифровой рубль. Центральный банк РФ. URL: <http://cbr.ru/fintech/dr/> (дата обращения: 29.09.2023).
18. Цифровой рубль и его роль в трансграничных расчетах и в бюджетном процессе. М.: Институт экономики роста им. Столыпина П.А., 2023. 47 с.





19. Цифровой рубль. Доклад для общественных консультаций. Банк России. URL: [http://cbr.ru/StaticHtml/File/112957/Consultation\\_Paper\\_201013.pdf](http://cbr.ru/StaticHtml/File/112957/Consultation_Paper_201013.pdf) (дата обращения: 29.09.2023).

20. Copeland T. What is blockchain technology? A beginner's guide to distributed ledgers. The Block. URL: <http://www.theblock.co/learn/249522/what-is-blockchain-technology-a-beginners-guide-to-a-distributed-ledger> (accessed 19 September 2023).

References

1. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14 iyulya 2012 g. N 717 «O Gosudarstvennoy programme razvitiya sel'skogo khozyaistva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyaystvennoy produktcii, syr'ya i prodovol'stviya».

2. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 25.08.2017 N 996 (red. ot 13.05.2022) «Ob utverzhdenii Federal'noi nauchno-tekhnicheskoi programmy razvitiya sel'skogo khozyaistva na 2017—2030 gody».

3. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 31.05.2019 N 696 (red. ot 10.07.2020) «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiiskoi Federatsii «Kompleksnoe razvitie sel'skikh territorii» i o vnesenii izmenenii v nekotorye akty Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii».

4. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14 maya 2021 g. N 731 «O gosudarstvennoy programme ehfektivnogo вовлечениya v оборот zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya i razvitiya meliorativnogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii».

5. Schetnaya palata RF (2022). *Byulleten' Schetnoi palaty RF. Agropromyshlennyy kompleks* [Bulletin of the Accounts Chamber of the Russian Federation. Agro-industrial complex]. Moscow: Schetnaya palata RF.

6. Zobotkin A. (2022). *Tsifrovoy rubl': vozmozhnosti i varianty* [Digital ruble: opportunities and options]. *Ehkons: ehkonomicheskii razgovor*. Available at: <http://econs.online/articles/regulirovanie/tsifrovoy-rubl-vozmozhnosti-i-varianty> (accessed 22 September 2023).

7. Bank Rossii (2021). *Kontseptsiya tsifrovogo rublya* [The concept of the digital ruble]. Moscow: Bank Rossii. Available at: [http://cbr.ru/Content/Document/File/120075/concept\\_08042021.pdf](http://cbr.ru/Content/Document/File/120075/concept_08042021.pdf) (accessed 22 September 2023).

8. Delovoi profil' (2023). *L'goty 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: [http://delprof.ru/upload/iblock/a90/Analitika\\_DELOVOY-PROFIL\\_Lgoty-dlya-sektora-APK.pdf](http://delprof.ru/upload/iblock/a90/Analitika_DELOVOY-PROFIL_Lgoty-dlya-sektora-APK.pdf) (accessed 23 September 2023).

9. Mamedov S. (2022). *Otchet o rezul'tatakh kontrol'nogo meropriyatiya «Audit ehfektivnosti ispol'zovaniya subsidi, napravlennykh na podderzhku sel'khozproduktstva i stimulirovanie razvitiya prioritnykh podotraslei agropromyshlennogo kompleksa, v ramkakh Gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaistva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyaystvennoy produktcii, syr'ya i prodovol'stviya v 2020 godu i istekshem periode 2021 goda»* [Report on the results of the control event «Audit of the effectiveness of the use of subsidies aimed at supporting agricultural production and stimulating the development of priority sub-sectors of the agro-industrial complex within the framework of the State Program for the Development of agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and food markets in 2020 and the expired period of 2021»]. *Schetnaya palata*. Available at: <http://ach.gov.ru/checks/gospodderzhka-apk> (accessed 20 September 2023).

10. Mamyshva E.A. (2022). *Tsifrovoy rubl': zachem on zapusketsya i kak budet rabotat?* [Digital ruble: why is it launched and how will it work?]. *Moskovskii ehkonomicheskii zhurnal*, no. 9, pp. 5-15.

11. Ministerstvo sel'skogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii (2023). *Mery gosudarstvennoi podderzhki agropromyshlennogo kompleksa* [Measures of state support for the agro-industrial complex]. Available at: <http://mcx.gov.ru/activity/state-support/measures/> (accessed 22 September 2023).

12. Mityaev I.S., Lysenko E.S. & Ostryakova A.F. (2022). *Tekhnologiya blokchein i kriptovalyuta: instrumenty tsifrovoy transformatsii* [Blockchain technology and Cryptography: Tools of digital transformation]. *Agrarnoe i zemel'noe pravo*, no. 4 (208), pp. 132-136.

13. Statisticheskaya sistema EMISS (2023). *Ob'em sredstv gosudarstvennoi podderzhki v ramkakh programm i meropri-*

*yatii 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 September 2023).

14. Protsenko N. (2020). *Tsifrovoy rubl' — finansovyi attraktsion s dvoynym dnom — ehkspery* [Digital ruble — a financial attraction with a double bottom — experts]. *EADaily*. Available at: <http://eadaily.com/ru/news/2020/10/16/cifrovoy-rubl-finansovyy-attraktsion-s-dvoynym-dnom-ehkspery> (accessed 27 September 2023).

15. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki (2023). *Sel'skoe khozyaistvo, okhota i lesnoe khozyaistvo* [Agriculture, hunting and forestry]. Available at: [http://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](http://rosstat.gov.ru/enterprise_economy) (accessed 30 September 2023).

16. Uzbekova A.A. (2022). *Gospodderzhka APK v 2023 godu budet rasshirena* [State support of the agro-industrial complex in 2023 will be expanded]. *Rossiiskaya gazeta*. Available at: <http://rg.ru/2022/12/30/gospodderzhka-apk-v-2023-godu-budet-rasshirena.html?ysclid=lmymqtlfw5845163677> (accessed 30 September 2023).

17. Tsentral'nyi bank RF (2023). *Tsifrovoy rubl'* [Digital ruble]. Available at: <http://cbr.ru/fintech/di/> (accessed 29 September 2023).

18. Institut ehkonomiki rosta im. Stolypina P.A. (2023). *Tsifrovoy rubl' i ego rol' v transgranichnykh raschetakh i v byudzhetnom protsesse* [The digital ruble and its role in cross-border settlements and in the budget process]. Moscow: Institut ehkonomiki rosta im. Stolypina P.A.

19. Bank Rossii (2023). *Tsifrovoy rubl'. Doklad dlya obshchestvennykh konsul'tatsii* [Digital ruble. Report for public consultations]. Available at: [http://cbr.ru/StaticHtml/File/112957/Consultation\\_Paper\\_201013.pdf](http://cbr.ru/StaticHtml/File/112957/Consultation_Paper_201013.pdf) (accessed 29 September 2023).

20. Copeland T. (2023). What is blockchain technology? A beginner's guide to distributed ledgers. *The Block*. Available at: <http://www.theblock.co/learn/249522/what-is-blockchain-technology-a-beginners-guide-to-a-distributed-ledger> (accessed 19 September 2023).

Информация об авторе:

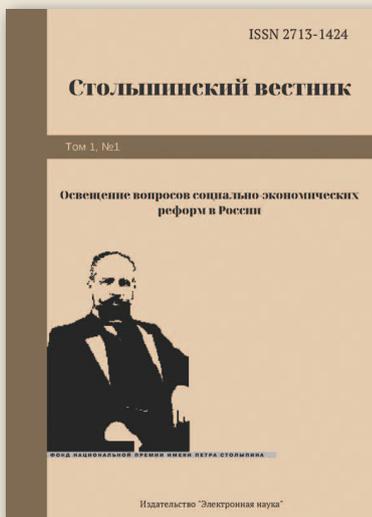
Мальсагова Радима Гапуровна, кандидат экономических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8004-178X>, RGMalsagova@fa.ru

Information about the author:

Radima G. Malsagova, candidate of economic sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8004-178X>, RGMalsagova@fa.ru

✉ RGMalsagova@fa.ru

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭЛЕКТРОННАЯ НАУКА»



Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник»

- Издается при поддержке Государственного университета по землеустройству и Фонда национальной премии имени П.А.Столыпина.
- Журнал освещает опыт и актуальные вопросы социально-экономических реформ в России.
- Цитируется в РИНЦ И КиберЛенинка.

Контакты: <https://stolypin-vestnik.ru/vestnik/>, [stolypin\\_vestnik@mail.ru](mailto:stolypin_vestnik@mail.ru)



Научная статья  
УДК 338.14:330.15:332.36  
doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_183

## ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ РАЗВИТИЯ АРКТИКИ С УЧЕТОМ ИНТЕРЕСОВ ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

**А.В. Новиков**

Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы устойчивого пространственного развития прибрежных арктических территорий, рационального использования сельскохозяйственных земель в условиях промышленного освоения Арктики. Выполнен анализ использования земель в условиях освоения Арктики. Обоснованы теоретические и методические подходы к типологии арктических территорий. На основе анализа фактического и статистического материала, материалов социологических опросов местного населения в Арктической зоне Якутии сформировано исходное множество инвестиционных проектов экономической, социальной и экологической направленности. Обосновано множество оценочных критериев для выбора проектов разведки и добычи полезных ископаемых, развитию инфраструктуры в Арктической зоне страны, включая проекты по развитию сельскохозяйственного производства, традиционных промыслов с учетом интересов бизнеса, местных органов власти и коренных народов. Определена структура предпочтений инвестиционных проектов с учетом множества разнородных критериев и интересов сторон, вовлеченных в промышленное освоение территории. Предложен алгоритм оценки и выбора инвестиционных проектов на арктических территориях, который базируется на учете комплекса социально-экономических, экологических и климатических факторов, а также определена приоритетность реализации данных инвестиционных проектов. Разработанный научный инструментариум направлен на развитие арктических территорий с учетом их типов, развитие сельскохозяйственного производства.

**Ключевые слова:** арктические территории, Республика Саха (Якутия), проект, классификация типов территорий, сельскохозяйственное производство, традиционные отрасли Севера, местное население

Original article

## JUSTIFICATION AND SELECTION OF INVESTMENT PROJECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE ARCTIC, TAKING INTO ACCOUNT THE INTERESTS OF TRADITIONAL NATURE MANAGEMENT

**A.V. Novikov**

State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

**Abstract.** The article contains consideration of the issue of sustainable regional development of coastal areas of the Arctic, and also discusses the issue of rational use of agricultural land in the conditions of industrial development of the Arctic. The current state of land use during of the Arctic is analyzed. Theoretical and methodological approaches to the typology of Arctic territories are substantiated. There are many evaluation criteria for the selection of exploration and mining projects, infrastructure development, including projects for agricultural production, traditional crafts, local authorities and indigenous peoples. Priorities for investment projects will be determined based on many multifaceted criteria and interests of stakeholders involved. An algorithm for assessing and selecting projects will be proposed, and priorities for the implementation of these investment projects will be determined based on a complex set of socio-economic, environmental and climatic factors. The developed scientific tools, the algorithm for evaluating and selecting investment projects is implemented on the example of the development of coastal Arctic territories and allows for the formation and selection and implementation of investment projects taking into account the types of territory, the development of agricultural production.

**Keywords:** arctic territories, Republic of Sakha (Yakutia), project, classification of types of territories, agricultural production, traditional industries of the North, local population

**Введение.** Реализация многих проектов социально-экономического развития Арктики способствует пространственному развитию данных территорий, содействует занятости местного населения, а также направлено на улучшение качества жизни [1]. Вместе с тем, реализация таких инвестиционных проектов может затрагивать территории традиционного природопользования, где по сути ведется сельскохозяйственное производство, проживают и ведут свою деятельность коренные народы [2], влияет на состояние и использование земельных ресурсов [3], исконную среду обитания коренного населения [4].

Хозяйственное освоение Арктики оказывает существенное влияние на экономику и природную среду прибрежных территорий, где сложился хрупкий экологический баланс интересов природопользователей [5, 6]. Очевидно, что в ходе промышленного освоения Арктики могут быть реализованы различные типы инвестиционных проектов: экономические, социальные, экологические и др. В качестве примера экологического проекта можно привести проект ликвидации объектов прошлого (накопленного)

экологического ущерба на месторождении Кулар [7]. К экономическим и климатическим проектам пространственного развития прибрежных арктических территорий можно отнести разработку угольных месторождений и разработку мер по снижению предупреждению климатических изменений [8].

Анализ хозяйственной практики показывает, что различные типы инвестиционных проектов могут затрагивать различные виды территорий и землепользования, включая прибрежные, природоохранные территории, а также территории опережающего развития, территории, где осуществляется традиционная деятельность коренных народов [9]. Так, к примеру, проект по добыче и транспортировке редкоземельных металлов на месторождении Томтор в Арктической зоне Якутии может затрагивать территории традиционного природопользования коренных народов Севера, где местное население занимается охотой, оленеводством, рыбной ловлей, заготовкой дикоросов, что предполагает компенсацию убытков в связи с временным изъятием земель на осуществление данного

проекта [10, 11]. Такой подход требует разработку методологии и механизмов по обоснованию и выбору инвестиционных проектов развития Арктики с учетом интересов традиционного природопользования.

**Методы исследования.** В ходе исследования применялись методы этнологической экспертизы [12], натурных обследований, статистические, экономико-математические методы, эколого-экономический анализ, социологические методы исследования. Так, к примеру, для учета мнения местного населения и определения приоритетности компенсационных проектов для различных групп населения при освоении использовались социологические опросы [13, 14]. При этом учитывались гендерные особенности в оценке населением тех или иных проектов социально-экономического и экологического развития территории [15], влияние таких проектов на народосбережение и качество жизни местного населения [16].

В рамках проведенного исследования на основе классификационных признаков (*КП*) и специфических условий функционирования (*У*)



предложена классификация типов (i) арктических территорий (Т) = <math>\langle K\pi\_i, Y\_i \rangle, i = \overline{1,4}</math> и сформировано исходное множество территорий пространственного развития {Т} = {Т1; Т2; Т3; Т4}, включающее в себя: прибрежную арктическую территорию (зону) (Т1); особо охраняемую природную территорию (Т2); территории опережающего развития (ТОР) (Т3); территории традиционного природопользования (Т4) (табл. 1).

Применение экспертно-моделирующих процедур позволило автору распределить данные территории по их значимости с учетом социально-экономических, экологических и климатических факторов ( $\alpha_b, b = \overline{1,4}, \sum_{b=1}^4 \alpha_b = 1$  (табл. 2).

В дальнейшем на основе анализа стратегических документов, проектов и программ развития, а также материалов опросов и экспертных предложений местного населения, которое проживает в арктической зоне, автором было сформировано исходное множество групп — источников инвестиционных проектов пространственного развития арктических территорий {П} = {П1, П2, ..., Пn}, где n = 1,5 — количество групп проектов (П) сформированного исходного множества инвестиционных проектов пространственного развития территорий:

- (группа проектов 1) проекты из Стратегических документов и программ развития Арктической зоны РФ (федеральный уровень) (П1);
- (группа проектов 2) проекты из Стратегических документов и программ развития Арктической зоны отдельных субъектов РФ (например, Республики Саха (Якутия)) (П2);
- (группа проектов 3) проекты добывающих компаний (П3);
- (группа проектов 4) проекты из Стратегий и программ развития отдельных муниципальных образований (городов и поселков) Арктической зоны Российской Федерации (П4);
- (группа проектов 5) экспертные предложения местного населения (опросы населения, проживающего на арктических территориях) (П5).

В каждой группе инвестиционных проектов пространственного развития арктических территорий были рассмотрены следующие типы {ТИПs}, s = 1,4 инвестиционных проектов (экономические, социальные, проекты по развитию традиционной хозяйственной деятельности, экологические) {ТИПj} = {ТИП1, ТИП2, ТИП3, ТИП4}:

1. (ТИП1) — Экономические, в том числе инфраструктурные проекты: {Эj (Пn)}, j = 1,15, n = 1,5.
  - Развитие и обустройство портов и инфраструктуры прибрежных территорий Северного морского пути (Э1 (Пn));
  - Разведка и добыча полезных ископаемых, нефти и газа (Э2 (Пn));
  - Перевозка грузов по СМП, в том числе — сжиженного природного газа (СПГ) (Э3 (Пn));
  - Развитие объектов транспортной инфраструктуры (Э4 (Пn));
  - Разработка месторождения редкоземельных металлов Томтор (Э5 (Пn));
  - Проекты по добыче нефти и газа на шельфе моря Лаптевых (Э6 (Пn));
  - Проекты по переработке рыбы (Э7 (Пn));
  - Разработка угольных месторождений, в том числе на отопительные нужды поселков (Э8 (Пn));
  - Развитие инфраструктуры путем строительства транспортно-логического центра в Хатанге (Э9 (Пn));
  - Переработка рыбы (рыбный промысел в прибрежной зоне) (Э10 (Пn));
  - Создание транспортно-логистического хаба (Э11 (Пn));
  - Обустройство инфраструктуры Северного морского пути (Э12 (Пn));
  - Строительство хаба, складского терминала для перевозки грузов прибрежных районов) (Э13 (Пn));
  - Перевозка добытых полезных ископаемых (Э14 (Пn));
  - Производство электроэнергии на плавучей АЭС (Э15 (Пn)).

2. (ТИП2) — Социальные проекты {Сj (Пn)}, j = 1,7, n = 1,5:
  - Развитие арктического туризма (С1 (Пn));
  - Развитие объектов социальной инфраструктуры (строительство жилья и др.) (С2 (Пn));
  - Развитие арктических поселков, народосбережение (С3 (Пn));
  - Обеспечение «северного» завоза для прибрежных территорий и местного населения (С4 (Пn));
  - Перевозка пассажиров и грузов (С5 (Пn));
  - Создание эффективной интернет-связи за счет прокладки волоконно-оптического кабеля (С6 (Пn));
  - Обеспечение населения и социальной сферы устойчивым энергоснабжением (С7 (Пn)).
3. (ТИП3) — Проекты по развитию традиционных отраслей Севера, а также проекты, направленные на сохранение этноса коренных народов {ТПm (Пn)}, m = 1,4, n = 1,5:
  - Развитие этнотуризма и арктического туризма (ТП1 (Пn));
  - Проекты по созданию производств по переработке мяса, рыбы (ТП2 (Пn));
  - Проекты по добыче мамонтовой фауны (ТП3 (Пn));
  - Проекты по сохранению культуры и этноса коренных народов (ТП4 (Пn)).
4. (ТИП4) — Природоохранные и климатические проекты {Эkv (Пn)}, v = 1,9, n = 1,5:
  - Развитие арктического туризма в национальных парках (Эк1 (Пn));
  - Проекты по развитию экологической инфраструктуры (Эк2 (Пn));
  - Ликвидация объектов прошлого (накопленного) экологического ущерба (Эк3 (Пn));
  - Создание экологической инфраструктуры (водообеспечение, утилизация коммунальных отходов) (Эк4 (Пn));
  - Развитие возобновляемых источников энергии (Эк5 (Пn));
  - Проекты по сохранению территорий с особым природоохранным статусом (Эк6 (Пn));
  - Проекты по оздоровлению окружающей среды, утилизации и переработке отходов (Эк7 (Пn));
  - Проекты по рекультивации нарушенных земель (Эк8 (Пn));
  - Проекты, направленные на сохранение климата и адаптацию к климатическим изменениям (Эк9 (Пn)).

**Результаты и обсуждение.**

В работе выявлены условия и ограничения для оценки принадлежности инвестиционных проектов определенного типа {ТИПj} к арктическим территориям пространственного развития {Тi} с учетом их типа и статуса (табл. 3).

Логично, что для той или иной арктической территории могут быть соответствовать те или иные типы инвестиционных проектов, которые соответствует их статусу, учитывают ограничения по их использования, учитывают статус, а также и интересы и потребности местного населения. Например, на прибрежных арктических территориях могут быть реализованы все типы проектов. На природоохраненных территориях, даже если там имеются определенные полезные ископаемые, не могут быть реализованы хозяйственные проекты, на таких территориях ограничена и даже запрещена хозяйственная деятельность (за исключением экологического туризма, отдельных видов традиционного природопользования коренных народов, научных исследований и др.). Добыча ресурсов на данных территориях возможна в случае изменения их статуса, например, когда часть такой территории, где выявлены полезные ископаемые,

Таблица 1. Классификация типов арктических территорий  
Table 1. Classification of types of Arctic territories

№№ п/п	Тип территории пространственного развития	Классификационный признак отнесение территории к данному типу	Условия отнесения территории к данному типу
1.	Прибрежная территория (Т1)	Взаимодействие моря и суши (примерно 10 км суши и шельф моря)	Географическое выделение указанных территорий в системе районирования
2.	Природоохранные территории (Т2)	Участки земель, а также водной поверхности, где имеются природные комплексы и объекты, имеющие особое природоохранное значение и для регулирования которых установлен особый режим особой природопользования и охраны	Решения органов власти
3.	Территории опережающего развития (Т3)	Формирование благоприятных условий для привлечения инвестиций, социально-экономического развития путем установления особого режима осуществления предпринимательской деятельности	Решения государственных органов управления федерального уровня
4.	Территории традиционного природопользования (Т4)	Образованы для ведения традиционной хозяйственной деятельности, а также в целях сохранения этноса, образа жизни и культуры коренных народов	Создаются местными органами власти

Источник: составлено автором

Таблица 2. Распределение территорий пространственного развития по факторам значимости  
Table 2. Distribution of spatial development territories by significance factors

Тип территории пространственного развития	Факторы значимости (αj)			
	Экономический (α1)	Экологический (α2)	Социальный (α3)	Климатический (α4)
Прибрежная арктическая территория (зона) (Т1)	0,4	0,2	0,2	0,2
Особо охраняемые природные территории (Т2)	0,1	0,4	0,1	0,4
Территории опережающего развития (ТОР) (Т3)	0,6	0	0,4	0
Территории традиционного природопользования (Т4)	0,4	0,1	0,4	0,1

Источник: составлено автором



Таблица 3. Оценка принадлежности инвестиционных проектов определенного типа к территориям пространственного развития  
 Table 3. Assessment of the affiliation of investment projects of a certain type to the territories of spatial development

Тип территории	Возможные условия и ограничения	Тип реализуемых проектов
Прибрежная арктическая территория (зона) (Т <sub>1</sub> )	Экологические ограничения и учет интересов коренных народов Севера	Реализуются все типы проектов (Э, (ГП <sub>н</sub> )) ∪ (С, (ГП <sub>н</sub> )) ∪ (ТП <sub>м</sub> (ГП <sub>н</sub> )) ∪ (Эк, (ГП <sub>н</sub> ))
Особо охраняемые природные территории (Т <sub>2</sub> )	Экологические, климатические ограничения и учет интересов коренных народов, ограничение и запрет хозяйственной деятельности	Допустимы некоторые виды природоохранных и климатических проектов (Эк, (ГП <sub>н</sub> ))
		Развитие Арктического туризма (Эк, (ГП <sub>н</sub> ))
		Проекты по развитию экологической инфраструктуры для целей туризма (Эк, (ГП <sub>н</sub> ))
		Ликвидация прошлого (накопленного) экологического ущерба (Эк, (ГП <sub>н</sub> ))
		Развитие особо охраняемых территорий (Эк, (ГП <sub>н</sub> ))
Территории опережающего развития (ТОР) (Т <sub>3</sub> )	Экологические, климатические ограничения и учет интересов коренных народов	Проекты по сохранению биоразнообразия
		Допускаются традиционные промыслы коренных народов (ТП <sub>з</sub> (ГП <sub>н</sub> ))
Территории традиционного природопользования (Т <sub>4</sub> )	Особый статус таких территорий, учет интересов местного населения	Все типы инвестиционных проектов (Э, (ГП <sub>н</sub> )) ∪ (С, (ГП <sub>н</sub> )) ∪ (ТП <sub>м</sub> (ГП <sub>н</sub> )) ∪ (Эк, (ГП <sub>н</sub> ))
		Проекты по развитию традиционных отраслей Севера, сельскохозяйственного производства (ТП <sub>м</sub> (ГП <sub>н</sub> ))
		Этнотуризм (ТП <sub>з</sub> (ГП <sub>н</sub> ))
		Объекты транспортной, экологической и социальной инфраструктуры в интересах местного населения (С <sub>2</sub> (ГП <sub>н</sub> )) ∪ (С <sub>4</sub> (ГП <sub>н</sub> )) ∪ (С <sub>5</sub> (ГП <sub>н</sub> ))
		Проекты в сфере недропользования, разведки и добычи углеводородного сырья с учетом интересов и согласия местного населения (этнологическая экспертиза проектов) (Э <sub>2</sub> (ГП <sub>н</sub> )) ∪ (Э <sub>24</sub> (ГП <sub>н</sub> ))
		Проекты, направленные на сохранение культуры и этноса коренных народов (ТП <sub>4</sub> (ГП <sub>н</sub> ))
		Природоохранные проекты (Эк, (ГП <sub>н</sub> ))

Источник: составлено автором

меняет возможное направление своего использования и путем перевода в другой статус земель. Это имеет вид компенсационного землепользования, а на территориях опережающего развития могут осуществляться различные виды деятельности и освоения территории. В свою очередь, на территориях традиционной хозяйственной деятельности могут реализовываться хозяйственные проекты только после согласования целей и задач проекта с местным населением, что включает проведение этнологической экспертизы, учет интересов и предпочтений местного населения.

В ходе исследования сформировано множество оценочных критериев инвестиционных проектов пространственного развития прибрежных арктических территорий. Каждый инвестиционный проект развития прибрежных арктических территорий описывается сформированным в работе исходным множеством оценочных критериев  $\{F_q\} = \{F_1, F_2, \dots, F_q\}$ , где  $q = 1, 3$  — количество групп оценочных критериев (экономические, социальные, экологические):

- Группа  $\{F1\} = \{ЭКр_1, ЭКр_2, \dots, ЭКр_w\}, w = 1, 8$  — Экономические критерии:
- рост объема производства на прибрежных территориях, (ЭКр<sub>1</sub>);
  - рост объема добычи полезных ископаемых (минерально-сырьевых ресурсов, нефти и газа) (ЭКр<sub>2</sub>);
  - рост объема перевозки грузов по Северному морскому пути, млн. тонн (ЭКр<sub>3</sub>);
  - минимизация затрат на производство продукции и перевозку грузов (ЭКр<sub>4</sub>);
  - ввод в действие объектов инфраструктуры на арктических территориях (ЭКр<sub>5</sub>);
  - рост объема производства продукции традиционных промыслов коренных народов

(оленоводство, охота, рыболовство, собирательство и др.) (ЭКр<sub>6</sub>);

- рост производства продовольственной продукции из местного сырья (ЭКр<sub>7</sub>);
  - рост производство электроэнергии, включая развитие возобновляемой энергетики (ЭКр<sub>8</sub>).
- Группа  $\{F2\} = \{СКр_1, СКр_2, \dots, СКр_e\}, e = 1, 9$  — Социальные критерии
- улучшение обеспечения населения жильем с учетом достижения социальных нормативов, м<sup>2</sup> на чел. (СКр<sub>1</sub>);
  - содействие занятости населения путем создания новых рабочих мест, чел. (СКр<sub>2</sub>);
  - уменьшение уровня безработицы местного населения, % (СКр<sub>3</sub>);
  - рост доходов населения, руб. на 1 человека с учетом доведения его до среднероссийского уровня (СКр<sub>4</sub>);
  - обеспечение доступности интернет-связи (СКр<sub>5</sub>);
  - сохранение и развитие культуры и этноса местного населения (СКр<sub>6</sub>);
  - рост числа посещений туристами арктических территорий, включая обустройство туристических маршрутов, увеличения дохода от туризма (СКр<sub>7</sub>);
  - рост транспортной доступности территорий за счет развития инфраструктуры (СКр<sub>8</sub>);
  - народосбережение и увеличение численности населения (СКр<sub>9</sub>).
- Группа  $\{F3\} = \{ЭКр_1, ЭКр_2, \dots, ЭКр_r\}, r = 1, 8$  — Экологические критерии:
- минимизация ущерба от загрязнения окружающей среды, тыс. руб. (ЭКр<sub>1</sub>);
  - сокращение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, (ЭКр<sub>2</sub>);
  - сокращение сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, (ЭКр<sub>3</sub>);

- снижение отходов производства и потребления (ЭКр<sub>4</sub>);
- уменьшение объема выбросов парниковых газов, (ЭКр<sub>5</sub>);
- увеличение доли отходов путем их утилизации и переработки, % (ЭКр<sub>6</sub>);
- увеличение площади рекультивируемых земель, ликвидация объектов накопленного экологического ущерба (ЭКр<sub>7</sub>);
- рост ввода мощностей по очистке сточных вод, охране атмосферы, переработке отходов, снижению выбросов парниковых газов (ЭКр<sub>8</sub>);
- сохранение биоразнообразия (ЭКр<sub>9</sub>);
- сохранение объектов и территорий традиционных промыслов (ЭКр<sub>10</sub>).

На базе сформированного множества оценочных критериев была реализована процедура оценки соответствия оценочных критериев  $\{F_q\}$  различным типам инвестиционных проектов  $\{ТИП_j\}$ , реализуемых на территориях пространственного развития  $\{T_j\}$  (табл. 4).

В рамках исследования сформирована структура предпочтений оценочных критериев для определенного типа арктических территорий. Сформированное выше множество критериев для отбора инвестиционных проектов для целей дальнейшего финансирования на различных арктических территориях имеет определенную структуру предпочтений (значимости). Степень предпочтения оценочных критериев (критерия  $F_z$  над критерием  $F_x$ ) возможно задать в виде матрицы  $\mu(F_z, F_x) \in [0, 1], \forall F_z, F_x \in \{ТИП_j\}$ . Таким образом, структуры предпочтений оценочных критериев для территорий (Т) будут сведены в следующую таблицу 5.

Апробация предложенных моделей производилась на следующих проектах:

1. *Проекты экономической направленности:*
  - 1.1. Добыча редкоземельных металлов на месторождении Томтор.
  - 1.2. Создание Хатангского транспортно-логистического центра (порт Хатанга), Таймыр.
  - 1.3. Создание производств и инфраструктуры по добыче золота на месторождении Кючюк.
  - 1.4. Строительство энергетических объектов (мини-АЭС в п. Усть-Куйга).
  - 1.5. Строительство новых энергетических объектов.
  - 1.6. Развитие инфраструктуры порта в п. Юрюнг-Хая.
  - 1.7. Строительство автотрассы по маршруту месторождение Томтор — морской порт Хатанга.
  - 1.8. Строительство круглогодичной технологической автодороги от месторождения Кючюк до р. Яна.
2. *Проекты социальной направленности:*
  - 2.1. Развитие арктического туризма на Новосибирских островах.
  - 2.2. Развитие производств по переработке рыбы и мяса в с. Юрюнг-Хая и с. Саскылах.
  - 2.3. Развитие традиционных промыслов (добыча и переработка рыбы, развитие оленеводства) на базе родовой общины «Чекуровка», р. Лена.
  - 2.4. Строительство жилья, социальных объектов, в с. Оленек.
  - 2.5. Строительство причалов для стоянок теплоходов в арктических поселках. Развитие арктического туризма.
  - 2.6. Строительство дороги Кулар — с. Хайыр. Улучшение транспортной доступности населения.
3. *Проекты природоохранной и климатической направленности:*
  - 3.1. Ликвидация прошлого (накопленного) экологического ущерба на Куларской золотоизвлекательной фабрике и рекультивация нарушенных земель.





Таблица 4. Критериальная оценка возможности реализации проектов в Арктике на территории определенного типа  
Table 4. Criteria-based assessment of the possibility of implementing projects in the Arctic on a certain type of territory

Тип территории	Тип проектов	Критерии для отбора проектов		
		Экономические {F1}	Социальные {F2}	Экологические {F3}
Прибрежная арктическая территория (зона) (Т <sub>1</sub> )	Экономические, экологические, социальные, проекты по поддержке традиционной хозяйственной деятельности (Э, (ГП <sub>н</sub> )) ∪ (С, (ГП <sub>н</sub> )) ∪ (ТТ <sub>м</sub> , (ГП <sub>н</sub> )) ∪ (Эк, (ГП <sub>н</sub> ))	Объем производства на прибрежных территориях(Экр <sub>1</sub> )	Обеспеченность жильем на 1 жителя (достижение социальных нормативов)(СКр <sub>1</sub> )	Минимизация экологического ущерба, (ЭкКр <sub>1</sub> )
		Добыча минерально-сырьевых ресурсов, нефти и газа (Экр <sub>2</sub> )	Создание новых рабочих мест (СКр <sub>2</sub> )	Снижение загрязнение окружающей среды(ЭкКр <sub>2</sub> );
		Объемы перевозки грузов по СМП, (Экр <sub>3</sub> )	Снижение уровня безработицы(СКр <sub>3</sub> )	Снижение выбросов парниковых газов, (ЭкКр <sub>3</sub> );
		Затраты на производство продукции и перевозку грузов (Экр <sub>4</sub> )	Повышение доходов местного населения (СКр <sub>4</sub> )	Увеличение доли утилизируемых и перерабатываемых отходов (ЭкКр <sub>4</sub> )
		Развитие инфраструктуры (Экр <sub>5</sub> )	Повышение уровня доступности цифровых услуг (СКр <sub>5</sub> )	Ликвидация экологического ущерба, рекультивация земель, га (ЭкКр <sub>5</sub> )
		Объем выпуска продовольственной продукции из местного сырья (Экр <sub>6</sub> )	Рост численности местного населения (СКр <sub>6</sub> )	Введение в строй природоохранных мощностей (ЭкКр <sub>6</sub> )
		Рост объемов производства электроэнергии, включая возобновляемые источники энергии (Экр <sub>8</sub> )	Рост транспортной доступности арктических территорий (СКр <sub>8</sub> )	
Особо охраняемые природные территории (т <sub>2</sub> )	Экологические (климатические), социальные	-	Рост туристов в пределах экологической емкости территории, посетивших национальные парки и ООПТ, чел. (СКр <sub>7</sub> );	Сохранение биоразнообразия (ЭкКр <sub>7</sub> )
Территории опережающего развития (ТОР) (т <sub>3</sub> )	Все типы проектов	Критерий сохраняется	Критерий сохраняется	Критерий сохраняется
Территории традиционного природопользования (т <sub>4</sub> )	Экономические проекты (разведка и добыча полезных ископаемых, инфраструктурные проекты с учетом интересов коренных народов, экологические проекты	Объем производства продукции традиционных промыслов (Экр <sub>6</sub> )	Сохранение объектов культуры и этноса коренных народов (СКр <sub>6</sub> )	Сохранение объектов и территорий традиционных промыслов (ЭкКр <sub>6</sub> )
			Содействие занятости населения (новые рабочие места)	
			Повышение доходов местного населения	

Источник: составлено автором

Таблица 5. Структура предпочтений оценочных критериев реализации инвестиционных проектов для территории (Т<sub>i</sub>)  
Table 5. Structure of preferences of evaluation criteria implementation of investment projects for the territory (Ti)

μ(F <sub>i</sub> , F <sub>j</sub> )   (Т <sub>i</sub> )		Экономические			Социальные			Экологические		
		Экр <sub>1</sub>	...	...	СКр <sub>1</sub>	...	...	ЭкКр <sub>1</sub>	...	...
Экономические	Экр <sub>1</sub>	1								
	...		1							
	...			1						
Социальные	СКр <sub>1</sub>				1					
	...					1				
	...						1			
Экологические	ЭкКр <sub>1</sub>							1		
	...								1	
	...									1

Источник: составлено автором

3.2. Создание экологической инфраструктуры, с. Кюсюр.

3.3. Очистка территории п. Тикси от накопленного металлолома (проект «Чистая страна»).

3.4. Строительство полигона по переработке ТКО в с. Сиктях.

В рамках исследования выполнена оценка проектов экономической, социальной и экологической направленности по множеству экономических, экологических и социальных критериев, а также сформирована структура предпочтений оценочных критериев реализации инвестиционных проектов на основе экспертно-моделирующих процедур. В рамках исследования сформированы предпочтения на множестве инвестиционных проектов. К примеру, для проектов экономической направленности структура предпочтений имеет следующий вид:

Приоритет 1.

1.1. Добыча редкоземельных металлов на месторождении Томтор (ЭП1).

1.2. Создание Хатангского транспортно-логистического центра (порт Хатанга) (ЭП2).

1.3. Создание производств и инфраструктуры по добыче золота на месторождении Кючюс (ЭП3).

Приоритет 2.

1.4. Строительство энергетических объектов (мини-АЭС в п. Усть-Куйга, мини-ТЭЦ на местном топливе, объектов возобновляемой энергетики (ЭП4).

1.5. Строительство новых энергетических объектов в прибрежных арктических районах (ЭП5).

Приоритет 3.

1.6. Развитие инфраструктуры порта в п. Юрюнг-Хая (ЭП6).

1.7. Строительство автозимника по маршруту месторождение Томтор — морской порт Хатанга для развитие прибрежных населенных пунктов арктической зоны Якутии, Чукотки и Красноярского края) (ЭП7).

1.8. Строительство круглогодичной технологической автодороги от месторождения Кючюс до р. Яна (ЭП8).

Для проектов социальной направленности структура предпочтений имеет следующий вид:

Приоритет 1.

1.9. Строительство жилья, социальных объектов в с. Оленек, Оленекский район (СП4).

1.10. Развитие производств по переработке рыбы на базе родовой общины «Чекуровка» (СП3).

1.11. Строительство причалов для стоянок теплоходов в арктических поселках. Развитие арктического туризма, улучшение транспортной доступности населения (СП5).

Приоритет 2.

1.12. Развитие традиционных промыслов коренных народов (создание производств по переработке рыбы и мяса в с. Юрюнг-Хая и с. Саскылах (СП2).

1.13. Развитие арктического туризма на Новосибирских островах (СП1).

Приоритет 3.

1.14. Строительство дороги Кулар — с. Хайыр. Усть-Янский район. Улучшение транспортной доступности населения (СП6).

Для проектов природоохранной и климатической направленности структура предпочтений имеет следующий вид:

Приоритет 1.

1.15. Ликвидация прошлого (накопленного) экологической ущерба на Куларской золотоизвлекательной фабрике и рекультивация нарушенных земель (ЭкП1).

Приоритет 2.

1.16. Создание экологической инфраструктуры в с. Кюсюр (ЭкП2).

1.17. Строительство полигона по утилизации ТКО в с. Сиктях (ЭкП4).

Приоритет 3.

1.18. Очистка территории п. Тикси от накопленного металлолома (проект «Чистая страна») (ЭкП3) (рис. 1).

Таким образом, путем статистической обработки сводки и кластерной группировки полученные значения оценочных критериев рассмотренные проекты каждой группы распределяются по предложенным территориям пространственного развития.

**Заключение.** Результаты исследования и предложенный алгоритм позволяют обосновать выбор приоритетных инвестиционных проектов из их множества для их финансирования и пространственного развития определенной аркти-

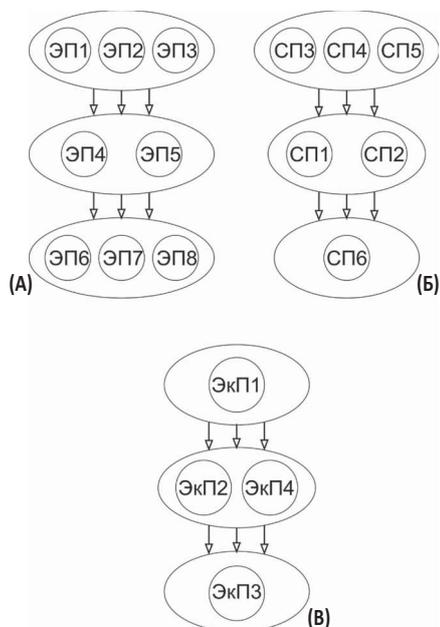


Рисунок 1. Структура предпочтений инвестиционных проектов ((А) — экономических, (Б) — социальных, (В) — экологических), сформированные по множеству оценочных критериев.  
Figure 1. Preference structures of investment projects ((A) — economic, (B) — social, (C) — environmental), formed according to a variety of evaluation criteria.

Источник: составлено автором

ческой территории [17]. Реализация предложенного подхода направлена на решение задачи выбора инвестиционных проектов по их приоритетности с учетом множества оценочных критериев, а также осуществлять их ранжирование.

Предложенный методический подход направлен на гармонизацию интересов заинтересованных сторон (бизнеса, добывающих компаний, коренных малочисленных народов) в целях пространственного развития арктических территорий, позволяет в комплексе реализовать мероприятия по рациональному использованию земель, развитию сельскохозяйственного производства на основе использования местного сырья и поддержки проектов традиционных отраслей Севера.

**Список источников**

1. Потравный И.М., Калаврий Т.Ю., Ларин А.С. Анализ влияния крупномасштабных проектов в сфере природопользования: экологические и социальные аспекты // ЭКО. 2013. № 11(473). С. 145-158.
2. Власова Т.К., Волков С.Г. Мировой опыт оценки жизнеспособности традиционной сельскохозяйственной деятельности в быстроменяющейся Арктике // Экономика сельского хозяйства России. 2019. № 10. С. 98-104. DOI: 10.32651/1910-99.
3. Новиков А.В. Анализ земельных ресурсов прибрежной Арктической зоны Республики Саха (Якутия) // Горизонты экономики. 2021. № 2(61). С. 98-103.
4. Nosov S.I., Bondarev B.E., Gladkov A.A., Gassiy V. Land Resources Evaluation for Damage Compensation to Indigenous Peoples in the Arctic (Case-Study of Anabar Region in Yakutia). Resources. 2019, 8, 143. DOI: 10.3390/resources8030143
5. Novoselov A., Potravny I., Novoselova I.Yu., Gassy V.V., Sharkova A.V. Harmonization of interests During Arctic industrial Development: the Case of mining Corporation and indigenous Peoples in Russia // Polar Science. 2023. T. 35, p. 100915.

**Информация об авторе:**

**Новиков Алексей Витальевич**, кандидат экономических наук, доцент кафедры градостроительства и пространственного развития, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5926-4700>, [novikovav@guz.ru](mailto:novikovav@guz.ru)

**Information about the author:**

**Aleksey V. Novikov**, candidate of economic sciences, associate professor of the department of urban planning and spatial development, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5926-4700>, [novikovav@guz.ru](mailto:novikovav@guz.ru)

6. Новиков А.В. Экономика прибрежных территорий Арктики: анализ состояния и тенденции развития // Арктика: экология и экономика. 2022. Т. 12, № 2. С. 200-210. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-200-210.
7. Потравный И.М., Новиков А.В., Чавез Феррейра К.И. Ликвидация объектов накопленного экологического ущерба в прибрежной арктической зоне на основе методов есг-финансирования // Экология и промышленность России, 2022. Т. 26. № 10. С. 60-65. DOI: 10.18412/1816-0395-2022-10-60-65
8. Новиков А.В. Арктический вектор угольной политики в контексте пространственного развития прибрежных территорий // Уголь, 2022. № 2 (1151). С. 50-54. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-2-50-54
9. Новиков А.В., Потравный И.М. К вопросу о типологии и регулировании пространственного развития прибрежных арктических территорий. В сборнике: Глобальные вызовы и национальные экологические интересы: экономические и социальные аспекты. Сборник материалов XVII международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики. 3-8 июля 2023 г. Под редакцией Т.О. Тагаевой, Л.К. Казанцевой. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2023. С. 312-317 (422 с.).
10. Новиков А.В., Потравный И.М. Эколого-экономический анализ влияния транспортировки полезных ископаемых на земельные ресурсы на месторождении Томтор. Островские чтения. 2022. № 1. С. 103-107.
11. Potravny I., Novoselov A., Novoselova I., Chávez Ferreyra K.Y., Gassiy V. Route Selection for Minerals' Transportation to Ensure Sustainability of the Arctic // Sustainability. 2022, 14(23), 16039. DOI: 10.3390/su142316039 — 01 Dec 2022
12. Потравный И.М., Баглаева В.О. Об интеграции задач экологического аудита и этнологической экспертизы при обосновании проектов хозяйственного освоения территории // Горизонты экономики. 2015. № 5 (24). С. 44-47.
13. Слепцов А.Н., Потравная Е.В., Кривошапкина О.В. Как учесть мнение населения при промышленном освоении Арктики // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. Гуманитарные и общественные науки, 2023, № 2 (113). С. 35-46. DOI: 10.22204/2587-8956-2023-113-02-35-48
14. Потравная Е.В., Кривошапкина О.А. Оценка приоритетности компенсационных проектов различными группами населения при промышленном освоении Арктики // Вестник университета. 2022. № 1. С. 175-187.
15. Potravnaya E., Kim H.-J. Economic Behavior of the indigenous peoples in the context of the industrial development of the Russian Arctic: a gender-sensitive Approach // Region. 2020. Т. 9. № 2. С. 101-126.
16. Потравная Е.В. Как промышленное освоение Арктики способствует народосбережению и повышению качества жизни народов Севера? // Уровень жизни населения регионов России. 2022. Т. 18. № 4. С. 555-563.
17. Ноговицын Р.Р., Софронова Т.С., Новиков А.В. Арктический фонд: возможности повышения эффективности формирования доходной базы // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. № 2. С. 104-116. DOI: 10.37614/2220-802X.2.2023.80.007

**References**

1. Potravny I.M., Kalavry T.Yu., Larin A.S. (2013). *Analiz vliyaniya krupnomasshtabnykh projektov v sfere prirodnopol'zovaniya: ekologicheskie i social'nye aspekty* [Analysis of the impact of large-scale projects in the field of nature management: ecological and social aspects], *ECC*, no. 11 (473), pp. 145-158.
2. Vlasova T.K., Volkov S.G. (2019). *Mirovoj opyt ocenki zhiznesposobnosti tradicionnoy sel'skhozjajstvennoy deyatel'nosti v bystroizmenyayushcheysya Arktike* [World experience in assessing the viability of traditional agricultural activities in the rapidly changing Arctic]. *The economics of agriculture in Russia*, no. 10, pp. 98-104. DOI: 10.32651/1910-99.
3. Novikov A.V. (2021). *Analiz zemel'nykh resursov pribrezhnoj Arkticheskoy zony Respubliki Saha (Yakutiya)* [Analysis of land resources of the coastal Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Horizons of Economics*, no. 2(61), pp. 98-103.
4. Nosov S.I., Bondarev B.E., Gladkov A.A., Gassiy V. (2019). *Land Resources Evaluation for Damage Compensation to Indigenous Peoples in the Arctic (Case-Study of Anabar Region in Yakutia)*. *Resources*, 8, 143. DOI: 10.3390/resources8030143

5. Novoselov A., Potravny I., Novoselova I.Yu., Gassy V.V., Sharkova A.V.(2023). *Harmonization of interests During Arctic industrial Development: the Case of mining Corporation and indigenous Peoples in Russia*. *Polar Science*. T. 35. p. 100915.
6. Novikov A.V. (2022). *Ekonomika pribrezhnykh territorij Arktiki: analiz sostoyaniya i tendencii razvitiya* [The economy of the coastal Arctic zones: analysis of the state and development trends]. *Arktika: ekologiya i ekonomika. [Arctic: Ecology and Economy]*, vol. 12, no. 2, pp. 200-210. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-200-210.
7. Potravny, I.M., Novikov, A.V., Chávez Ferreyra, K.Ye. (2022). *Likvidaciya ob'ektov nakoplenno ego ekologicheskogo ushcherba v pribrezhnoj arkticheskoy zone na osnove metodov esg-finansirovaniya* [Liquidation of Objects of Accumulated Environmental Damage in the Coastal Arctic Zone Based on Esg-financing Methods]. *Ecology and Industry of Russia*, vol. 26, no. 10, pp. 60-65. DOI: 10.18412/1816-0395-2022-10-60-65
8. Novikov A.V. (2022). *Arkticheskij vektor ugo'noj politiki v kontekste prostranstvennogo razvitiya pribrezhnykh territorij* [Arctic vector of coal policy in the context of spatial development of coastal territories]. *Ugol' — Russian Coal Journal*, № 2, pp. 50-54. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-2-50-54.
9. Novikov A.V., Potravny I.M. (2023). *K voprosu o tipologii i regulirovaniy prostranstvennogo razvitiya pribrezhnykh arkticheskikh territorij. V sbornike: Global'nye vyzovy i nacional'nye ekologicheskie interesy: ekonomicheskie i social'nye aspekty* [On the typology and regulation of spatial development of coastal Arctic territories. In the collection: *Global Challenges and National Environmental Interests: Economic and Social aspects*. Collection of materials of the XVII International Scientific and Practical Conference of the Russian Society of Ecological Economics]. 3-8 Yuli 2023, edited by T.O. Tagaeva, L.K. Kazantseva. *Novosibirsk*, pp. 312-317 (422 p.).
10. Novikov A.V., Potravny I.M. (2022). *Ekologo-ekonomicheskij analiz vliyaniya transportirovki poleznykh iskopayemykh na zemel'nye resursy na mestorozhdenii Tomtor* [Ecological and economic analysis of the impact of mineral transportation on land resources at the Tomtor]. *Ostrovskie Readings deposit*, no. 1, pp. 103-107.
11. Potravny I., Novoselov A., Novoselova I., Chávez Ferreyra K.Y., Gassiy V. (2022). *Route Selection for Minerals' Transportation to Ensure Sustainability of the Arctic Sustainability*, 14(23), 16039. DOI: 10.3390/su142316039 — 01 Dec 2022
12. Potravny I.M., Baglaeva V.O. (2015). *Ob integracii zadach ekologicheskogo audita i etnologicheskoy ekspertizy pri obosnovanii projektov hozjajstvennogo osvoeniya territorii* [On the integration of tasks of environmental audit and ethnological expertise in the justification of projects of economic development of the territory]. *Horizons of Economics*, no. 5 (24), pp. 44-47.
13. Sleptsov A.N., Potravnaya E.V. Krivoshapkina O.A. (2023). *Kak uchest' mnenie naseleniya pri promyshlennom osvoenii Arktiki* [How to Account for Public Opinion in the Commercial Exploitation of the Arctic]. *Russian Foundation for Basic Research Journal Humanities and Social Sciences*, no. 2 (113), pp. 35-46. DOI: 10.22204/2587-8956-2023-113-02-35-48.
14. Potravnaya E.V., Krivoshapkina O.A. (2022). *Ocenka prioritnosti kompensacionnykh projektov razlichnymi grupami naseleniya pri promyshlennom osvoenii Arktiki* [Assessment of the priority of compensation projects by various groups of the population in the industrial development of the Arctic]. *Bulletin of the University*, no. 1, pp. 175-187.
15. Potravnaya E., Kim H.-J. (2020). *Economic Behavior of the indigenous peoples in the context of the industrial development of the Russian Arctic: a gender-sensitive Approach*. *Region*, vol. 9, no. 2, pp. 101-126.
16. Potravnaya E.V. (2022). *Kak promyshlennoe osvoenie Arktiki sposobstvuet narodoberezeniyu i povysheniyu kachestva zhizni narodov Severa? [How does industrial development of the Arctic contribute to the conservation of people and improve the quality of life of the peoples of the North?]*. *Living Standards of the Population in the Regions of Russia*, vol. 18, no. 4, pp. 554-562. DOI: 10.19181/lsprr.2022.18.4.11.
17. Nogovitsyn R.R., Sofronova T.S., Novikov A.V. (2023). *Arkticheskij fond: vozmozhnosti povysheniya effektivnosti formirovaniya dohodnoj bazy* [The Arctic Fund: Opportunities for enhancing tax income generation]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo porjadyka* [The North and the Market: Forming the Economic Order], no. 2, pp. 104-116. DOI: 10.37614/2220-811. 02X.2.2023.80.007.





Научная статья

УДК 339.54.012+338.001.36

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_188

## ВЫСОКОВИРУЛЕНТНЫЕ И СПЕЦИФИЧНЫЕ БИОПЕСТИЦИДЫ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ

А.Г. Шухалова, С.А. Тимофеев, В.В. Долгих

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** Использование энтомопатогенных грибов является перспективным направлением в биологической борьбе с насекомыми вредителями. Важными преимуществами этой методики является простота культивирования этих грибов, а также их безопасность для всех живых организмов кроме насекомых. Однако этот подход не лишен существенных недостатков, главным из которых являются относительно низкая вирулентность данных паразитов насекомых. Эта проблема может быть решена за счет генетической модификации используемых штаммов. В данном обзоре представлены актуальные данные о создании новых биопестицидов на основе таких штаммов и об их возможном применении в сельском хозяйстве. Основными методами трансформации энтомопатогенных грибов являются полиэтиленгликоль-опосредованная трансформация протопластов, трансформация с помощью агробактерий, электропорация пророщенных конидий и химическая трансформация бластоспор. В геном этих организмов встраивают последовательности, кодирующие различные эффекторные молекулы, способные негативно воздействовать на зараженных ими насекомых, например токсины из ядов хищных насекомых или паразитоидов. Недавно были созданы первые штаммы энтомопатогенных грибов, секретирующих в организм зараженных насекомых двуцепочечные РНК, способные подавлять экспрессию их жизненно важных белков. Повышение вирулентности данных штаммов происходит специфично к конкретному виду насекомого вредителя. Для эффективного применения подобных пестицидов важно обеспечить доставку энтомопатогенного гриба к вредителю. Основными способами является полив растений или почвы, опрыскивание, замачивание корней или семян, использование насекомых-переносчиков. Самым распространенным способом является полив растений. В то же время хотя при внесении в почву энтомопатогенные грибы заражают только насекомых, которые находятся в грунте, в этом случае они наиболее защищены от воздействия внешних условий. Против кровососущих насекомых, как клещи и комары, можно использовать опрыскивание скота и жилой площади.

**Ключевые слова:** биопестициды, энтомопатогенные грибы, генетическая модификация, *Metarrhizium*, *Beauveria*, *Lecanicillium*

**Благодарности:** исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 23-26-00039.

Original article

## HIGHLY VIRULENT AND SPECIFIC BIOPESTICIDES BASED ON GENETICALLY MODIFIED ENTOMOPATHOGENIC FUNGI

A.G. Shukhalova, S.A. Timofeev, V.V. Dolgikh

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

**Abstract.** The use of entomopathogenic fungi represents a promising avenue in biological pest control against insect pests. This method offers significant advantages, including the ease of cultivating these fungi and their safety to non-target organisms, apart from insects. Nevertheless, a notable drawback of this approach is the relatively low virulence of entomopathogenic fungi towards insect hosts. This challenge can be addressed through genetic modification of the fungal strains. This review provides up-to-date insights into the development of novel biopesticides based on genetically modified strains and their potential applications in agriculture. The main methods of transformation of entomopathogenic fungi are polyethylene glycol-mediated transformation of protoplasts, transformation using agrobacteria, electroporation of germinated conidia and chemical transformation of blastospores. Incorporation of sequences encoding various effector molecules into the genomes of these organisms is a key strategy, allowing these fungi to negatively impact their infected insect hosts. Recent advancements have led to the creation of strains that secrete double-stranded RNA (dsRNA), targeting essential insect proteins, thus enhancing their virulence. Importantly, the enhancement of virulence in these strains is specific to particular pest insect species. Effective delivery of entomopathogenic fungi to target pests is crucial for the successful application of such biopesticides. Common methods include plant or soil drenching, foliar spraying, root or seed soaking, and the use of insect vectors. Soil drenching, for instance, selectively targets soil-dwelling insects, providing protection against environmental factors. For blood-feeding insects like ticks and mosquitoes, livestock and residential area spraying can be employed. This comprehensive overview sheds light on the genetic strategies for augmenting the insecticidal potential of entomopathogenic fungi and underscores the significance of effective delivery mechanisms for their successful utilization in integrated pest management strategies.

**Keywords:** Biopesticides, entomopathogenic fungi, genetic modification, *Metarrhizium*, *Beauveria*, *Lecanicillium*

**Acknowledgments:** The research was supported by the Russian Science Foundation, project No. 23-26-00039.

**Введение.** В сельском хозяйстве потери урожая без применения мер борьбы с вредителями и сорняками могут достигать от 48% до 83%. Активная защита урожая позволяет снизить эти потери вплоть до 27% [1]. Чаще всего для этого используют химические пестициды, которые, однако, могут оказывать негативное влияние на

здоровье человека и окружающую среду. Биологические методы защиты растений представляют собой безопасную и экологически чистую альтернативу. В этом случае для борьбы с вредителями используют их «естественных» врагов, например разнообразных патогенов, таких как бактерии, вирусы и грибы.

Среди энтомопатогенных грибов в защите растений чаще всего используют представителей трех родов анаморфных аскомицетов (Hypocreales: Cordycipitaceae): *Metarrhizium*, *Beauveria* и *Lecanicillium* [2]. Данные филаментные грибы относительно просты в культивировании и могут быть специфичны самым разным группам



насекомых-вредителей. Их инфекционная стадия — толстостенные и хорошо защищенные споры (конидии) сохраняют инвазионность в течение длительного времени. Еще одним важным преимуществом биоинсектицидов на их основе является то, что данные споры не должны обязательно попадать в пищеварительный тракт насекомого для заражения и способны прорастать сквозь его внешние покровы [3]. Главным недостатком использования энтомопатогенных грибов в качестве биоинсектицидов является их относительно низкая вирулентность, и, соответственно, не высокая скорость уничтожения насекомых-вредителей по сравнению с эффектом химических пестицидов [2]. Также данные патогены чувствительны к некоторым факторам окружающей среды, например к интенсивному ультрафиолетовому излучению. Основным методом, позволяющим повысить вирулентность и устойчивость энтомопатогенных грибов, является их генетическая модификация [3]. В данном обзоре представлены актуальные данные об используемых методах трансформации энтомопатогенных грибов, наиболее эффективных полученных штаммах, а также о методах их возможного использования против насекомых-вредителей.

**Методы трансформации энтомопатогенных грибов.** Основными методами внедрения чужеродных последовательностей в геном энтомопатогенных аскомицетов являются: а) Агробактериальная трансформация; б) полиэтиленгликоль (ПЭГ) опосредованная трансформация; в) электропорация пророщенных конидий; г) химическая трансформация бластоспор [3].

Самый часто используемый метод генетической модификации филаментных грибов — это трансформация с помощью агробактерий. Он основан на способности клубеньковой бактерии *Agrobacterium tumefaciens* переносить генетический материал из опухлеобразующей плазмиды (Ti plasmid) внутри своих клеток в клетки растений и грибов. Таким образом, для встраивания в геном энтомопатогенов определенной последовательности, ее клонируют в составе Ti плазмиды и трансформируют этой конструкцией бактерий. Последних, в свою очередь, инкубируют с конидиями, индуцируя перенос генетического материала условиями, имитирующими образование клубеньков [4].

Полиэтиленгликоль-опосредованная трансформация энтомопатогенных грибов заключается в формировании из их клеток протопластов за счет разрушения их клеточной стенки сложной степенью ферментов. Затем протопласты инкубируют с высококонцентрированным раствором плазмидной ДНК, содержащей встраиваемый ген, а также раствора ПЭГ, который обеспечивает поступление ДНК из раствора внутрь клеток грибов. Механизм, лежащий в основе этого процесса, пока не изучен, по одной из гипотез ПЭГ вызывает адгезию протопластов, что, как считается, облегчает поступление ДНК в клетки грибов [5].

При трансформации с помощью электропорации экзогенная ДНК попадает в клетку организма за счет формирования пор в его клеточной мембране при импульсном воздействии напряжения. Для филаментных грибов этот процесс затруднен наличием у них развитой клеточной стенки, при этом ее разращение ферментами, как в случае использования ПЭГ, не позволяет решить эту проблему, т.к. протопласты не выживают после воздействия электрического поля.

Эффективно применить этот метод оказалось возможно используя для трансформации пророщенные конидии грибов, клеточная стенка которых истончается на небольшом участке клетки, в котором формируется проросток [6]. Условно к трансформации с помощью электропорации можно отнести также опробованный для *B. Bassiana* метод электрослияния (electrofusion) конидий разных штаммов одного вида под воздействием градиентного напряжения, для создания гибридных линий, потенциально сочетающих в себе их положительные свойства [7].

Наиболее простым методом генетической модификации энтомопатогенных грибов является химическая трансформация ацетатом лития. В этом случае необходимо получить бластоспоры — стадию жизненного цикла патогенов, отвечающую за расселение по организму насекомого через гемолимфу и представляющую собой небольшие и тонкостенные одноклеточные споры. Трансформация осуществляется за счет добавления к клеткам раствора, содержащего ацетат лития, который воздействует на клеточную мембрану спор, увеличивая ее пористость, а также процедуры теплового шока [8]. На сегодняшний день этот метод опробован только для *B. Bassiana*.

**Примеры создания штаммов энтомопатогенных грибов с повышенной вирулентностью.**

Первый генетически модифицированный штамм энтомопатогенных грибов с повышенной вирулентностью был создан еще в конце прошлого века. Сент-Лежер и соавторы [9] описали успешную вставку дополнительной копии протеазы *M. anisopliae* в геном того же патогена.

Аналогично, для *B. bassiana* экспрессия экзогенной хитиназы привела к увеличению вирулентности против тлей, в то время как штамм, генетически модифицированный с протеазой *Metarhizium*, продемонстрировал значительное усиление патогенности гриба против чешуекрылых вредителей, таких как *Dendrolimus punctatus* и *Galleria mellonella* [10]. Введение токсина BmKit скорпиона *Buthus martensi* в *L. lecanii* привело к значительному увеличению вирулентности против тлей [11]. Недавно для модификации энтомопатогенных грибов впервые был использован токсин из яда ос наездников. Штамм *B. bassiana* был модифицирован для экспрессии и секреции иммуносупрессорного белка VRF1 из *Microplitis mediator*. Этот трансформант проявил повышенную вирулентность против хлопковой совки *Helicoverpa armigera* [12].

Недавно были получены первые данные о модификации энтомопатогенных грибов путем экспрессии не только белковых молекул, но и двухцепочечной РНК (dsRNA), подавляющей экспрессию определенных генов у насекомых-хозяев. Штаммы *L. attenuatum*, которые экспрессировали dsRNA к генам насекомых, кодирующим белки, участвующие в иммунных реакциях, проявили повышенную вирулентность в отношении цитрусовой белокрылки *Dialeurodes citri* [13].

**Способы доставки энтомопатогенных грибов к вредителям.**

Самым важным этапом в заражении вредных насекомых является успешная доставка биопестицида. Выбор правильного метода зависит от вида членистоногого, погодных условий и территории (рис. 1).

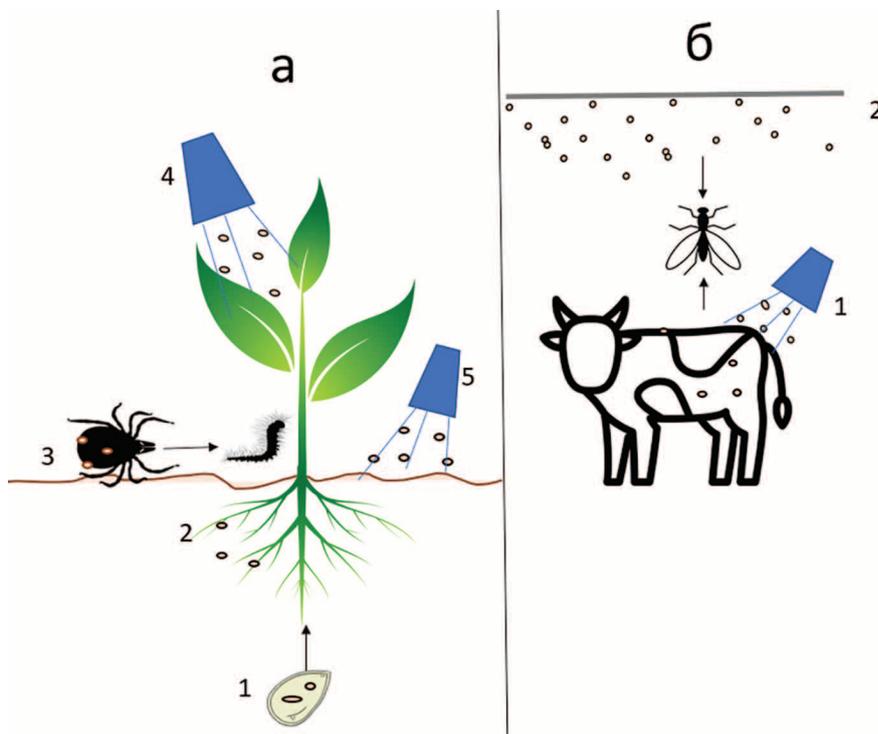


Рисунок 1. Схема методов доставки биопестицидов из энтомопатогенных грибов,

а — методы направленные на насекомых сельскохозяйственных вредителей (1 — замачивание семян, 2 — корневая инокуляция, 3 — использование посредников — клещей, 4 — опрыскивание растений, 5 — опрыскивание или орошение почвы);

б — методы направленные на кровососущих насекомых (1 — опрыскивание животных, 2 — опрыскивание стен)

Figure 1. Scheme of methods for delivering biopesticides from entomopathogenic fungi, a — methods aimed at insects of agricultural pests (1 — soaking seeds, 2 — root inoculation, 3 — using of ticks as carriers, 4 — spraying plants, 5 — spraying or irrigation of soil);

b — methods aimed at blood-sucking insects (1 — spraying animals, 2 — spraying walls)





В полевых условиях или максимально приближенных к ним часто прибегают к стандартному методу полива растения, которое подвергается воздействию вредного членистоногого. Было показано, что опрыскивание биопестицидами из энтомопатогенных грибов результативнее, чем другие методы доставки [14]. Грибные изоляты выращивают на питательном субстрате, например агаре или рисе, в течение 15 дней при 25°C до образования спороносящих конидий. Далее их соскабливают в чистый водный раствор, фильтруют и обрабатывали ультразвуком, определяя жизнеспособность конидий, которая должна быть больше 97%. В другом случае, после инокуляции, высушенный субстрат подвергается просеиванию. Опрыскивание небольшого количества растений может происходить вручную с помощью аэрографа, а сельскохозяйственные угодья обрабатываются с помощью сельскохозяйственных самолетов [15].

Еще одними популярными способами является инокуляция корневой зоны и семян. Известно, что некоторые виды эндофитных энтомопатогенных грибов систематически колонизируют растения и формируют симбиотические взаимоотношения, увеличивая их жизнеспособность [16]. Искусственно внесение энтомопатогенных грибов также позволяет достичь такого эффекта. Для инокуляции берут корни или клубни растения, опускают его в грибковые изоляты на несколько минут и пересаживают в индивидуальные горшки. Аналогично происходит замачивание семян. После прорастания их погружают в суспензию конидий, переносят в емкость с питательной средой и через 24 часа в емкости для проращивания во влажных условиях [17].

Некоторые насекомые находятся в почве большую часть своего жизненного цикла. Для биоконтроля таких насекомых разработан метод орошения почвы. Оно может осуществляться суспензией спор или водным раствором, содержащим конидии с нанесенными на них маслами. Наиболее эффективен этот способ на грунтовых поверхностях с травой, листьями или гравием [18]. Одним из методов биологической защиты растений является использование хищных клещей, поедающих фитофагов-вредителей. Эффект этой методики можно значительно увеличить, используя клещей в качестве "посредника" для транспортировки энтомопатогенных грибов в популяцию вредителей. Было показано, что простого нанесения конидий грибов на хищных клещей достаточно для значительного увеличения скорости сокращения популяции вредителя уже через 48 часов после начала эксперимента [18].

Для биологической защиты от кровососущих насекомых используя методы с опрыскиванием стен или сельскохозяйственных животных. Последний направлен на животных, которые уже подвержены действию вредителя. Животных опрыскивают суспензией спор энтомопатогенных грибов с помощью гидравлического распыления [19]. Опрыскивание стен направлено на борьбу с опасными кровососущими насекомыми человека, как малярийные комары. В экспериментах по опрыскиванию разных материалов было показано, что глиняные панели и хлопчатобумажная ткань подходят для эффективного заражения комаров лучше, чем полиэфирная сетка [20].

**Выводы.** Для создания высоковирулентных и специфичных биопестицидов на основе

генетически модифицированных энтомопатогенных грибов используется их генетическая модификация. Чаще всего для этого используют трансформацию с помощью агробактерий, самый трудоемкий, но универсальный и проработанный метод. Упрощенными методиками являются трансформация с помощью ПЭГ, ацетата лития и электропорация пророщенных конидий, которые, однако, опробованы не для всех видов патогенов, используемых в защите растений. На сегодняшний день уже созданы десятки штаммов грибов, демонстрирующие повышенную вирулентность к вредителям и эффективно экспрессирующие и секретирующие чужеродные молекулы, протеазы, хитиназы, токсины и т.д. Недавно были созданы первые наиболее специфичные энтомопатогены, способные секретировать двуцепочечные РНК, блокирующие экспрессию различных генов вредителей. Для доставки энтомопатогенных грибов чаще всего используют опрыскивание листьев и замачивание корней суспензией, содержащей конидии. Также удобна обработка почвы с помощью полива или орошения. Нахождение спор в земле уменьшает действие абиотических факторов среды, так как они не подвергаются воздействию солнечного света и перепадам температуры. Также этот метод можно использовать не только для насекомых, постоянно обитающих в земле, но и для членистоногого, попадающих на поверхность в какой-либо стадии развития. Однако для насекомых, обитающих на растениях, этот метод не эффективен, а присутствие других видов грибов может подавлять действие биопестицида. Специфичными методами является опрыскивание стен и животных, так как они подойдут только для кровососущих насекомых, таких как клещи и комары. А инокуляция семян и корней или использование переносчика — хищного клеща, используются редко, так как в этом случае нет возможности контролировать количество переносимых спор.

#### Список источников

1. Oerke E.C. & Dehne H.W. (2004). Safeguarding production — losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection*, vol. 23, no 4, pp. 275–285
2. Lovett B. & St Leger R.J. (2018) Genetically engineering better fungal biopesticides. *Pest Manag Sci*. vol. 4, no 4, pp. 781–789. doi: 10.1002/ps.4734
3. Тимофеев С.А., В.С. Журавлев В.С., Долгих В.В. Трансформация энтомопатогенных грибов: методический обзор // Вестник защиты растений. 2019. № 100 С. 7–14.
4. Fang W., Zhang Y., Yang X., Zheng X., Duan H., Li Y. & Pei Y. (2004). *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of *Beauveria bassiana* using an herbicide resistance gene as a selection marker. *J Invertebr Pathol*. vol. 85, no 1, pp. 18–24. doi: 10.1016/j.jip.2003.12.003.
5. Kuwano T., Shirataki C. & Itoh Y. (2008) Comparison between polyethylene glycol- and polyethylenimine-mediated transformation of *Aspergillus nidulans*. *Curr Genet*. vol. 54, no 2, pp. 95–103.
6. Jin K., Zhang Y., Luo Z., Xiao Y., Fan Y., Wu D. & Pei Y. (2008). An improved method for *Beauveria bassiana* transformation using phosphinothricin acetyltransferase and green fluorescent protein fusion gene as a selectable and visible marker. *Biotechnol Lett*. vol. 30, no 8, pp. 1379–1383. doi: 10.1007/s10529-008-9713-6
7. Davari A., Skinner M. & Parker B. (2018). Cell electroporation to improve efficacy and thermotolerance of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*. *Journal*

of Applied Microbiology. vol. 125, no 5, pp. 1482–1493. doi: 10.1111/jam.14031

8. Ying S.H. & Feng M.G. (2006) Medium components and culture conditions affect the thermotolerance of aerial conidia of fungal biocontrol agent *Beauveria bassiana*. *lett Appl Microbiol*. vol. 43, pp. 331–335. doi: 10.1111/j.1472-765X.2006.01947.x

9. St Leger R.J., Joshi L., Bidochka M.J. & Roberts D.W. (1996). Construction of an improved mycoinsecticide over-expressing a toxic protease. *Proc Natl Acad Sci USA*. vol. 93, pp. 6349–6354. doi: 10.1073/pnas.93.13.6349

10. Lu D., Pava-Ripoll M., Li Z. & Wang C. (2008). Insecticidal evaluation of *Beauveria bassiana* engineered to express a scorpion neurotoxin and a cuticle degrading protease. *Appl Microbiol Biotechnol*. vol. 81, no 3, pp. 515–522. doi: 10.1007/s00253-008-1695-8

11. Ming X., Yan J.Z., Xiao M.Z., Jin J.Z., De Liang P. & Gang W. 2015. Expression of a scorpion toxin gene BmKit enhances the virulence of *Lecanicillium lecanii* against aphids. *J Pest Sci*. vol. 88, pp. 637–644.

12. Zeng S., Lin Z., Yu X., Zhang J. & Zou Z. (2023) Expressing Parasitoid Venom Protein VRF1 in an Entomopathogen *Beauveria bassiana* Enhances Virulence toward Cotton Bollworm *Helicoverpa armigera*. *Appl Environ Microbiol*. vol. 89, no 6, pp. e0070523. doi: 10.1128/aem.00705-23

13. Yu H., Meng J., Xu J., Liu T. & Wang D. (2015). A Novel Neurotoxin Gene ar1b Recombination Enhances the Efficiency of *Helicoverpa armigera* Nucleopolyhedrovirus as a Pesticide by Inhibiting the Host Larvae Ability to Feed and Grow. *PLoS ONE*. vol. 10, no 8, pp. e0135279. doi: 10.1371/journal.pone.0135279

14. González-Mas N., Sánchez-Ortiz A., Valverde-García P. & Quesada-Moraga E. (2019). Effects of Endophytic Entomopathogenic Ascomycetes on the Life-History Traits of *Aphis gossypii* Glover and Its Interactions with Melon Plants. *Insects*. vol. 10, no 6, pp. 165. doi: 10.3390/insects10060165

15. Ramos Aguila L.C., Sánchez Moreano J.P., Akutse K.S., Bamisile B.S., Liu J., Haider F.U., Ashraf H.J. & Wang L. (2023). Comprehensive genome-wide identification and expression profiling of ADF gene family in *Citrus sinensis*, induced by endophytic colonization of *Beauveria bassiana*. *Int J Biol Macromol*. vol. 225, pp. 886–898. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2022.11.153

16. Wilcken C.F., Dal Pogetto M.H. F.D.A., Lima A.C. V., Soliman E.P., Fernandes B.V., da Silva I.M., Zanuncio A.J. V., Barbosa L.R. & Zanuncio J.C. (2019) Chemical vs entomopathogenic control of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) via aerial application in eucalyptus plantations. *Sci Rep*. vol. 9, no 1, pp. 416. doi: 10.1038/s41598-019-45802-y

17. Barra-Bucarei L., France Iglesias A., Gerding González M., Silva Aguayo G., Carrasco-Fernández J., Castro J.F. & Ortiz Campos J. (2019). Antifungal Activity of *Beauveria bassiana* Endophyte against *Botrytis cinerea* in Two Solanaceae Crops. *Microorganisms*. vol. 8, no 1, pp. 65. doi: 10.3390/microorganisms8010065.

18. Lin G., Guertin C., Di Paolo S.A., Todorova S. & Brodeur J. (2019). Phytoseiid predatory mites can disperse entomopathogenic fungi to prey patches. *Sci Rep*. vol. 9, no 1, pp. 19435. doi: 10.1038/s41598-019-55499-8.

19. Rodriguez-Vivas R.I., Jonsson N.N. & Bhushan C. (2018). Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. *Parasitology Research*, vol. 117, pp. 3–29. doi.org/10.1007/s00436-017-5677-6

20. Mnyone L.L., Kirby M.J., Lwetoijera D.W., Mpingwa M.W., Simfukwe E.T., Knols B.G., Takken W. & Russell T.L. (2010). Tools for delivering entomopathogenic fungi to malaria mosquitoes: effects of delivery surfaces on fungal efficacy and persistence. *Malar J*. vol. 9, pp. 246. doi: 10.1186/1475-2875-9-246.



References

1. Oerke E.C. & Dehne H.W. (2004). Safeguarding production — losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection*, vol. 23, no 4, pp. 275–285

2. Lovett B. & St Leger R.J. (2018) Genetically engineering better fungal biopesticides. *Pest Manag Sci*. vol. 4, no 4, pp. 781–789. doi: 10.1002/ps.4734

3. Timofeev S., Zhuravlev V., & Dolgikh V. (2019). Transformation of entomopathogenic fungi: a methodological review. *Plant Protection News*, vol. 100, no 2, pp. 7–14 doi: 10.31993/2308-6459-2019-2(100)-7-14

4. Fang W., Zhang Y., Yang X., Zheng X., Duan H., Li Y. & Pei Y. (2004). *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of *Beauveria bassiana* using an herbicide resistance gene as a selection marker. *J Invertebr Pathol*. vol. 85, no 1, pp. 18–24. doi: 10.1016/j.jip.2003.12.003.

5. Kuwano T., Shirataki C. & Itoh Y. (2008) Comparison between polyethylene glycol- and polyethylenimine-mediated transformation of *Aspergillus nidulans*. *Curr Genet*. vol. 54, no 2, pp. 95–103.

6. Jin K., Zhang Y., Luo Z., Xiao Y., Fan Y., Wu D. & Pei Y. (2008). An improved method for *Beauveria bassiana* transformation using phosphinothricin acetyltransferase and green fluorescent protein fusion gene as a selectable and visible marker. *Biotechnol Lett*. vol. 30, no 8, pp. 1379–1383. doi: 10.1007/s10529-008-9713-6

7. Davari A., Skinner M. & Parker B. (2018). Cell electrofusion to improve efficacy and thermotolerance of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*. *Journal of Applied Microbiology*. vol. 125, no 5, pp. 1482–1493. doi: 10.1111/jam.14031

8. Ying S.H. & Feng M.G. (2006) Medium components and culture conditions affect the thermotolerance of aerial conidia of fungal biocontrol agent *Beauveria bassiana*. *Let*

*Appl Microbiol*. vol. 43, pp. 331–335. doi: 10.1111/j.1472-765X.2006.01947.x

9. St Leger R.J., Joshi L., Bidochka M.J. & Roberts D.W. (1996). Construction of an improved mycoinsecticide over-expressing a toxic protease. *Proc Natl Acad Sci USA*. vol. 93, pp. 6349–6354. doi: 10.1073/pnas.93.13.6349

10. Lu D., Pava-Ripoll M., Li Z. & Wang C. (2008). Insecticidal evaluation of *Beauveria bassiana* engineered to express a scorpion neurotoxin and a cuticle degrading protease. *Appl Microbiol Biotechnol*. vol. 81, no 3, pp. 515–522. doi: 10.1007/s00253-008-1695-8

11. Ming X., Yan J.Z., Xiao M.Z., Jin J.Z., De Liang P. & Gang W. 2015. Expression of a scorpion toxin gene BmKit enhances the virulence of *Lecanicillium lecanii* against aphids. *J Pest Sci*. vol. 88, pp. 637–644.

12. Zeng S., Lin Z., Yu X., Zhang J. & Zou Z. (2023) Expressing Parasitoid Venom Protein VRF1 in an Entomopathogen *Beauveria bassiana* Enhances Virulence toward Cotton Bollworm *Helicoverpa armigera*. *Appl Environ Microbiol*. vol. 89, no 6, pp. e0070523. doi: 10.1128/aem.00705-23

13. Yu H., Meng J., Xu J., Liu T. & Wang D. (2015). A Novel Neurotoxin Gene ar1b Recombination Enhances the Efficiency of *Helicoverpa armigera* Nucleopolyhedrovirus as a Pesticide by Inhibiting the Host Larvae Ability to Feed and Grow. *PLoS ONE*. vol. 10, no 8, pp. e0135279. doi: 10.1371/journal.pone.0135279

14. González-Mas N., Sánchez-Ortiz A., Valverde-García P. & Quesada-Moraga E. (2019). Effects of Endophytic Entomopathogenic Ascomycetes on the Life-History Traits of *Aphis gossypii* Glover and Its Interactions with Melon Plants. *Insects*. vol. 10, no 6, pp. 165. doi: 10.3390/insects1006165

15. Ramos Aguila L.C., Sánchez Moreano J.P., Akutse K.S., Bamisile B.S., Liu J., Haider F.U., Ashraf H.J. & Wang L.

(2023). Comprehensive genome-wide identification and expression profiling of ADF gene family in *Citrus sinensis*, induced by endophytic colonization of *Beauveria bassiana*. *Int J Biol Macromol*. vol. 225, pp. 886–898. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2022.11.153

16. Wilcen C.F., Dal Pogetto M.H. F.D.A., Lima A.C. V., Soliman E.P., Fernandes B.V., da Silva I.M., Zanuncio A.J. V., Barbosa L.R. & Zanuncio J.C. (2019) Chemical vs entomopathogenic control of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) via aerial application in eucalyptus plantations. *Sci Rep*. vol. 9, no 1, pp. 416. doi: 10.1038/s41598-019-45802-y

17. Barra-Bucarei L., France Iglesias A., Gerding González M., Silva Aguayo G., Carrasco-Fernández J., Castro J.F. & Ortiz Campos J. (2019). Antifungal Activity of *Beauveria bassiana* Endophyte against *Botrytis cinerea* in Two Solanaceae Crops. *Microorganisms*. vol. 8, no 1, pp. 65. doi: 10.3390/microorganisms8010065.

18. Lin G., Guertin C., Di Paolo S.A., Todorova S. & Brodeur J. (2019). Phytoseiid predatory mites can disperse entomopathogenic fungi to prey patches. *Sci Rep*. vol. 9, no 1, pp. 19435. doi: 10.1038/s41598-019-55499-8.

19. Rodríguez-Vivas R.I., Jonsson N.N. & Bhushan C. (2018). Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. *Parasitology Research*, vol. 117, pp. 3–29. doi.org/10.1007/s00436-017-5677-6

20. Mnyone L.L., Kirby M.J., Lwetojira D.W., Mpingwa M.W., Simfukwe E.T., Knols B.G., Takken W. & Russell T.L. (2010). Tools for delivering entomopathogenic fungi to malaria mosquitoes: effects of delivery surfaces on fungal efficacy and persistence. *Malar J*. vol. 9, pp. 246. doi: 10.1186/1475-2875-9-246.

Информация об авторах:

**Шухалова Анастасия Геннадиевна**, лаборант-исследователь лаборатории молекулярной защиты растений, nastyadzh@mail.ru  
**Тимофеев Сергей Александрович**, научный сотрудник лаборатории молекулярной защиты растений, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6664-3971>, Scopus ID: 55623376600, ts-bio@ya.ru  
**Долгих Вячеслав Васильевич**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией молекулярной защиты растений, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2362-2633>, Scopus ID: 26323171300, dol1slav@yahoo.com

Information about the authors:

**Anastasia G. Shukhalova**, research assistant in laboratory of molecular plant protection, nastyadzh@mail.ru  
**Sergey A. Timofeev**, researcher in laboratory of molecular plant protection, All-Russian Institute of Plant Protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6664-3971>, Scopus ID: 55623376600, ts-bio@ya.ru  
**Viacheslav V. Dolgikh**, leading researcher, head of laboratory of molecular plant protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2362-2633>, Scopus ID: 26323171300, dol1slav@yahoo.com

✉ nastyadzh@mail.ru





Научная статья  
УДК 631.67:004.9  
doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_192

## МУЛЬТИКЛАССОВОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ СО СВЕРТОЧНЫМИ СЛОЯМИ ПО ЦВЕТНЫМ АЭРОФОТОСНИМКАМ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

К.Е. Токарев, Н.И. Лебедь

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия

**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания интеллектуальной системы мониторинга состояния посевов сельскохозяйственных культур в период вегетации на значительных площадях. Научная проблема оперативного мониторинга состояния посевов сельскохозяйственных культур с последующим распознаванием их состояния по цветным изображениям, получаемым с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), может быть решена посредством нейросетевых алгоритмов глубокого обучения, обеспечивающих анализ и обработку графической информации. В рамках компьютерной реализации рекуррентной нейронной сети со сверточными слоями авторами сформирован датасет цветных изображений посевов сельскохозяйственных культур, полученных с использованием БПЛА. С целью решения проблемы классового дисбаланса полученного датасета, осуществлена его аугментация путем искусственного добавления новых изображений, полученных на основе уже существующих. Для обучения, реализованной на языке Python, рекуррентной нейронной сети, включающей сверточные слои, сформирована обучающая и тестовая выборки, с разметкой изображений по четырем классам: здоровая растительность («healthy»), пораженная растительность («affected»), почва, незасеянное поле («soil») и прочие объекты («other»). Полученные в ходе исследования результаты распознавания могут быть использованы для создания гибридных архитектур с последующей программной реализацией комплекса нейросетевых моделей, позволяющих выявлять закономерности роста и развития различных групп сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** мультиклассовое распознавание, искусственный интеллект, фитоагроценоз, продуктивность, сверточные нейронные сети

**Благодарности:** исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-21-20041, <https://rscf.ru/project/22-21-20041/> и Волгоградской области.

Original article

## MULTICLASS RECOGNITION OF CROPS BY A RECURRENT DEEP LEARNING NEURAL NETWORK WITH CONVOLUTIONAL LAYERS BASED ON HIGH-RESOLUTION COLOR AERIAL PHOTOGRAPHS

K.E. Tokarev, N.I. Lebed

Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia

**Abstract.** The relevance of the study is due to the need to create an intelligent system for monitoring the state of crops during the growing season on significant areas. The scientific problem of operational monitoring of the state of crops with subsequent recognition of their condition from color images obtained from unmanned aerial vehicles (UAVs) can be solved by means of neural network algorithms of deep learning that provide analysis and processing of graphical information. As part of the computer implementation of a recurrent neural network with convolutional layers, the authors have formed a dataset of color images of crops obtained using UAVs. In order to solve the problem of class imbalance of the resulting dataset, its augmentation was carried out by artificially adding new images obtained on the basis of existing ones. For the training of a recurrent neural network implemented in Python, including convolutional layers, training and test samples were formed, with the marking of images in four classes: healthy vegetation ("healthy"), affected vegetation ("affected"), soil, unseeded field ("soil") and other objects ("other"). The recognition results obtained in the course of the study can be used to create hybrid architectures with subsequent software implementation of a complex of neural network models that allow identifying patterns of growth and development of various groups of crops.

**Keywords:** multiclass recognition, artificial intelligence, phytoagrocenosis, productivity, convolutional neural networks

**Acknowledgments:** the study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 22-21-20041, <https://rscf.ru/project/22-21-20041/> and the Volgograd region.

**Введение.** В Российской Федерации реализуется целый ряд государственных программ для развития современного высокоэффективного сельского хозяйства, в частности, ключевой задачей является переход к цифровому сельскому хозяйству, точному земледелию, активному использованию интеллектуальных технологий в АПК. Актуальность исследования обусловлена тем, что одной из приоритетных задач социально-экономического развития регионов России, в том числе Волгоградской области, в рамках «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» и программы «Цифровое сельское хозяйство» является «Создание

систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта, переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений».

Беспрецедентный прогресс в области глубокого машинного обучения повлиял на многие отрасли, в том числе и на сектор сельского хозяйства. Промышленный характер сельскохозяйственного производства требует создания новых методов его интенсификации, среди которых важное место занимают интеллектуальные

технологии мониторинга и оценки состояния посевов на значительных площадях с использованием средств дистанционного мониторинга.

Научная проблема оперативного мониторинга состояния посевов сельскохозяйственных культур в период вегетации на значительных площадях с последующим распознаванием их состояния по цветным изображениям, получаемым с БПЛА, может быть решена посредством нейросетевых алгоритмов глубокого обучения, обеспечивающих анализ и обработку графической информации.

Изучением проблем оперативного мониторинга посевов в сельскохозяйственном произ-



водстве с использованием данных дистанционного зондирования с последующей обработкой графических данных посвящены работы зарубежных ученых: Kamilaris A. [1], Neetu and Ray S.S. [2], Liakos K.G. [3], Kitonsa N. [4], Гудфеллоу Я. [5], Cheng G. [6] и отечественных ученых: Дубенок Н.Н., Бородычев В.В. [7], Михайленко И.М. [8], Рогачев А.Ф. [9] и других [10-14].

В то же время следует подчеркнуть, что в ходе обзора тематических отечественных и зарубежных научных источников выявлено, что остаются недостаточно изучены проблемы системного подхода к повышению продуктивности фитоагроценозов с использованием искусственного интеллекта и нейросетевых технологий и реализующих их комплексов программ.

**Материалы и методы.** Проведенный авторами обзор подходов к мониторингу состояния фитоагроценозов в период вегетации по данным дистанционного мониторинга позволил выделить следующие направления использования

алгоритмов искусственного интеллекта, применяемых для распознавания, анализа и классификации посевов по цветным аэрофотоснимкам высокого разрешения. В частности, в качестве ключевых подходов отобраны методы глубокого машинного обучения, моделирование на основе нейронных сетей со сверточными слоями, а также алгоритмы компьютерного зрения, мультиклассового распознавания и классификации изображений.

В ходе исследования, по полученным цветным изображениям высокого разрешения класса 4К, осуществлена классификация аэрофотоснимков посевов сельскохозяйственных культур по четырем классам: Classes = [здоровая растительность «healthy», пораженная растительность «affected», почва, незаезанное поле «soil» и прочие объекты «other»]. Для формирования обучающей, тестовой и проверочной выборок использовались цветные изображения высокого разрешения, полученные с использованием камер 4К БПЛА (рис. 1, 2).

Для обучения нейросетевой модели использовалась архитектура 50-слойной модели ResNeXt, базирующаяся на классической архитектуре ResNet, представляющей собой модели глубокого обучения на основе сверточных нейронных сетей (CNN), включающая в себя, в зависимости от количества слоев, более одного строительного блока (Building Block или BB) остаточного обучения в зависимости от количества слоев (рис. 3).

ResNeXt представляет собой модель обучения для глубоких нейронных сетей со сверточными слоями, которая уменьшает количество параметров в ResNet. Структура строительного блока ResNext представлена на рисунке 4.

В качестве входных данных для формирования обучающей выборки выступает датасет из фрагментированных изображений размером 500x500 пикселей сегментов аэрофотоснимков полей с посевами в процессе вегетации, а также аннотация с классификацией указанных сегментов в формате .json.

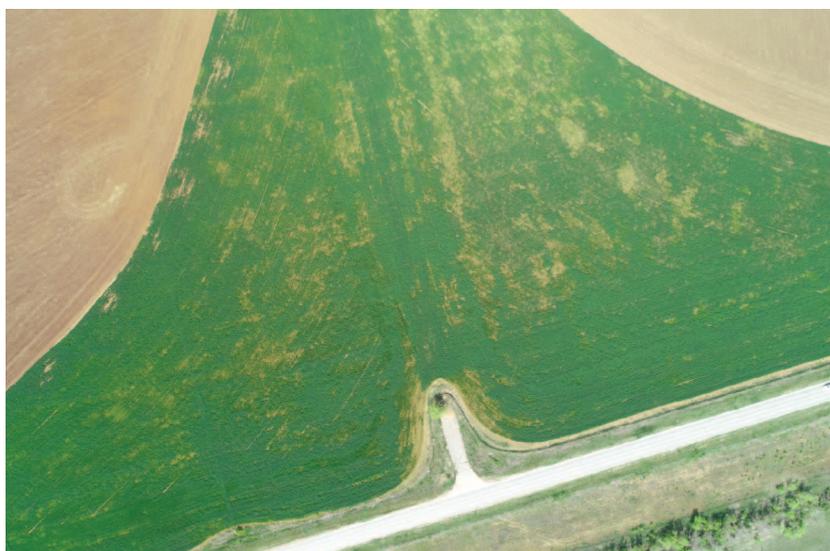


Рисунок 1. Типовое цветное изображение высокого разрешения участка полей, используемое для обучения нейронной сети  
Figure 1. A typical image of a section of fields used for training a neural network

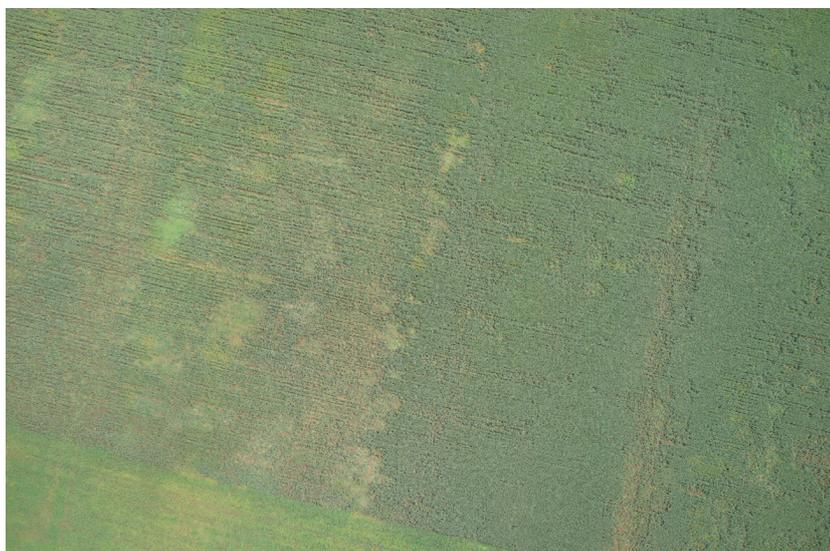


Рисунок 2. Исходное цветное изображение высокого разрешения фрагмента поля с посевами  
Figure 2. The original high-resolution color image of a fragment of a field with crops

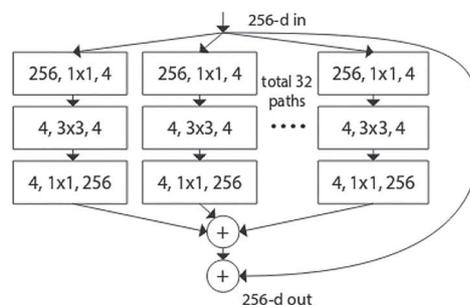


Рисунок 3. Обобщенная структура нейронной сети ResNext  
Figure 3. Generalized structure of the ResNext neural network

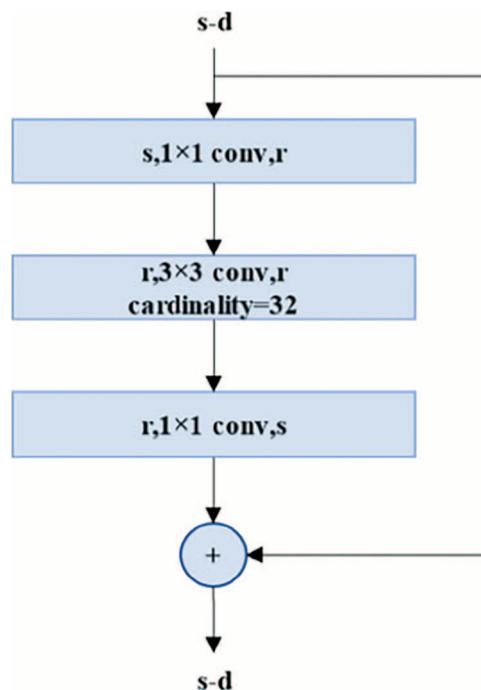


Рисунок 4. Структура строительного блока архитектуры ResNext  
Figure 4. Structure of the ResNext architecture building block



	A	B	C	D	E
1	imgld	здоровая растительность	поражённая растительность	почва, не засеянное поле	прочие объекты
2	1_0_0	0	0	1	0
3	1_0_1	0	0	1	0
4	1_0_2	0	0	1	0
5	1_0_3	1	0	1	0

Рисунок 5. Фрагмент таблицы классификации сегментов полученных изображений  
Figure 5. Fragment of the classification table of the segments of the received images

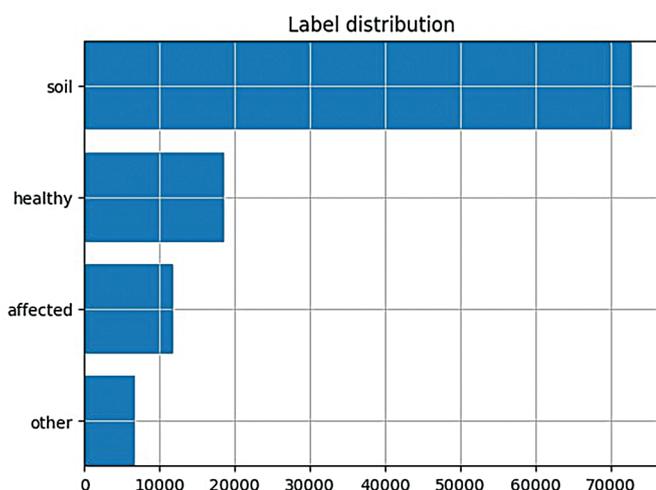


Рисунок 6. Диаграмма классового соотношения датасета до аугментации  
Figure 6. Diagram of the dataset class ratio before augmentation

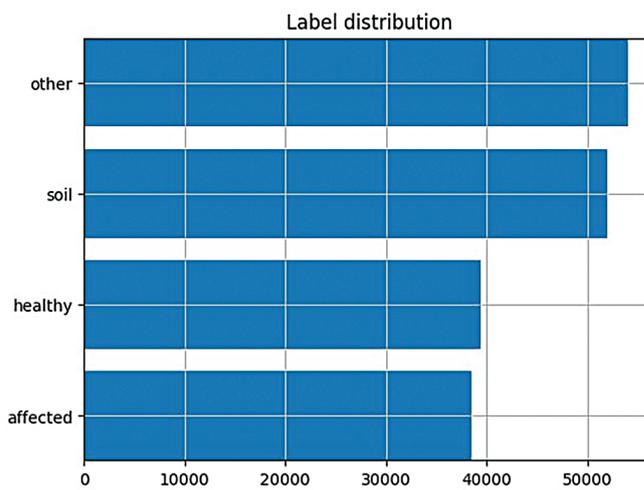


Рисунок 7. Диаграмма классового соотношения датасета после аугментации  
Figure 7. Diagram of the dataset class ratio after augmentation

```

{
  "samples": [
    {
      "image_name": "1_0_0",
      "image_labels": [
        "soil"
      ]
    },
    {
      "image_name": "1_0_1",
      "image_labels": [
        "soil"
      ]
    },
    {
      "image_name": "1_0_2",
      "image_labels": [
        "soil"
      ]
    }
  ]
}
    
```

Рисунок 8. Фрагмент листинга аннотации датасета  
Figure 8. Fragment of the dataset annotation listing

Каждый из полученных сегментов изображений был классифицирован и записан в таблицу, имеющую структуру для именования классов с выделением для каждого отдельного изображения 4 ячеек (здоровая растительность, пораженная растительность, почва, незасеянное поле и прочие объекты). При этом при наличии на изображении какого-либо класса в соответствующую ему ячейку записывается 1 (аналог логической истины), а при отсутствии — 0 (аналог логической лжи). Фрагмент внешнего вида полученной таблицы классификации представлен на рисунке 5.

**Результаты.** Первым этапом обучения нейросетевой модели являлся анализ полученного датасета, по результатам которого была выявлена проблема несбалансированности данных (классового дисбаланса), представленная в виде диаграммы на рисунке 6. На данной диаграмме представлено количество изображений, содержащих каждый из классов суммарно (где «healthy» — здоровая растительность, «affected» — пораженная растительность, «soil» — почва, незасеянное поле, «other» — прочие объекты соответственно), на основании соотношения которых видно классовый дисбаланс с доминирующим классом почвы (минимальным пределом является класс прочих объектов с ~7000 изображениями, максимальным — класс почвы, незасеянного поля с ~72000 изображений).

Для решения проблемы балансировки классового дисбаланса была проведена аугментация датасета путем искусственного добавления

новых изображений, полученных на основе уже существующих. Результат аугментации представлен на рисунке 7. На данной диаграмме изображено количество изображений, содержащих каждый из вышеописанных классов суммарно, на основании соотношения которых видно практически нивелированный классовый дисбаланс (минимальным пределом является класс пораженной растительности с ~39000 изображений, максимальным — класс прочих объектов с ~53000 изображений).

По результатам аугментации было получено 34993 сегмента фотографий, из которых 1/6 (5832 ед.) были отделены для тестового датасета, а оставшиеся 5/6 (29161 ед.) — для обучающего.

Также для корректной обработки моделью входных данных была реализована аннотация датасета в формате json, имеющего следующий вид: для каждого сегмента изображения (массив «samples») указано имя сегмента («image\_name») и присутствующие на сегменте классы («image\_labels»), а также в конце аннотации указан список всех возможных классов («labels»). Фрагмент листинга полученной аннотации представлен на рисунке 8.

**Выводы.** В ходе исследования проблем мониторинга и анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур с использованием искусственного интеллекта авторами:

- сформирован датасет цветных изображений посевов сельскохозяйственных культур, полученных с использованием беспилотного летательного аппарата;



- осуществлена аугментация датасета цветных изображений посевов с целью решения проблемы классового дисбаланса для последующего обучения, реализованной на языке Python, рекуррентной нейронной сети, включающей сверточные слои;
- сформирована обучающая и тестовая выборки, с разметкой изображений по четырем классам: здоровая растительность («healthy»), пораженная растительность («affected»), почва, незасеянное поле («soil») и прочие объекты («other»).

Полученные в ходе исследования результаты могут быть использованы для создания гибридных архитектур с последующей программной реализацией комплекса нейросетевых моделей, позволяющих выявлять закономерности роста и развития различных групп сельскохозяйственных культур по данным дистанционного мониторинга.

**Список источников**

1. Kamilaris, A., Prenafeta-Boldú, F.X. (2018). Deep Learning in Agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*. Available at: [www.arxiv.org/pdf/1807.11809](http://www.arxiv.org/pdf/1807.11809)
2. Neetu and Ray, S.S. (2019). Exploring machine learning classification algorithms for crop classification using Sentinel 2 data. *ISPRS — International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLII-3/W6. Available at: [www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-infsci.net/XLII-3-W6/573/2019/isprs-archives-XLII-3-W6-573-2019.pdf](http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-infsci.net/XLII-3-W6/573/2019/isprs-archives-XLII-3-W6-573-2019.pdf)
3. Liakos, K.G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., Bochtis, D. (2018). Machine Learning in Agriculture: A Review. *Sensors (Special Issue "Sensors in Agriculture 2018")*. Available at: [www.mdpi.com/1424-8220/18/8/2674/pdf](http://www.mdpi.com/1424-8220/18/8/2674/pdf)
4. Kitonsa, H., Kruglikov, S.V. (2018). Significance of drone technology for achievement of the united nations sustainable development goals. *R-Economy*, vol. 4, no. 3, pp. 115-120.
5. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилл А. Глубокое обучение. М.: ДМК Пресс, 2018. 652 с.
6. Cheng, G., Wang, G., Han J. (2022). IS Net: Towards Improving Separability for Remote Sensing Image Change Detection. *In IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 60, pp. 1-11. Art no. 5623811. doi: 10.1109/TGRS.2022.3174276
7. Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Лытов М.Н. Алгоритм учета пространственной неоднородности исходных характеристик орошаемого участка на основе ГИС-технологий // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 1. С. 66-70.
8. Михайленко И.М. и др. Управление агротехнологиями и роботизированные средства реализации // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 1 (30). С. 242-258.
9. Рогачев А.Ф., Мелихова Е.В., Белоусов И.С. Исследование развития и продуктивности сельскохозяйственных культур с применением беспилотных летательных аппаратов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2020. № 3 (59). С. 397-406. doi: 10.32786/2071-9485-2019-04-49

10. Асадуллаев Р.Г., Кузьменко Н.И. Технология интеллектуального распознавания сельскохозяйственных культур нейронной сетью по мультиспектральным многомерным данным дистанционного зондирования Земли // Экономика. Информатика. 2022. № 49 (1). С. 159-168. doi: 10.52575/2687-0932-2022-49-1-159-168
11. Tokarev, K. et al. (2023). Monitoring and Intelligent Management of Agrophytocenosis Productivity Based on Deep Neural Network Algorithms. In: Vasant, P., Weber, G.W., Marmolejo-Saucedo, J.A., Munapo, E., Thomas, J.J. (eds) *Intelligent Computing & Optimization. ICO 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 569. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-031-19958-5\_65
12. Токарев К.Е., Руденко А.Ю., Кузьмин В.А., Черныавский А.Н. Теория и цифровые технологии интеллектуальной поддержки принятия решений для увеличения биопродуктивности агроэкосистем на основе нейросетевых моделей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2021. № 4 (64). С. 421- 440. doi: 10.32786/2071-9485-2021-04-42
13. Токарев К.Е., Лебедь Н.И., Кузьмин В.А., Черныавский А.Н. Теория и технологии управления орошением сельскохозяйственных культур на основе информационных технологий поддержки принятия решений и математического моделирования // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2020. № 4 (60). С. 433-448. doi: 10.32786/2071-9485-2020-04-41
14. Лебедь Н.И., Токарев К.Е. Повышение продуктивности агрофитоценозов в условиях точного земледелия с использованием нейросетевых алгоритмов глубокого обучения: обоснование применения и аспекты компьютерной реализации // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 6 (390). С. 662-664. doi: 10.55186/25876740\_2022\_65\_6\_662

**References**

1. Kamilaris, A., Prenafeta-Boldú, F.X. (2018). Deep Learning in Agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*. Available at: [www.arxiv.org/pdf/1807.11809](http://www.arxiv.org/pdf/1807.11809)
2. Neetu and Ray, S.S. (2019). Exploring machine learning classification algorithms for crop classification using Sentinel 2 data. *ISPRS — International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLII-3/W6. Available at: [www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-infsci.net/XLII-3-W6/573/2019/isprs-archives-XLII-3-W6-573-2019.pdf](http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-infsci.net/XLII-3-W6/573/2019/isprs-archives-XLII-3-W6-573-2019.pdf)
3. Liakos, K.G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., Bochtis, D. (2018). Machine Learning in Agriculture: A Review. *Sensors (Special Issue "Sensors in Agriculture 2018")*. Available at: [www.mdpi.com/1424-8220/18/8/2674/pdf](http://www.mdpi.com/1424-8220/18/8/2674/pdf)
4. Kitonsa, H., Kruglikov, S.V. (2018). Significance of drone technology for achievement of the united nations sustainable development goals. *R-Economy*, vol. 4, no. 3, pp. 115-120.
5. Gudfellow, Ya., Bendzhio, I., Kurvill, A. (2018). *Glubokoe obuchenie* [Deep learning]. Moscow, DMK Press, 652 p.
6. Cheng, G., Wang, G., Han J. (2022). IS Net: Towards Improving Separability for Remote Sensing Image Change Detection. *In IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 60, pp. 1-11. Art no. 5623811. doi: 10.1109/TGRS.2022.3174276
7. Dubenok, N.N., Borodychev, V.V., Lytov, M.N. (2019). Algorithm ucheta prostranstvennoi neodnorodnosti iskhodnykh kharakteristik oroshаемого uchastka na os-

nove GIS-tekhologii [Algorithm for taking into account the spatial heterogeneity of the initial characteristics of the irrigated area based on GIS technologies]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka* [Russian agricultural sciences], no. 1, pp. 66-70.

8. Mikhailenko, I.M. i dr. (2019). Upravlenie agrotekhnologiyami i robotizirovannye sredstva realizatsii [Management of agrotechnologies and robotic and robotic means of implementation]. *Innovatsii v sel'skom khozyaistve* [Innovations in agriculture], no. 1 (30), pp. 242-258.
9. Rogachev, A.F., Melikhova, E.V., Belousov, I.S. (2020). Issledovanie razvitiya i produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur s primeneniem bespilotnykh letatel'nykh apparatov [Research of development and productivity of agricultural crops using unmanned aerial vehicles]. *Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa* [Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex], no. 3 (59), pp. 397-406. doi: 10.32786/2071-9485-2019-04-49
10. Asadullaev, R.G., Kuz'menko, N.I. (2022). Tekhnologiya intellektual'nogo raspoznavaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur neironnoi set'yu po mul'tispektral'nym mnogovermennym dannym distantsionnogo zondirovaniya Zemli [The technology of intelligent recognition of agricultural crops by a neural network based on multispectral multi-time data of remote sensing of the Earth]. *Ehkonomika. Informatika* [Economy. Informatics], no. 49 (1), pp. 159-168. doi: 10.52575/2687-0932-2022-49-1-159-168
11. Tokarev, K. et al. (2023). Monitoring and Intelligent Management of Agrophytocenosis Productivity Based on Deep Neural Network Algorithms. In: Vasant, P., Weber, G.W., Marmolejo-Saucedo, J.A., Munapo, E., Thomas, J.J. (eds) *Intelligent Computing & Optimization. ICO 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 569. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-031-19958-5\_65
12. Tokarev, K.E., Rudenko, A.Yu., Kuz'min, V.A., Chernyavskii, A.N. (2021). Teoriya i tsifrovye tekhnologii intellektual'noi podderzhki prinyatiya reshenii dlya uvelicheniya bioproduktivnosti agroekosistem na osnove neirosetevykh modelei [Theory and digital technologies of intellectual decision support for increasing the bio-productivity of agroecosystems based on neural network models]. *Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa* [Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex], no. 4 (64), pp. 421-440. doi: 10.32786/2071-9485-2021-04-42
13. Tokarev, K.E., Lebed', N.I., Kuz'min, V.A., Chernyavskii, A.N. (2020). Teoriya i tekhnologii upravleniya orosheniem sel'skokhozyaistvennykh kul'tur na osnove informatsionnykh tekhnologii podderzhki prinyatiya reshenii i matematicheskogo modelirovaniya [Theory and technologies of crop irrigation management based on information technologies of decision support and mathematical modeling]. *Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa* [Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex], no. 4 (60), pp. 433-448. doi: 10.32786/2071-9485-2020-04-41
14. Lebed', N.I., Tokarev, K.E. (2022). Povyshenie produktivnosti agrofitorosnozov v usloviyakh tochnogo zemledeliya s ispol'zovaniem neirosetevykh algoritmov glubokogo obucheniya: obosnovanie primeniya i aspekty komp'yuternoi realizatsii [Increasing the productivity of agrophytocenoses in precision farming using neural network algorithms of deep learning: justification of application and aspects of computer implementation]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 6 (390), pp. 662-664. doi: 10.55186/25876740\_2022\_65\_6\_662

*Информация об авторах:*

**Токарев Кирилл Евгеньевич**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры математического моделирования и информатики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5548-5637>, Scopus ID: 57202505742, Researcher ID: ABA-6440-2020, [tokarevke@yandex.ru](mailto:tokarevke@yandex.ru)  
**Лебедь Никита Игоревич**, доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и энергетических систем, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8709-6089>, Scopus ID: 56585966900, Researcher ID: E-8723-2017, [nik8872@yandex.ru](mailto:nik8872@yandex.ru)

*Information about the authors:*

**Kirill E. Tokarev**, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of mathematical modeling and informatics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5548-5637>, Scopus ID: 57202505742, Researcher ID: ABA-6440-2020, [tokarevke@yandex.ru](mailto:tokarevke@yandex.ru)  
**Nikita I. Lebed**, doctor of technical sciences, professor of the department of power supply and energy systems, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8709-6089>, Scopus ID: 56585966900, Researcher ID: E-8723-2017, [nik8872@yandex.ru](mailto:nik8872@yandex.ru)





Научная статья

УДК 633.1

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_196

## РАЗРАБОТКА ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗРАСТАЮЩЕГО ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, ТЕХНОГЕННЫХ УГРОЗ И КЛИМАТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ НА ЮГЕ РОССИИ

**И.А. Приходько, М.А. Бандурин, А.Э. Сергеев, И.Д. Евтеева**Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,  
Краснодар, Россия

**Аннотация.** В настоящее время в сельскохозяйственной отрасли Юга России складываются неблагоприятные природно-климатические и техногенные условия для производства сельскохозяйственной продукции, в особенности ресурсозатратных культур, одной из которых является рис. Наблюдаемый в последние годы дефицит пресной воды ставит перед работниками агропромышленного комплекса трудно решаемую задачу по разработке и внедрению ресурсосберегающих технологий в условия крайней изношенности объектов водохозяйственного комплекса Нижней Кубани и участвующих климатических аномалий. Одним из решений сложившейся ситуации является разработка природоподобных технологий. Целью природоподобных технологий является минимизация антропогенного воздействия на земли сельскохозяйственного назначения, снижение ресурсоемкости и повышение экологичности производства сельскохозяйственной продукции. В статье представлены результаты разработки рисовых карт нового поколения по ресурсосберегающей технологии производства риса на основе природоподобных технологий. Внедрение природоподобных технологий на рисовых оросительных системах позволит повысить продуктивность культуры риса на 20-25% относительно традиционных способов возделывания риса, с сокращением оросительной нормы на 45-60%. На основании полученных теоретических исследований, вычислительного эксперимента и изучения в лабораторных и опытно-полевых условиях количественных связей параметров и факторов, влияющих на процесс производства риса на Юге России, предлагается разработка новой методологии повышения продуктивности возделывания риса, расширяющей представление о комплексном использовании рисовых оросительных систем, в основу которой положено использование математических моделей (математическая модель функционирования рисовых агроландшафтов, математическая модель процесса загрязнения дренажно-сбросных вод на рисовых оросительных системах) и ресурсосберегающих технологий возделывания риса.

**Ключевые слова:** природоподобные технологии, рисовая карта, урожайность риса, ресурсосберегающие технологии, климатические аномалии

**Благодарности:** исследование выполнено при поддержке РФФИ и Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № 22-17-20001.

Original article

## DEVELOPMENT OF NATURE-LIKE TECHNOLOGIES IN CONDITIONS OF INCREASING SCARCITY OF WATER RESOURCES, MAN-MADE THREATS AND CLIMATIC ANOMALIES IN THE SOUTH OF RUSSIA

**I.A. Prikhodko, M.A. Bandurin, A.E. Sergeev, I.D. Evteeva**

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

**Abstract.** Currently, in the agricultural sector of the South of Russia, unfavorable natural, climatic and technogenic conditions are developing for the production of agricultural products, especially resource-intensive crops, one of which is rice. The shortage of fresh water observed in recent years poses a difficult task for the workers of the agro-industrial complex to develop and implement resource-saving technologies in the conditions of extreme deterioration of the facilities of the water management complex of the Lower Kuban and more frequent climatic anomalies. One of the solutions to this situation is the development of nature-like technologies. The goal of nature-like technologies is to minimize the anthropogenic impact on agricultural land, reduce resource intensity and increase the environmental friendliness of agricultural production. The article presents the results of the development of rice maps of a new generation on resource-saving rice production technology based on nature-like technologies. The introduction of nature-like technologies in rice irrigation systems will increase the productivity of rice crops by 20-25% relative to traditional methods of rice cultivation, with a reduction in irrigation rates by 45-60%. Based on the theoretical studies obtained, a computational experiment and a study in laboratory and experimental field conditions of quantitative relationships between parameters and factors affecting the rice production process in the South of Russia, it is proposed to develop a new methodology for increasing the productivity of rice cultivation, expanding the understanding of the integrated use of rice irrigation systems, based on which requires the use of mathematical models (a mathematical model of the functioning of rice agricultural landscapes, a mathematical model of the process of pollution of drainage and waste water in rice irrigation systems) and resource-saving technologies for rice cultivation.

**Keywords:** nature-like technologies, rice map, rice productivity, resource-saving technologies, climate anomalies

**Acknowledgments:** the research was carried out with the financial support of the Russian Foundation and the Kuban Science Foundation for Basic Research within the framework of the scientific project No. 22-17-20001.

**Введение.** Большинство рисовых оросительных систем в Краснодарском крае исчерпало свой былой потенциал и устарело, частично или полностью они нуждаются в реконструкции [1-3], что и является сдерживающим фактором орошаемых систем на Кубани на сегодняшний день. Например, КПД рисовых оросительных систем в хозяйствах левого берега Кубани снизился до 0,48-0,72, для Крымского

и Абинского районов этот показатель составил 0,66 и 0,62 соответственно [4]. Показатель КПД рисовой оросительной системы Краснодарского края составил 0,76, что значительно ниже нормы [5]. На рисовых оросительных системах происходит нарушение экологической ситуации, снижение плодородия почв, загрязнение дренажно-сбросными водами водных источников, которое приходится возмещать огромными

дополнительными материальными и трудовыми затратами [6-8]. В Краснодарских рисоводческих хозяйствах в основном применяют технологию выращивания риса при затоплении [9].

В результате использования этой технологии затраты поливной воды составляют около 20-30 тыс. м<sup>3</sup>/га оросительной воды [10], а при неправильном водопользовании они могут достигать 30-40 тыс. м<sup>3</sup>/га [11]. При таком



орошении расход поливной воды на возделывание риса значительно превосходит биологическую потребность растений, которая составляет 4-5 тыс. м<sup>3</sup>/га [12], при этом основная часть ее теряется на фильтрацию, сброс и боковой отток [13]. Фильтрационные потери являются основной расходной статьей из непродуктивных потерь на рисовых полях [14]. Кроме того, орошение риса затоплением сопровождается и другими нежелательными последствиями [15]: 1) усиление выноса питательных веществ из почв; 2) усиление минерализации органического вещества почвы; 3) усиление водной и ветровой эрозии почв; 4) изменение условий почвообразования от автоморфных к гидроморфным или полугидроморфным; 5) загрязнение поверхностных водоемов и рек химическими и биологическими веществами, поступающими в них с дренажными водами и поверхностным стоком из рисовых чеков; 6) изменение гидрогеологической и гидрологической обстановки на сопредельных с рисовой оросительной системой территориях. Поэтому приходится отмечать, что сложившаяся система земледелия риса в Краснодарском крае, как гарант продовольственной безопасности России, не отвечает современным требованиям инновационного развития научно-технического прогресса, в том числе использованию ресурсосберегающих технологий возделывания риса в условиях возрастающего дефицита водных ресурсов, техногенных угроз и климатических аномалий на Юге России.

Строительство водохозяйственного комплекса в Краснодарском крае и Республике Адыгея было начато с 1930-х годов, во главе которого строится Краснодарское водохранилище. Водохозяйственный комплекс Нижней Кубани включает 3 основных системы: Азовскую оросительную систему, площадью 7,1 тыс. га, строительство которой завершилось в 1979 г.; Темрюкскую правобережную оросительную систему, площадью 6,3 тыс. га, строительство которой завершилось в 1970 г.; Темрюкскую левобережную оросительную систему, площадью 6,2 тыс. га, строительство которой завершилось в 1969 г. Большинство водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) в водохозяйственном комплексе Нижней Кубани эксплуатируется без ремонта, реконструкции и перевооружения более 50 лет, многие гидротехнические сооружения различных водохозяйственных объектов давно требуют капитального ремонта, или находятся в критическом состоянии. За более чем 50-летний период эксплуатации и использования водных ресурсов для целей гидроэнергетики, водоснабжения, орошения, промышленности, рыбного хозяйства, жилищно-коммунального и сельского хозяйства в водохозяйственном комплексе Нижней Кубани образовался ряд проблем, связанных с износом объектов водохозяйственного комплекса, о чем ярко свидетельствует техногенная катастрофа в апреле 2022 г. на Федоровском гидроузле, которая привела к длительной остановке производственного и сельскохозяйственного процессов, снижению плановых посевных площадей риса и создала угрозу стабильности продовольственной безопасности как региона, так и страны в целом. В связи с аварией на Федоровском гидроузле посевные площади риса в Краснодарском крае были сокращены на 25% (с 119 тыс. га до 90 тыс. га) и валовой сбор составил 582,5 тыс. т.

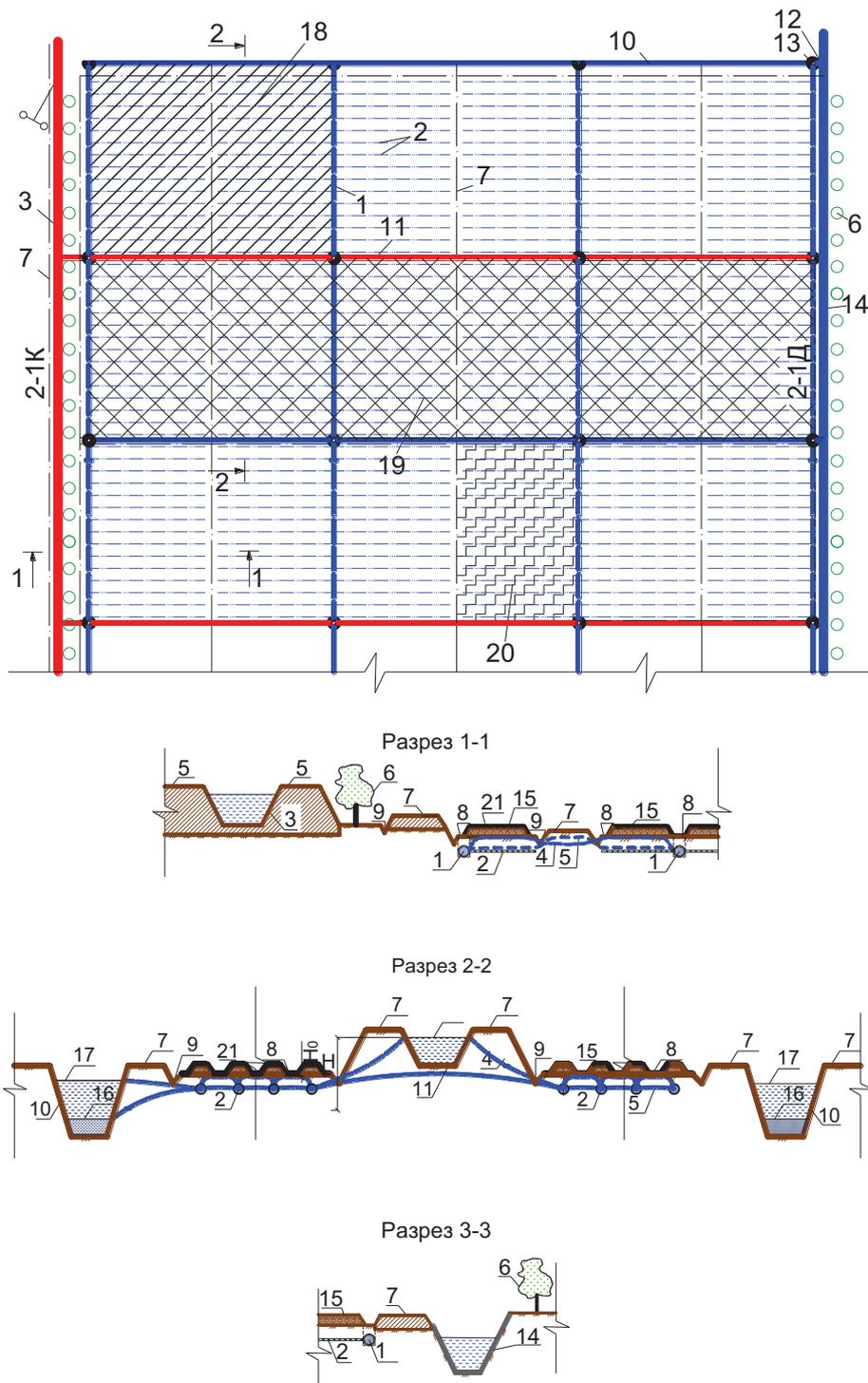


Рисунок. Экологически устойчивая рисовая осушительно-увлажнительная система:

1 — закрытый картный ороситель-сброс; 2 — осушительно-увлажнительные дрены; 3 — севооборотный распределитель; 4 — положение уровня депрессионной кривой в вегетационный период; 5 — положение уровня депрессионной кривой в межвегетационный период; 6 — лесополоса; 7 — полевая дорога; 8 — межрядовые промежутки, покрытые фильтрующим геотекстилем; 9 — водоотводная канавка вдоль дорог; 10 — участковый сброс; 11 — распределитель последнего порядка; 12 — устье коллектора; 13 — распределительный колодец; 14 — групповой коллектор; 15 — гряда; 16 — уровень воды в межвегетационный период; 17 — уровень воды в вегетационный период; 18 — поливная карта; 19 — поле севооборота; 20 — рисовый чек; 21 — пластиковая и/или биоразлагаемая мульчирующая пленка.

Figure. **Environmentally sustainable rice drainage and humidification system:**  
 1 — closed kart irrigation-discharge; 2 — drainage-humidifying drains; 3 — crop rotation distributor; 4 — position of the level of the depression curve during the growing season; 5 — position of the depression curve level during the non-vegetation period; 6 — forest belt; 7 — field road; 8 — inter-ridge spaces covered with filtering geotextile; 9 — drainage groove along the roads; 10 — district fault; 11 — distributor of the last order; 12 — the mouth of the collector; 13 — distribution well; 14 — group collector; 15 — ridge; 16 — water level during the non-vegetation period; 17 — water level during the growing season; 18 — irrigation map; 19 — crop rotation field; 20 — rice check; 21 — plastic and/or biodegradable mulching film.



В 2023 г. планируют засеять под рис в Краснодарском крае 92 тыс. га (в 2021 г. — 90 тыс. га), то есть для этого потребно  $W = 3 \cdot 10^3 \cdot 600 \cdot 10^3 = 1,8 \cdot 10^9 \text{ м}^3$  воды ( $W=1,8$  млрд  $\text{м}^3 = 1,80 \text{ км}^3$  воды, при ожидаемом валовом сборе 600 тыс. т). При этом объем воды Краснодарского водохранилища при установленном НПУ=32,75 м БС  $W=1,93 \text{ км}^3$ . Не следует забывать, что надо обеспечивать руслоформирующий расход р. Кубань, а также есть и другие водопользователи в Краснодарском крае.

Следовательно, при существующих, традиционно используемых, технологиях возделывания риса, дефиците пресной воды и высокой изношенности объектов водохозяйственного комплекса Нижней Кубани существует реальная угроза продовольственной безопасности России.

Поэтому в настоящее время в агропромышленном комплексе Юга России сложилась критическая ситуация, требующая разработки новой ресурсосберегающей методологии возделывания риса с учетом сложившихся природно-климатических и техногенных условий.

**Материалы и методы.** Для реализации природоподобных технологий в первый год на рисовой оросительной системе после уборки риса и сопутствующих культур рисового севооборота выполняется реконструкция карты рисовой оросительной системы Краснодарского типа в границах трех севооборотных полей, которая включает: строительство по верхней границе севооборотного поля и далее перпендикулярно друг другу через одно севооборотное поле участковых сбросов; строительство по нижней границе севооборотного поля и далее перпендикулярно друг другу через одно севооборотное поле распределителей последнего порядка (рис.).

Затем осуществляется строительство вдоль длинной стороны рисового чека четырех закрытых картовых оросителей-сбросов длиной 900 м из полиэтиленовых труб марки ПЭ 100 (PN 6,3), диаметром 560 мм, к которому перпендикулярно под уклоном 0,0003 протяженностью 197 м, на расстоянии 0,7 м друг от друга на глубине 0,3 м укладываются и подсоединяются к нему осушительно-увлажнительные дрены диаметром 50 мм, вылив которых составляет 10 л/ч на 1 п. м.

После этого выполняется устройство распределительных колодцев на пересечениях закрытого картового оросителя-сброса с распределителем последнего порядка, которые выполняют функцию водовыпуска из оросителя в чек и закрытого картового оросителя-сброса с участковым сбросом, которые выполняют функцию водовыпуска из чека в сброс.

Далее формируются гряды путем выполнения технологических дорожек шириной по дну 0,4 м в виде трапециевидальной выемки глубиной 0,25 м, с заложением откосов от 1:1 до 1:0,85, которые покрываются фильтрующим геотекстилем, причем оси симметрии гряд и осушительно-увлажнительных дрен должны совпадать.

После чего выполняется укрытие гряд полиэтиленовой перфорированной мульчирующей пленкой или полиэтиленовой биоразлагаемой мульчирующей пленкой, с закреплением (придавливанием) краев пленки фильтрующим геотекстилем.

На следующий и в последующие годы на осушительно-увлажнительной системе в межвегетационный период распределительные колодцы переключаются на режим осушения, при котором влажность корнеобитаемого слоя почвы в течение всего периода поддерживается не выше 65% от наименьшей влагоемкости, что осуществляется путем сбора и удаления через осушительно-увлажнительные дрены избыточной поверхностной и грунтовой воды в закрытый картовый ороситель-сброс, который располагается перпендикулярно с уклоном 0,003 к участковому сбросу и далее через групповой коллектор в водоприемник. В вегетационный период распределительные колодцы переключают на режим увлажнения корнеобитаемого слоя почвы и поддерживают влажность в нем в интервале от 65 до 100% от наименьшей влагоемкости путем подачи воды из севооборотного распределителя в распределитель последнего порядка, далее в закрытый картовый ороситель-сброс и затем в осушительно-увлажнительные дрены.

Для поддержания оптимальной влажности в корнеобитаемом слое почвы в 2020-2022 гг. были заложены в ООО КХ «Пугач С.Г.» Абинского района Краснодарского края и изучены следующие варианты соотношения диаметра и расстояния между осушительно-увлажнительными дренами (табл. 1): 25 мм — 0,5 м; 25 мм — 0,7 м; 25 мм — 1,0 м; 25 мм — 1,5 м; 50 мм — 0,5 м; 50 мм — 0,7 м; 50 мм — 1,0 м; 50 мм — 1,5 м; 75 мм — 0,5 м; 75 мм — 0,7 м; 75 мм — 1,0 м; 75 мм — 1,5 м.

Из данных таблицы 1 видно, что первый год исследований показал наилучшие результаты как в вегетационный период, так и в межвегетационный период, при этом наилучший процент однородности увлажнения достигнут при диаметре увлажнительно-осушительного дренажа 25 мм и расстоянии между дренами — 0,5 м, а осушения — 50 мм и 0,7 м соответственно. Однако в последующие годы, в связи с быстрым заиливанием увлажнительно-осушительного дренажа диаметром 25 мм, он показал свою

Таблица 1. Оценка неравномерности в % увлажнения (осушения) пахотного горизонта почвы при работе увлажнительно-осушительного дренажа на рисовой оросительной системе  
Table 1. Estimation of non-uniformity in % of moistening (drainage) of the arable soil horizon during the operation of humidifying-draining drainage on the rice irrigation system

Годы исследования	Расстояние между дренами, м	Диаметр дрены, мм	Средний процент неравномерности увлажнения (осушения) пахотного горизонта почвы от заданного параметра, % от НВ	
			вегетационный период	межвегетационный период
2020	0,5	25	6	17
		50	7	7
		75	8	6
	0,7	25	6	18
		50	8	7
		75	12	6
	1,0	25	12	8
		50	18	7
		75	23	14
	1,5	25	35	28
		50	21	23
		75	24	19
2021	0,5	25	16	21
		50	12	10
		75	8	9
	0,7	25	14	24
		50	8	6
		75	12	7
	1,0	25	20	8
		50	23	9
		75	26	9
	1,5	25	40	36
		50	31	29
		75	34	24
2022	0,5	25	23	29
		50	20	15
		75	14	7
	0,7	25	17	25
		50	11	8
		75	15	7
	1,0	25	26	19
		50	22	24
		75	30	20
	1,5	25	52	43
		50	45	38
		75	42	37



Таблица 2. Изменение мелиоративного состояния почв рисовых чеков на 3-й год исследований при диаметре дренажа 50 мм  
Table 2. Changes in the ameliorative state of soils in rice paddies for the 3rd year of research with a drainage diameter of 50 mm

Глубина отбора, см	Расстояние между дренами, м	Содержание агрегатов 0,25-10 мм, % от массы воздушно-сухой почвы	Сумма водопрочных агрегатов >0,25 мм, %	Гидролизруемый азот, мг/100 г	Фосфор подвижный, мг/100 г	Калий подвижный, мг/100 г
Новая РОС	0,5	47,6	30,1	3,83	2,22	7,5
РОС Краснодарского типа		43,2	28,3	3,15	1,97	7,2
Новая РОС	0,7	49,4	32,5	4,12	2,52	7,8
РОС Краснодарского типа		43,4	29,4	3,38	2,03	7,4
Новая РОС	1,0	48,3	31,6	3,93	2,30	7,7
РОС Краснодарского типа		43,2	29,5	3,25	2,19	7,5
Новая РОС	1,5	42,7	29,2	3,54	2,05	7,3
РОС Краснодарского типа		39,8	27,2	3,03	1,85	7,0

неэффективность, которая выразилась в резком снижении однородности увлажнения и осушения. В результате полевых испытаний было установлено, что наиболее оптимальным вариантом соотношения диаметра и расстояния между осушительно-увлажнительными дренами является 50 мм и 0,7 м соответственно. Увеличение расстояния между дренами диаметром 25 мм до 1,0 и 1,5 м в последующие годы положительного эффекта не дали, и заданные показатели однородности увлажнения и осушения не были достигнуты. Также и другие варианты соотношения диаметра и расстояния между осушительно-увлажнительными дренами были менее эффективны варианта с диаметром дрены 50 мм и расстояниями между ними — 0,7 м, при котором были получены наилучшие значения однородности увлажнения и осушения корнеобитаемого слоя почвы (табл. 1), при этом гранулометрический состав почвы также улучшился, а процесс вымыва микроэлементов из корнеобитаемого слоя происходил медленнее чем при традиционном способе производства риса (табл. 2). К тому же было рассчитано, что увеличение диаметра осушительно-увлажнительных дрен в целях снижения стоимости и трудоемкости реализации проекта реконструкции рисовой карты Краснодарского типа приводит к повышению стоимости на 15% и трудоемкости на 23%.

Проведенные на опытных участках исследования показали, что использование полиэтиленовой перфорированной мульчирующей пленки позволит на 5-7 дней раньше осуществить сроки посадки рассады риса за счет более быстрого прогрева почвы под пленкой, повысить до 98-100% выживаемость растений риса и его биометрические показатели, в том числе за счет снижения сорной растительности и роста концентрации CO<sub>2</sub> на 10% под мульчирующей пленкой. Использование мульчирующей пленки позволит отказаться от применения гербицидов при выращивании риса, что, в свою очередь, снизит себестоимость и повысит экологичность производства риса. Использование биоразлагаемой полиэтиленовой мульчирующей пленки обладает всеми теми же преимуществами, что и полиэтиленовая мульчирующая пленка. К положительным особенностям ее использования можно отнести отсутствие необходимости ее уборки с поверхности гряд, в связи с тем, что при обработке гряд она захватывается в почву, что благотворно влияет на мелиоративное состояние почв и снижает трудоемкость процесса производства риса, при этом особое внимание требуется к строгому соблюдению плоскости

поверхности гряд во избежание образования «блюдец» на грядах, которые разрушительно воздействуют на биоразлагаемую полиэтиленовую пленку.

**Выводы.** В результате применения осушительно-увлажнительной рисовой оросительной системы себестоимость производимого зерна риса уменьшилась на 10%. Оросительная норма риса снизилась более чем в 3 раза и составила в среднем 6,5-7,0 тыс. м<sup>3</sup>/га. Использование осушительно-увлажнительной рисовой оросительной системы позволит увеличить коэффициент земельного использования на 5%, а также повысить экологическую безопасность на рисовой оросительной системе за счет улучшения мелиоративного состояния почв рисовых полей (табл. 2), которое выразилось в повышении гумуса в корнеобитаемом слое почвы и уменьшении доз минеральных удобрений в 2 раза за счет применения системы фертигации, при этом лучшие показатели достигнуты с междерным расстоянием 0,7 м. Потребление электроэнергии на сбросных насосных станциях за вегетационный период риса снизилось на 35-40%.

**Список источников**

1. Prikhodko, I.A., Vladimirov, S.A., Alexandrov, D.A. (2021). Improving the elements of organic farming in rice cultivation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production". Zernograd, Rostov region, August 27-28, 2020. Zernograd, Rostov region, p. 012062. doi: 10.1088/1755-1315/659/1/012062
2. Владимиров С.А. Общая теория и практика экологически безопасного устойчивого рисоводства: монография. Майкоп: Изд-во ГОУ ВПО «МГТУ», 2012. 349 с.
3. Амелин В.П., Владимиров С.А. Эколого-ландшафтные основы устойчивого рисоводства: монография. Краснодар: КубГАУ, 2008. 447 с.
4. Владимиров С.А., Приходько И.А. Опыт планирования и реализации инновационного проекта эффективного рисоводства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 6. С. 75-79. doi: 10.24411/2587-6740-2019-16111
5. Патент № 2364681 С1 Российская Федерация, МПК E02B 13/00. Устройство для диагностики и прогнозирования технического состояния лотковых каналов оросительных систем: № 2007142799/03: заявл. 19.11.2007: опубл. 20.08.2009 / М.А. Бандурин, В.А. Волосухин, А.В. Шестаков; заявитель ФГОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия», НГМА.
6. Приходько И.А., Парфенов А.В., Александров Д.А. Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования в рисоводстве Кубани // Научно-обра-

зовательная 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.

7. 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
8. Bandurin, M.A., Volosukhin, V.A., Mikheev, A.V. et al. (2018). Finite-element simulation of possible natural disasters on landfill dams with changes in climate and seismic conditions taken into account. Journal of Physics: Conference Series: International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 — Enterprise Information Systems. Tomsk, Institute of Physics Publishing, p. 032011. doi: 10.1088/1742-6596/1015/3/032011
9. 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.
10. Бандурин М.А., Приходько И.А., Бандурин 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
11. 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.
12. Prikhodko, I., Vladimirov, S., Alexandrov, D. (2021). Application of ecologically balanced technologies of rice cultivation in the Krasnodar Territory. E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, Interagromash 2021, Rostov-on-Don, February 24-26, 2021. Vol. 273. Rostov-on-Don: EDP Sciences. doi: 10.1051/e3sconf/202127301017
13. Владимиров С.А., Коркота 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.





14. Солодунов А.А., Бандурин М.А., Волосухин В.А. Математическое моделирование влияния дефектов сооружений рисовых систем на их эксплуатационную надежность // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 12-2. С. 304-311. doi: 10.17513/snt.37876

15. 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.

16. Бандурин М.А., Волосухин В.А., Гумбаров А.Д., Приходько И.А. Мониторинг безопасности водопроводящих сооружений оросительных рисовых систем юга России при возрастающих климатических изменениях. М.: ООО «Русайнс», 2022. 194 с.

## References

1. Prikhodko, I.A., Vladimirov, S.A., Alexandrov, D.A. (2021). Improving the elements of organic farming in rice cultivation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production". Zernograd, Rostov region, August 27-28, 2020. Zernograd, Rostov region, p. 012062. doi: 10.1088/1755-1315/659/1/012062

2. Vladimirov, S.A. (2012). *Obshchaya teoriya i praktika ehkologicheskii bezopasnogo ustoichivogo risovodstva: monografiya* [General theory and practice of environmentally safe sustainable rice farming: monograph]. Maikop, GOU VPO "MGU", 349 p.

3. Amelin, V.P., Vladimirov, S.A. (2008). *Ehkologo-landshaftnye osnovy ustoichivogo risovodstva: monografiya* [Ecological and landscape foundations of sustainable rice farming: monograph]. Krasnodar, KubSAU, 447 p.

4. Vladimirov, S.A., Prikhod'ko, I.A. (2019). Opyt planirovaniya i realizatsii innovatsionnogo proekta ehffektivnogo risovodstva [Experience in planning and implementing an innovative project of effective management]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 6, pp. 75-79. doi: 10.24411/2587-6740-2019-16111

5. Bandurin, M.A., Volosukhin, V.A., Shestakov, A.V. Ustroistvo dlya diagnostiki i prognozirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya lotkovykh kanalov orositel'nykh sistem [Device for diagnostics and forecasting of technical condition of tray channels of irrigation systems]. Applicant and patentee NGMA. No. 2007142799/03; app. 19/11/2007; publ. 20/08/2009.

6. Prikhod'ko, I.A., Parfenov, A.V., Aleksandrov, D.A. (2021). Ehkologo-meliorativnye aspekty ratsional'nogo

pririodopol'zovaniya 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.

7. Prikhod'ko, I.A., Bandurin, M.A., Stepanov, V.I. (2021). Zadacha vybora ratsional'nykh tekhnologicheskikh operatsii pri vozdeylvanii 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. Bandurin, M.A., Volosukhin, V.A., Mikheev, A.V. et al. (2018). Finite-element simulation of possible natural disasters on landfall dams with changes in climate and seismic conditions taken into account. *Journal of Physics: Conference Series: International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 — Enterprise Information Systems*. Tomsk, Institute of Physics Publishing, p. 032011. doi: 10.1088/1742-6596/1015/3/032011

9. Prikhod'ko, I.A., Annenko, A.D. (2021). Innovatsionnye tekhnologii vozdeylvanii risa v usloviyakh Krasnodarskogo kraya [Innovative technologies of rice cultivation in the conditions of the Krasnodar territory]. *Ehkologiya rechnykh landshtaftov: 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.

10. Bandurin, M.A., Prikhod'ko, I.A., Bandurina, I.P. (2021). Sovremennye 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

11. Dem'yanov, S.I., Vladimirov, S.A. (2021). Osnovnye napravleniya perekhoda risovodstva Kubani na ehkologicheski bezopasnoe ustoichivoe 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 sovremennogo ob-*

*shchestva: sbornik nauchnykh statei po itogam kruglogo stola so vsereossiiskim 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.

12. Prikhodko, I., Vladimirov, S., Alexandrov, D. (2021). Application of ecologically balanced technologies of rice cultivation in the Krasnodar Territory. E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, Interagromash 2021, Rostov-on-Don, February 24-26, 2021. Vol. 273. Rostov-on-Don: EDP Sciences. doi: 10.1051/e3sconf/202127301017

13. Vladimirov, S.A., Korkota, D.K., Khil'ko, A.S., Aleksandrov, D.A. (2020). Kontseptsiya ustoichivogo 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.

14. Solodunov, A.A., Bandurin, M.A., Volosukhin, V.A. (2019). Matematicheskoe modelirovanie vliyaniya defektov sooruzhenii risovykh sistem na ikh ehkspluatatsionnyu nadezhnost' [Mathematical modeling of the effect of defects in rice systems structures on their operational reliability]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern high-tech technologies], no. 12-2, pp. 304-311, doi: 10.17513/snt.37876

15. Prikhod'ko, I.A., Bandurin, M.A., Yakuba, S.N. (2022). Puti resheniya sovershenstvovaniya ratsional'nogo prirodopol'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.

16. Bandurin, M.A., Volosukhin, V.A., Gumbarov, A.D., Prikhod'ko, I.A. (2022). *Monitoring bezopasnosti vodoprovodyashchikh sooruzhenii orositel'nykh risovykh sistem yuga Rossii pri vozrastayushchikh klimaticheskikh izmeneniyakh* [Monitoring of the safety of water supply facilities of irrigation rice systems in the South of Russia with increasing climatic changes]. Moscow, Rusains LLC, 194 p.

## 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>, [prihodkoigor2012@yandex.ru](mailto:prihodkoigor2012@yandex.ru)

**Бандурин Михаил Александрович**, доктор технических наук, доцент, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, декан факультета гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, [chepura@mail.ru](mailto:chepura@mail.ru)

**Сергеев Александр Эдуардович**, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры компьютерных технологий и систем, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7178-8788>, [galua1979@yandex.ru](mailto:galua1979@yandex.ru)

**Евтеева Ирина Дмитриевна**, бакалавр факультета гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8168-0698>, [missevteeva@yandex.ru](mailto:missevteeva@yandex.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>, [prihodkoigor2012@yandex.ru](mailto:prihodkoigor2012@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>, [chepura@mail.ru](mailto:chepura@mail.ru)

**Alexander E. Sergeev**, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, associate professor of the department of computer technologies and systems, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7178-8788>, [galua1979@yandex.ru](mailto:galua1979@yandex.ru)

**Irina D. Evteeva**, bachelor of the faculty of hydro-reclamation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8168-0698>, [missevteeva@yandex.ru](mailto:missevteeva@yandex.ru)



Научная статья  
УДК 631.171  
doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_201

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ФИТОАГРОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИБРИДНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ И АЛГОРИТМОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

**Н.И. Лебедь, К.Е. Токарев, Д.Д. Нехорошев, С.Ю. Сторожаков, А.Ю. Попов**

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия

**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена необходимостью совершенствования технологий повышения продуктивности в рамках программируемого получения урожая в условиях точного земледелия с использованием специализированных аппаратно-программных комплексов, базирующихся на алгоритмах искусственного интеллекта, позволяющих обеспечить стабильное повышение урожайности с учетом строгого соблюдения экологических норм и ограничений, сохранение агроландшафтов и почвенного плодородия. В ходе работы авторами предложен алгоритм управления продукционными процессами возделывания фитоагроценозов, адаптированный под условия точного земледелия Волгоградской области, учитывающий характеристики агроландшафта, состав почвенного покрова участка, климатические факторы и т.д., что необходимо для точного и адекватного описания моделей сельскохозяйственных объектов при разработке гибридных автоматизированных систем в рамках программируемого возделывания сельскохозяйственных культур. Реализована модель управления опытного участка в условиях закрытых агроэкосистем, включающая три уровня: нижний (датчики, исполнительные органы), средний (ПЛК/МК), верхний (человеко-машинный интерфейс). Связь между средним и верхним уровнями представлена протоколом Modbus RTU, реализованного по Bluetooth-радиосвязи. Предлагается гибридная автоматизированная система управления (ГАСУ) неоднородным сельскохозяйственным объектом, где контроль частью параметров (температура, влажность воздуха, полив и т.д.) возможно реализовать неадаптивными и адаптивными методами, а состояние растений, профилактику и определение болезней — с использованием алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения, в том числе нейронными сетями. Полученные в ходе исследования результаты могут быть использованы для совершенствования отечественных технологий обеспечения устойчивости аграрного производства и снижения уровня импортозависимости в рамках комплексного решения задач социально-экономического развития регионов.

**Ключевые слова:** фитоагроценозы, продукционный процесс, точное земледелие, гибридные автоматизированные системы, алгоритмы искусственного интеллекта

**Благодарности:** исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-21-20041, <https://rscf.ru/project/22-21-20041/> и Волгоградской области.

Original article

## DEVELOPMENT OF METHODS FOR MANAGING THE PRODUCTION PROCESSES OF PHYTO-AGROCENOSES IN PRECISION FARMING USING HYBRID AUTOMATED SYSTEMS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS

**N.I. Lebed, K.E. Tokarev, D.D. Nekhoroshev, S.Yu. Storozhakov, A.Yu. Popov**

Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia

**Abstract.** The relevance of the study is due to the need to improve productivity enhancement technologies within the framework of programmed harvesting in precision farming using specialized hardware and software systems based on artificial intelligence algorithms that allow for a stable increase in yield, taking into account strict compliance with environmental standards and restrictions, preservation of agricultural landscapes and soil fertility. In the course of the work, the authors proposed an algorithm for managing the production processes of phytoagrocenosis cultivation, adapted to the conditions of precision agriculture in the Volgograd region, taking into account the characteristics of the agricultural landscape, the composition of the soil cover of the site, climatic factors, etc., which is necessary for an accurate and adequate description of models of agricultural objects in the development of hybrid automated systems within the framework of programmed cultivation of agricultural crops. A control model of the pilot site in closed agroecosystems has been implemented, including three levels: lower (sensors, executive bodies), middle (PLC/MC), upper (human-machine interface). The communication between the middle and upper levels is represented by the Modbus RTU protocol implemented via Bluetooth radio communication. A hybrid automated control system (GASU) for a heterogeneous agricultural object is proposed, where the control of some parameters (temperature, humidity, irrigation, etc.) can be implemented by non-adaptive and adaptive methods, and the condition of plants, prevention and determination of diseases — using artificial intelligence and machine learning algorithms, including neural networks. The results obtained in the course of the study can be used to improve domestic technologies to ensure the sustainability of agricultural production and reduce the level of import dependence in the framework of a comprehensive solution to the problems of socio-economic development of regions.

**Keywords:** phytoagrocenoses, production process, precision agriculture, hybrid automated systems, artificial intelligence algorithms

**Acknowledgments:** the research was supported by the Russian Science Foundation grant No. 22-21-20041, <https://rscf.ru/project/22-21-20041/> and the Volgograd region.

**Введение.** Стабильное и успешное развитие всех отраслей современного сельского хозяйства России, обеспечивающих продовольственную безопасность государства, зависит от многих факторов, в том числе от процессов автоматизации производства, организации и управления, контроля, прогнозирования продуктивности и т.д. Автоматизация сельскохозяйственного производства дает возможность получения более устойчивых показателей и снижения затрат, связанных с ним,

планирования и регулирования стоимости продукции в рамках сложившейся рыночной картины конкретного региона, в том числе Волгоградской области. Промышленный характер сельскохозяйственного производства требует создания новых методов его интенсификации, среди которых важное место занимают интеллектуальные технологии мониторинга и оценки состояния посевов на значительных площадях с использованием средств дистанционного мониторинга [1].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью совершенствования технологий повышения продуктивности в рамках программируемого получения урожая в условиях точного земледелия с использованием специализированных аппаратно-программных комплексов, базирующихся на алгоритмах искусственного интеллекта, что позволит обеспечить стабильное повышение урожайности с учетом строгого соблюдения экологических норм и ограничений, сохранение агроландшафтов

и почвенного плодородия. С учетом современных требований к качеству технологических процессов в растениеводстве в условиях непостоянства параметров сельскохозяйственного объекта и действия возмущений применение традиционных ПИД-регуляторов с реализацией на программируемых логических контроллерах (ПЛК) и микроконтроллерах становится недостаточным. Адаптивные системы возникают в связи с усложнением решаемых задач, отсутствием практической возможности подробного изучения процессов в управляемых объектах, а также сложностью построения математических моделей в связи с большим количеством переменных, воздействующих на критерии оптимизации, взаимовлияния переменных друг относительно друга, многокритериальностью процесса оптимизации. Примерами таких объектов могут быть: агробиоценозы, закрытые искусственные экосистемы, поведение сельскохозяйственных животных в условиях индивидуального и группового содержания. В вышеуказанных случаях априорные данные о характеристиках или уравнениях, описывающих все реакции, получить невозможно, слишком широкий разброс параметров. Неадаптивные методы управления предусматривают наличие достаточного объема априорных сведений о внутренних и внешних условиях работы на предварительной стадии. Эффект приспособляемости к изменениям условий внешней среды в адаптивных системах достигается за счет того, что часть функций по получению, обработке и анализу недостающей информации об управляющем процессе осуществляется не на предварительной стадии, а самой системой в процессе работы [2-4].

Адаптивные системы, разработанные согласно традиционным принципам, имеют недостатки. Большинство алгоритмов адаптации получены при условии отсутствия неконтролируемых возмущающих воздействий и возможности определить все параметры объекта управления в процессе идентификации. Регуляторы, построенные по классическому принципу, не всегда позволяют осуществлять управление, обладающее свойством робастности, то есть нечувствительностью к случайным, нехарактерным возмущающим воздействиям. Данное обстоятельство провоцирует использование для объектов АПК, чьи технологические процессы моделируются значительным количеством переменных с широким разбросом значений, а также многокритериальность оптимизации параметров и режимов системы, интеллектуальных систем управления [5].

В традиционном исполнении адаптивные системы управления строятся на использовании ПЛК с поддержкой операционной системы (ОС) Linux, позволяя решать задачи адаптации к изменяющимся параметрам объекта. Построение и дальнейшая эксплуатация интеллектуальных систем управления базируется на встраивании в процесс автоматизированного регулирования ряда информационных технологий, в частности искусственных нейронных сетей. Однако реализация интеллектуальных систем управления в промышленности достигается, как правило, средствами нечеткой логики, в частности, аппаратной реализацией нечеткого микроконтроллера или программно-аппаратной (применение нечетких специализированных библиотек для микроконтроллеров общего назначения (AVR, PIC, ARM, MSP) и др.). Это требует разработки специализированных программных

комплексов интеллектуального управления процессами достижения продуктивности агроценозов с использованием искусственных нейронных сетей под конкретные задачи, что является актуальным в условиях обеспечения продовольственной безопасности страны [2]. Целью исследования является разработка научно обоснованных рекомендаций по повышению почвенного плодородия и продуктивности полевого севооборота в условиях точного земледелия Волгоградской области с использованием гибридных автоматизированных систем и алгоритмов искусственного интеллекта.

**Материалы и методы.** Программирование логистических контроллеров и микроконтроллеров осуществлялось с помощью интегрированной среды разработки на языках FBD и C++. Для связи между компонентами программно-аппаратного комплекса была выбрана модель «master/slave». Связь между средним («slave» — ПЛК/МК) и высшим («master» — ЭВМ) уровнями автоматизации осуществлялась посредством коммуникационного протокола Modbus RTU с помощью последовательных линий связи RS-485 через OPC-сервера. Для обеспечения человеко-машинного интерфейса с системой управления и взаимодействия с контроллерами применялись SCADA-системы [6, 7] для ста-

ционного (Simp Light) и удаленного управления с мобильного устройства (KaScada Smart Craft). Интеллектуализация системы управления достигалась применением нейронных сетей глубокого обучения со сверточными слоями (СНС) [8-11, 16] веб-сервиса «Google Teachable Machine» для классификации полученных изображений с web-, ip-камеры в режиме реального времени. Выполнение задач поддержки и принятия решений интеллектуальной системой, а также для взаимодействия СНС и системы управления осуществлялось посредством сценарного программирования, разработка скриптов была выполнена на языках программирования C++ и ChaiScript.

**Результаты.** Для разработки научно обоснованных рекомендаций при принятии управленческих решений по повышению почвенного плодородия и продуктивности полевого севооборота в опытно-экспериментальных условиях точного земледелия Волгоградской области был реализован алгоритм выбора методов управления, адаптированный под условия сельскохозяйственного производства (рис. 1).

По этому алгоритму необходимыми этапами являлись: выбор сельскохозяйственного объекта для управления с дальнейшим его изучением и моделированием (физическим, математическим, имитационным и др.). Как правило, при многофакторном моделировании производят выбор критериев оптимизации в качестве оценки эффективности работы управляемой системы. После подбора таких критериев определяют факторы, оказывающие существенное влияние на управляемый процесс, число которых варьируется в зависимости от того, насколько адекватной будет являться математическая модель. Кроме этого, каждый фактор характеризуется уровнем варьирования, что еще также сказывается на сложности описания процесса математически. Также существенное влияние оказывает взаимовлияние факторов друг на друга при их групповой оценке на критерии оптимизации.

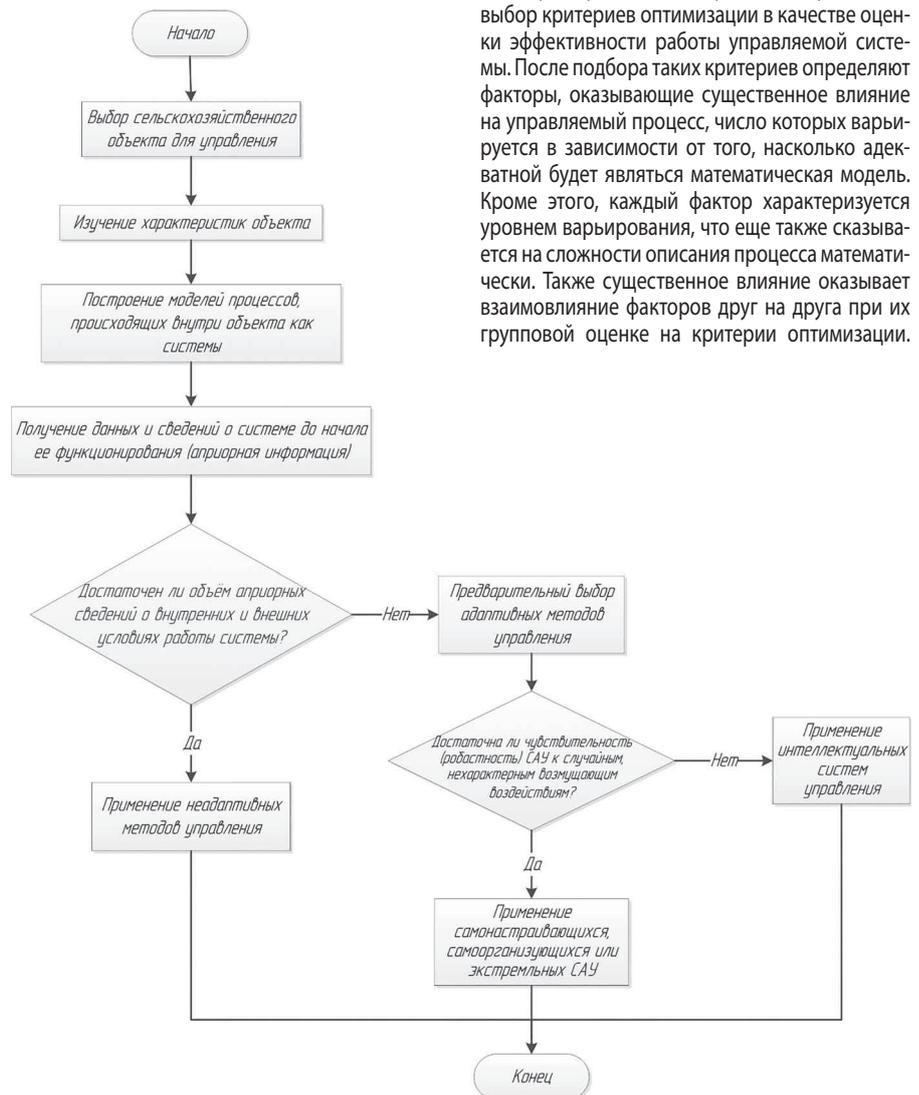


Рисунок 1. Алгоритм выбора методов управления для объектов растениеводства  
Figure 1. Algorithm for selecting management methods for crop production objects

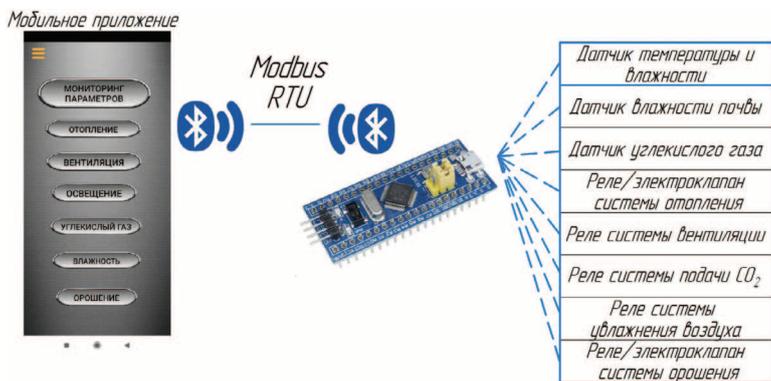


Рисунок 2. Модель управления опытного участка в условиях закрытой агроэко системы  
Figure 2. Management model of a pilot site in a closed agroecosystem

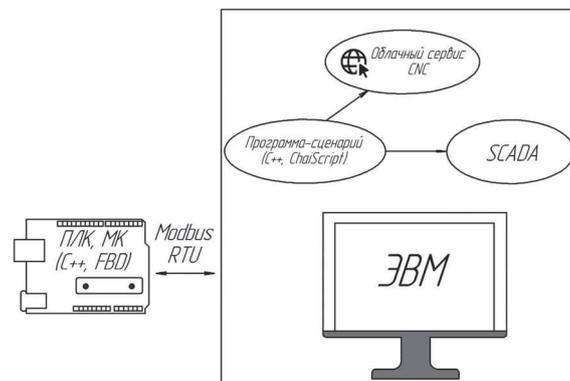


Рисунок 3. Модель управления неоднородным сельскохозяйственным объектом  
Figure 3. Model for managing heterogeneous agricultural object

Примерами для такого подхода при выборе методов управления в АПК могут являться сельскохозяйственные объекты растениеводства — агробиоценозы, в частности функционирующие внутри закрытых агроэкосистем: теплицы, климатические камеры и др.

При изучении характеристик и построении моделей таких объектов и биологических систем априорные данные для управления классическими методами получить невозможно, ввиду значительного количества факторов: климатические (яркость, спектр освещения; световой день; продолжительность и интенсивность вентиляции; состав регулируемой газовой среды; температурные режимы и др.), человеческие (организация рабочего процесса; квалификация персонала и др.), технические (уровень автоматизации и механизации, условия эксплуатации оборудования и др.). Следует отметить, что моделирование индивидуальных объектов (опытный участок, делянка и др.) позволяет собрать достаточный объем априорных данных, позволяя использовать неадаптивные методы управления. Для остальных случаев по алгоритму предварительно выбираются адаптивные методы управления. Дальнейший выбор по веткам алгоритма будет зависеть от однородности сельскохозяйственного объекта, выражающим в классическом понимании теории автоматического управления понятие «робастность» [12]. Под однородностью в данном случае растениеводства понимается, в частности, единообразие почвенного покрова участка, занимаемого растениями, а также характеристик объекта, что необходимо для точного и адекватного описания модели сельскохозяйственного объекта. Единообразие достигается проведением операций и мероприятий машинами и аппаратами при культивировании растений. Достаточное достижение единообразия позволит применить адаптивные методы управления объектом, недостаточное — вынуждает применять методы интеллектуализации.

На рисунке 2 представлена разработанная модель управления опытным участком в условиях закрытой агроэко системы (рис. 2).

Система управления выполнена тремя уровнями: нижним (датчики, исполнительные органы), средним (ПЛК/МК), верхним (человеко-машинный интерфейс). Связь между средним и верхним уровнями представлена протоколом Modbus RTU, реализованного по Bluetooth-радиосвязи. Для приема-передачи

данных контроллером (ПК/МК) использован Bluetooth Module HC-06, подключенный по UART-интерфейсу. Такая система автоматизированного управления позволяет производить оперативный мониторинг показателей объекта, строить непрерывные зависимости, управлять параметрами через исполнительные механизмы, вести журнал штатных и нештатных режимов работы, аварийных ситуаций. Управление таким сельскохозяйственным объектом (искусственная агроэко система, в качестве примера — опытный участок теплицы) можно реализовать неадаптивными ГСУ посредством ПИД-регуляторов. Нами предлагается ГСУ неоднородным сельскохозяйственным объектом (рис. 3), чье поведение характеризуется недостаточным объемом априорной информации при низкой чувствительности к случайным нехарактерным возмущающим воздействиям [13, 14]. При этом управление частью параметров (температура, влажность воздуха; полив) возможно реализовать неадаптивными и адаптивными методами, а состояние растений, профилактику и определение болезней — посредством интеллектуальных ГСУ-инструментами нейронных сетей глубокого обучения со сверточными слоями с использованием веб-сервиса машинного обучения «Google Teachable Machine».

Взаимодействие компонентов программно-аппаратного комплекса: SCADA-системы и веб-сервиса, выполнение задач поддержки и принятия решений осуществляется программой-скриптом по заданному алгоритму: обнаружение изменения цвета частей растений от эталонного цвета (регистрация изменения посредством технического зрения) — фиксирование факта изменения цвета программой-скриптом — действия программы-скрипта в интерфейсе SCADA-системы (включение оповещения, удаление зараженного участка и т.д.) [15].

**Выводы.** В ходе исследования проблем применения методов и алгоритмов управления производственными процессами возделывания сельскохозяйственных культур методами гибридных систем управления и искусственного интеллекта в условиях точного земледелия Волгоградской области авторами:

- разработан алгоритм выбора методов управления (неадаптивные, адаптивные, интеллектуальные), адаптированный под условия сельскохозяйственного производства, учитывающий состав почвенного покрова

участка, занимаемого растениями, что необходимо для точного и адекватного описания модели сельскохозяйственного объекта при последующей разработке ГСУ;

- предложена модель управления опытного участка в условиях закрытой агроэко системы, включающая три уровня: нижний (датчики, исполнительные органы), средний (ПЛК/МК), верхний (человеко-машинный интерфейс). Связь между средним и верхним уровнями представлена протоколом Modbus RTU, реализованного по Bluetooth-радиосвязи. Модель реализует неадаптивные и адаптивные методы управления;
  - разработана ГСУ неоднородным сельскохозяйственным объектом, где управление частью параметров (температура, влажность воздуха; полив) возможно реализовать неадаптивными и адаптивными методами, а состояние растений, профилактику и определение болезней — посредством компьютерного модуля на базе СНС.
- Полученные в ходе исследования результаты могут быть использованы для совершенствования отечественных технологий обеспечения устойчивости аграрного производства и снижения уровня импортозависимости в рамках комплексного решения задач социально-экономического развития регионов

#### Список источников

1. Корнев С.М., Басуматорова Е.А. Механизация и автоматизация процессов в растениеводстве // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (93). С. 131-134.
2. Староверов Б.А., Олоничев В.В., Смирнов М.А. Цифровой адаптивный регулятор для промышленного контроллера с многозадачной POSIX-совместимой операционной системой // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2011. № 3. С. 37-39.
3. Михайленко И.М. и др. Управление агротехнологиями и роботизированные средства реализации // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 1 (30). С. 242-258.
4. Зыков А.В., Юнин В.А., Захаров А.М. Использование робототехнических средств в АПК // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3 (81). С. 8-11. doi: 10.23670/IRJ.2019.81.3.001
5. Хвостенко Т.М., Алексанов И.А. Внедрение и проблематика робототехнических средств в АПК // Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Серия: Информационные технологии. 2022. № 2 (20). С. 4-9.
6. Лепешко Л.С. Обзор программных продуктов для автоматизации в АПК // Новости науки в АПК. 2019. № 3 (12). С. 318-324. doi: 10.25930/2218-855X/082.3.12.2019





7. Будников Д.А. Разработка SCADA-системы контроля лабораторного оборудования и параметров процесса сушки зерна // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 2 (31). С. 230-237.
8. Tokarev, K. et al. (2023). Monitoring and Intelligent Management of Agrophytocoenos Productivity Based on Deep Neural Network Algorithms. In: Vasant, P., Weber, G.W., Marmolejo-Saucedo, J.A., Munapo, E., Thomas, J.J. (eds) Intelligent Computing & Optimization. *ICO 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 569. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-031-19958-5\_65
9. Токарев К.Е., Руденко А.Ю., Кузьмин В.А., Чернявский А.Н. Теория и цифровые технологии интеллектуальной поддержки принятия решений для увеличения биопродуктивности агроэко систем на основе нейросетевых моделей // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса. 2021. № 4 (64). С. 421-440. doi: 10.32786/2071-9485-2021-04-42
10. Токарев К.Е., Лебедь Н.И., Кузьмин В.А., Чернявский А.Н. Теория и технологии управления орошением сельскохозяйственных культур на основе информационных технологий поддержки принятия решений и математического моделирования // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса. 2020. № 4 (60). С. 433-448. doi: 10.32786/2071-9485-2020-04-41
11. Лебедь Н.И., Токарев К.Е. Повышение продуктивности агрофитоценозов в условиях точного земледелия с использованием нейросетевых алгоритмов глубокого обучения: обоснование применения и аспекты компьютерной реализации // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 6 (390). С. 662-664. doi: 10.55186/25876740\_2022\_65\_6\_662
12. Дубенок Н.Н., Бородых В.В., Лытов М.Н. Алгоритм учета пространственной неоднородности исходных характеристик орошаемого участка на основе ГИС-технологий // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 1. С. 66-70.
13. Bereznoy, V.A., Ivashchuk, O.A., Maslakov, Y.N. (2020). Approaches for Automated Monitoring and Evaluation of In Vitro Plant's Morphometric Parameters. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, vol. 17, no. 9-10, pp. 4725-4732. doi: 10.1166/jctn.2020.9368
14. Бережной В.В., Иващук О.А., Семенов Д.С. Обзор методов и алгоритмов автоматизированных систем фенотипирования растений // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 4. С. 111-116. doi: 10.17513/snt.38624
15. Игнатьев В.В. Адаптивные гибридные интеллектуальные системы управления // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. № 12 (113). С. 89-94.
16. Токарев К.Е., Лебедь Н.И. Рекуррентная нейронная сеть глубокого обучения со сверточными слоями для мультиклассового распознавания посевов сельскохозяйственных культур // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023681039, 10.10.2023. Заявка № 2023680320, 10.10.2023.

#### Информация об авторах:

**Лебедь Никита Игоревич**, доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и энергетических систем, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8709-6089>, Scopus ID: 56585966900, Researcher ID: E-8723-2017, [nik8872@yandex.ru](mailto:nik8872@yandex.ru)

**Токарев Кирилл Евгеньевич**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры математического моделирования и информатики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5548-5637>, Scopus ID: 57202505742, Researcher ID: ABA-6440-2020, [tokarevke@yandex.ru](mailto:tokarevke@yandex.ru)

**Нехорошев Дмитрий Дмитриевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и энергетических систем, Scopus ID: 57219974184, [ndd.volgau@yandex.ru](mailto:ndd.volgau@yandex.ru)

**Сторожаков Станислав Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электрооборудования и электрохозяйства предприятий АПК, [ppsts@mail.ru](mailto:ppsts@mail.ru)

**Попов Александр Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в АПК, Scopus ID: 57205427388, [popova8007@mail.ru](mailto:popova8007@mail.ru)

#### Information about the authors:

**Nikita I. Lebed**, doctor of technical sciences, professor of the department of power supply and energy systems, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8709-6089>, Scopus ID: 56585966900, Researcher ID: E-8723-2017, [nik8872@yandex.ru](mailto:nik8872@yandex.ru)

**Kirill E. Tokarev**, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of mathematical modeling and informatics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5548-5637>, Scopus ID: 57202505742, Researcher ID: ABA-6440-2020, [tokarevke@yandex.ru](mailto:tokarevke@yandex.ru)

**Dmitry D. Nekhoroshev**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of power supply and energy systems, Scopus ID: 57219974184, [ndd.volgau@yandex.ru](mailto:ndd.volgau@yandex.ru)

**Stanislav Yu. Storozhakov**, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of electrical equipment and electrical facilities of agricultural enterprises, [ppsts@mail.ru](mailto:ppsts@mail.ru)

**Alexander Yu. Popov**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical systems in agriculture, Scopus ID: 57205427388, [popova8007@mail.ru](mailto:popova8007@mail.ru)

#### References

1. Kornev, S.M., Basumatorova, E.A. (2022). Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya protsessov v rastenievodstve [Mechanization and automation of processes in crop production]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia Orenburg State Agrarian University], no. 1 (93), pp. 131-134.
2. Staroverov, B.A., Olonichev, V.V., Smirnov, M.A. (2011). Tsifrovoy adaptivnyy regulyator dlya promyshlennogo kontrollera s mnogozadachnoi POSIX-sovместимой operatsionnoy sistemoy [Digital adaptive controller for industrial controller with multi-tasking POSIX-compatible operating system]. *Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta* [Vestnik of Ivanovo State Power Engineering University], no. 3, pp. 37-39.
3. Mikhailenko, I.M. i dr. (2019). Upravlenie agrotekhnologiyami i robotizirovannye sredstva realizatsii [Management of agricultural technologies and robotic and robotic means of implementation]. *Innovatsii v sel'skom khozyaistve* [Innovations in agriculture], no. 1 (30), pp. 242-258.
4. Zykov, A.V., Yunin, V.A., Zakharov, A.M. (2019). Ispol'zovanie robototekhnicheskikh sredstv v APK [The use of robotic means in the agricultural sector]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International research journal], no. 3 (81), pp. 8-11. doi: 10.23670/IRJ.2019.81.3.001
5. Khvostenko, T.M., Aleksanov, I.A. (2022). Vnedrenie i problematika robotekhnicheskikh sredstv v APK [Introduction and problems of robotic tools in the agro-industrial complex]. *Vestnik obrazovatel'nogo konsortsiuma Srednerusskii universitet. Seriya: Informatsionnye tekhnologii* [Bulletin of the educational consortium Central Russian University. Series: Information technology], no. 2 (20), pp. 4-9.
6. Lepeshko, L.S. (2019). Obzor programnykh produktov dlya avtomatizatsii v APK [Review of software products for automation in the agro-industrial complex]. *Novosti nauki v APK* [News of science in the agro-industrial complex], no. 3 (12), pp. 318-324. doi: 10.25930/2218-855X/082.3.12.2019
7. Budnikov, D.A. (2019). Razrabotka SCADA-sistemy kontrolya laboratornogo oborudovaniya i parametrov protsessa sushki zerna [Development of a SCADA system for monitoring laboratory equipment and parameters of the grain drying process]. *Innovatsii v sel'skom khozyaistve* [Innovations in agriculture], no. 2 (31), pp. 230-237.
8. Tokarev, K. et al. (2023). Monitoring and Intelligent Management of Agrophytocoenos Productivity Based on Deep Neural Network Algorithms. In: Vasant, P., Weber, G.W., Marmolejo-Saucedo, J.A., Munapo, E., Thomas, J.J. (eds) Intelligent Computing & Optimization. *ICO 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 569. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-031-19958-5\_65
9. Tokarev, K.E., Rudenko, A.Yu., Kuz'min, V.A., Chernyavskii, A.N. (2021). Teoriya i tsifrovye tekhnologii intellektual'noi podderzhki prinyatiya reshenii dlya uvelicheniya bioproduktivnosti agroekosistem na osnove neirosetevykh modelei [Theory and digital technologies of intellectual decision support for increasing the bio-productivity of agroecosystems based on neural network models]. *Izvestiya*

*Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa* [Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex], no. 4 (64), pp. 421-440. doi: 10.32786/2071-9485-2021-04-42

10. Tokarev, K.E., Lebed', N.I., Kuz'min, V.A., Chernyavskii, A.N. (2020). Teoriya i tekhnologii upravleniya orosheniyem sel'skokhozyaistvennykh kul'tur na osnove informatsionnykh tekhnologii podderzhki prinyatiya reshenii i matematicheskogo modelirovaniya [Theory and technologies for managing irrigation of agricultural crops based on information technologies for decision support and mathematical modeling]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa* [Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex], no. 4(60), pp.433-448. doi: 10.32786/2071-9485-2020-04-41

11. Lebed', N.I., Tokarev, K.E. (2022). Povyshenie produktivnosti agrofitotsenozov v usloviyakh tochnogo zemledeliya s ispol'zovaniem neirosetevykh algoritmov glubokogo obucheniya: obosnovanie primeneniya i aspekty komp'yuternoi realizatsii [Increasing the productivity of agrophytocoenos in conditions of precision farming using deep learning neural network algorithms: rationale for application and aspects of computer implementation]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaistvennyy zhurnal* [International agricultural journal], no. 6 (390), pp. 662-664. doi: 10.55186/25876740\_2022\_65\_6\_662

12. Dubenok, N.N., Borodychev, V.V., Lytov, M.N. (2019). Algoritm ucheta prostranstvennoi neodnorodnosti iskhodnykh kharakteristik oroshayemogo uchastka na osnove GIS-tekhnologii [Algorithm for taking into account the spatial heterogeneity of the initial characteristics of an irrigated area based on GIS technologies]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka* [Russian agricultural sciences], no. 1, pp. 66-70.

13. Bereznoy, V.A., Ivashchuk, O.A., Maslakov, Y.N. (2020). Approaches for Automated Monitoring and Evaluation of In Vitro Plant's Morphometric Parameters. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, vol. 17, no. 9-10, pp. 4725-4732. doi: 10.1166/jctn.2020.9368

14. Bereznoy, V.V., Ivashchuk, O.A., Semenov, D.S. (2021). Obzor metodov i algoritmov avtomatizirovannykh sistem fenotipirovaniya rastenii [Review of methods and algorithms for automated plant phenotyping systems]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern high-tech technologies], no. 4, pp. 111-116. doi: 10.17513/snt.38624

15. Ignat'ev, V.V. (2010). Adaptivnye gibridnye intellektual'nye sistemy upravleniya [Adaptive hybrid intelligent control systems]. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering sciences], no. 12 (113). pp. 89-94.

16. Tokarev, K.E., Lebed', N.I. (2023). Rekurrentnaya neironnaya set' glubokogo obucheniya so svertochnymi sloyami dlya multiklassovogo raspoznavaniya posevov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Recurrent deep learning neural network with convolutional layers for multiclass recognition of crops]. *Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EHM RU 2023681039, 10.10.2023* [Certificate of registration of the computer program RU 2023681039, 10.10.2023]. Application № 2023680320, 10.10.2023.



Научная статья  
УДК 631.828:633.34  
doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_205

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ С СЕРОЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ НА ЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВАХ ЦЧР

Л.В. Левшаков<sup>1</sup>, В.И. Лазарев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, Курск, Россия

<sup>2</sup>Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

**Аннотация.** Представлена обеспеченность зональных почв ЦЧР подвижными формами серы. Проведены экспериментальные исследования по эффективности применения удобрений с серой при возделывании сои на почвах с дефицитом доступных для растений форм серы. Удобрения с серой улучшают минеральное питание при возделывании сои, увеличивают высоту растений по вариантам опыта от 2,2 и до 6,6 см. Увеличиваются основные количественные показатели структуры урожая сои. Удобрения с серой в наибольшей степени увеличивают структуру урожая сои на почвах с наименьшим содержанием этого элемента (1,19 мг/кг). Внесение сульфата аммония в дозе 2,3 ц/га увеличивает урожайность к контролю на 0,48 т/га на серой лесной и на 0,39 т/га на черноземной почве. Комплексное удобрение NPKS (15-15-15-10) в дозе N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>S<sub>30</sub> на темно-серой лесной почве повышает урожайность на 0,64 т/га, в том числе за счет серы на 0,17 т/га, на черноземе типичном на 0,56 т/га, в том числе за счет серы на 0,13 т/га. Удобрения с серой повышают содержание белка до 1,69% и растительного жира до 0,77%.

**Ключевые слова:** зональные почвы ЦЧР, подвижная сера, продуктивность сои, удобрения с серой, белок, растительный жир

Original article

## THE EFFECTIVENESS OF FERTILIZERS WITH SULFUR IN THE CULTIVATION OF SOYBEANS ON ZONAL SOILS OF THE CCR

L.V. Levshakov<sup>1</sup>, V.I. Lazarev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia

<sup>2</sup>Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

**Abstract.** The provision of zonal soils of the CCR with mobile forms of sulfur is presented. Experimental studies have been conducted on the effectiveness of the use of sulfur-containing fertilizers in the system of mineral nutrition of soybeans cultivated on soils with a low content of mobile sulfur. Fertilizers with sulfur improve mineral nutrition when cultivating soybeans, increase the height of plants according to experimental options from 2.2 and up to 6.6 cm. Quantitative indicators of the structure of the soybean crop are increasing, such as the number of beans per plant, the water content of the bean, the weight of grains per bean and the weight of 1000 grains. Fertilizers with sulfur increase the structure of the soybean crop to the greatest extent on dark gray forest soil with a minimum content of mobile sulfur (1.19 mg/kg). An increase in the yield of soybean grain from the introduction of sulfur-containing fertilizers has been established. Ammonium sulfate at a dose of 2.3 c/ha increases the yield of soybeans in comparison with the control on dark gray forest soil by 0.48 t/ha, including at the expense of sulfur by 0.24 t/ha, on typical chernozem by 0.39 t/ha, including at the expense of sulfur by 0.19 t/ha. Complex fertilizer NPKS (15-15-15-10) at a dose of N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>S<sub>30</sub> on dark gray forest soil increases yield by 0.64 t/ha, including due to sulfur 0.17 t/ha, on typical chernozem by 0.56 t/ha, including due to sulfur by 0.13 t/ha. Fertilizers with sulfur increase the protein content to 1.69% and vegetable fat to 0.77%.

**Keywords:** zonal soils of the CCR, mobile sulfur, soybean productivity, fertilizers with sulfur, protein, vegetable fat

**Введение.** Интенсификация агропромышленного производства в растениеводстве неизбежно приводит к деградации почвенного плодородия, увеличению выноса элементов питания из почв, в связи с чем предъявляются все более высокие требования к уровню почвенного плодородия и сбалансированному внесению минеральных удобрений [1, 2]. Необходимо в полной мере компенсировать вынос из почвы с отчуждаемым урожаем всех элементов питания. Расчетные нормы внесения минеральных удобрений для обеспечения планируемой урожайности регламентированы не только к макро-, но и к мезо- и микроэлементам. Чем более высокая урожайность, тем более высокие требования к качественному минеральному питанию [3]. В настоящее время большинство специалистов и фермеров, по важности и значимости при обеспечении питания растений, после макроэлементов чаще всего останавливаются на сере [4, 5]. Это обусловлено большой ролью серы в биологических и физиологических процессах, обеспечивающих высокую продуктивность при возделывании сельскохозяйственных культур. Она входит в состав незаменимых аминокислот (цистин, цистеин и др.), отдельных небелковых

соединений и является обязательным элементом ферментов и витаминов. Вынос серы с урожаем по отдельным культурам может превышать вынос фосфора [3].

Как в России, так и за рубежом в последние годы все более наглядна отрицательная динамика содержания в почве доступной для растений подвижной серы [6, 7]. Это обусловлено изменениями, произошедшими в балансе серы в агропедоценозах. Уменьшилось поступление серы с классическими серосодержащими удобрениями, (простой суперфосфат и др.), с выпадающими атмосферными осадками за счет снижения выбросов в атмосферу двуокиси углерода. В то же время значительно увеличился ее вынос с отчуждаемым урожаем сельскохозяйственных культур [8, 9]. Это привело к тому, что в настоящее время в России около 90% почв сельскохозяйственных угодий в низкой степени содержат доступную для растений серу [10]. Центральнo-Черноземный регион (ЦЧР) является ведущей аграрной областью как по площади сельскохозяйственных угодий, так и по уровню получаемой урожайности возделываемых культур. При этом, как показывают данные последних циклов агрохимического обследования, от 75 и до 90%

почв региона в низкой степени обеспечены доступными для растений формами серы [11]. Это является одним из важнейших факторов, лимитирующих дальнейшее повышение урожайности возделываемых культур. В современных технологиях производства продукции растениеводства необходимо применять удобрения с серой [3, 4].

В Центральном Черноземье одной из доминирующих культур является соя. Для нее характерно достаточно высокое содержание серы в семенах (0,30%) и, соответственно, высокий ее вынос с урожаем [6]. Исследованиями многих ученых [3, 4, 7] доказано, что сера входит в состав аминокислот и белковых соединений и напрямую определяет ее качественные характеристики. Вследствие этого при возделывании сои на почвах с дефицитом серы в системе минерального питания обязательным становится применение серосодержащих минеральных удобрений [6]. Ассортимент поставляемых отечественной химической промышленностью удобрений с серой в течение последнего времени значительно расширился. Помимо классических комплексных удобрений с различным содержанием макроэлементов и серы, все более активно

осваивается производство водорастворимых серосодержащих удобрений [12].

В связи с этим при возделывании сои на почвах с дефицитом серы целесообразным и актуальным вопросом является разработка перспективных приемов, способов и норм внесения серосодержащих удобрений. Необходимо продолжить полевые исследования с учетом почвенно-климатических условий Центрального Черноземья.

**Цель исследований** — определить необходимость и целесообразность применения удобрений с серой в интенсивных технологиях возделывания сои на почвах Центрального Черноземья с низкой обеспеченностью доступными для растений формами серы.

**Объекты и методы исследований.** Полевые опыты возделывания сои на зональных почвах ЦЧР с дефицитом доступной для растений форм серы проводились в условиях опытного поля НОПЦ «Учхоз «Знаменское» Курского ГАУ им. И.И. Иванова и в стационаре кафедры технологий высокопродуктивного рационального землепользования на базе ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в 2020–2022 гг. Исследования включали следующие варианты: 1. Без удобрений, контроль; 2.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , (1,3 ц/га- $\text{N}_{45}$ ), до посева сои; 3.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , (2,3 ц/га- $\text{N}_{46}$ ,  $\text{S}_{55}$ ), до посева сои; 4. N:P:K:S, 15:15:15:10, 3 ц/га ( $\text{N}_{45}$ ,  $\text{P}_{45}$ ,  $\text{K}_{45}$ ,  $\text{S}_{50}$ ), до посева сои; 5. Нитрофоска, 16:16:16, 2,9 ц/га ( $\text{N}_{46}$ ,  $\text{P}_{46}$ ,  $\text{K}_{46}$ ), до посева сои; 6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно по листу; 7. Ikar Elais, N:S, 13-32, 1 л/га +  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , 0,25 ц/га ( $\text{N}_{11}$ ), двукратно по листу. В опытах исследовали удобрения с серой производства АО ФосАгро и жидкое водорастворимое серно-азотное (S-N) удобрение Ikar Elais.

Полевые опыты по эффективности удобрений с серой при возделывании сои проводили на серой лесной и черноземной почвах, в таблице 1 представлены их агрохимические характеристики.

Чернозем типичный имеет более высокие показатели плодородия: содержание гумуса — 5,8%, близкой к нейтральной величине  $\text{pH}_{\text{ккл}}$  — 5,7, низкое содержание азота, среднее фосфора и высокое калия. Обеспеченность подвижной серой близка к средней. В темно-серой лесной

почве очень низкое содержание гумуса — 2,4%, кислая реакция почвенной среды  $\text{pH}_{\text{ккл}}$  — 4,4 и очень низкое содержание азота доступной серы. Отобранные образцы анализировались в лабораториях станции агрохимической службы «Курская» и Курского ГАУ по методике: органическое вещество — по ГОСТ 26213-91; кислотность — по ГОСТ 26483-85; фосфор и калий — по ГОСТ 26204-91; азот — по Корнфилду, 1985 г.; подвижная сера — по ГОСТ 26490-85.

Качество зерна сои определяли в лаборатории кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции на анализаторе зерна «Infrac»™1241».

Полевые опыты с удобрениями проводили в 3-кратной повторности с общей площадью делянок на серой лесной почве 300 м<sup>2</sup>, учетной — 200 м<sup>2</sup>. На черноземе типичном общий размер делянки составил 200 м<sup>2</sup>, учетной — 100 м<sup>2</sup>. Соя возделывалась по технологии, принятой для условий ЦЧР. Высевался сорт сои Казачка. Уборка сои по вариантам опытов проводилась комбайнами Террион и Сампо. Отдельно взвешивали зерно с каждой делянки и переводили на 100%-ю чистоту и 12%-ю влажность зерна. Перед уборкой определяли структуру урожая сои по важнейшим показателям: количество

бобов на одном растении, количество зерен в одном бобе, масса зерна с каждого растения, масса 1000 зерен. Проведена математическая обработка с использованием дисперсионного анализа.

Продуктивность возделывания сои в значительной степени зависит от климатических условий вегетационного периода. В 2020 и 2022 гг. сложились наиболее благоприятные условия как по количеству и периодичности выпадения осадков, так и по температурному режиму. В 2021 г. наблюдался дефицит осадков, весна сменилась летней жаркой и сухой погодой, что в значительной степени отразилось на урожайности. Особенностью 2022 г. было обильное количество осадков в сентябре, что затруднило проведение уборочных работ и снизило качество зерна.

**Результаты и их обсуждение.** В настоящее время по важности и значимости в системе минерального питания сои сера входит в число важнейших элементов питания [4, 13]. Однако с каждым годом содержание в почве доступных форм серы практически по всем регионам страны значительно уменьшается. Обеспеченность подвижной серой зональных почв Курской области находится на очень низком уровне и это

Таблица 1. Показатели плодородия полевых участков, темно-серая лесная почва и чернозем типичный (2020–2022 гг.)

Table 1. Fertility indicators of field plots, dark gray forest soil and typical chernozem (2020–2022)

Почва	Гумус, %	$\text{pH}_{\text{ккл}}$	N щелочно-гидролизуемый, мг/кг	$\text{P}_2\text{O}_5$ подвижный, мг/кг	$\text{K}_2\text{O}$ подвижный, мг/кг	S подвижная, мг/кг
Темно-серая лесная	2,4	4,4	118,0	131,0	129,0	1,19
Чернозем типичный	5,8	5,7	95,0	88,0	165,0	5,4

Таблица 2. Обеспеченность черноземов и серых лесных почв Курской области доступными формами серы, мг/кг [11]

Table 2. Mobile sulfur content in zonal soils of the Kursk region, mg/kg [11]

Почва	Обеспеченность доступной серой, %			Среднее по области, мг/кг
	низкая, < 6,0	средняя, 6,0–12,0	высокая, > 12,0	
Серые лесные	95,7	3,9	0,4	2,52
Черноземы	91,3	8,2	0,5	3,19

Таблица 3. Содержание элементов питания в пахотном слое почв по вариантам внесения удобрений, фаза цветения сои (2020–2022 гг.)

Table 3. The content of nutrients in the arable soil layer by fertilizer application options, soybean flowering phase (2020–2022)

Почва	Варианты опыта	Содержание, мг/кг			
		N щелочно-гидролизуемый	$\text{P}_2\text{O}_5$ подвижный	$\text{K}_2\text{O}$ подвижный	S, подвижная
Темно-серая лесная	1. Контроль, без удобрений	118,0	131,0	129,0	1,25
	2. $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , $\text{N}_{45}$ , до посева	125,1	132,5	130,5	1,32
	3. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , $\text{N}_{46}$ , $\text{S}_{55}$ , до посева	126,2	133,8	131,2	2,85
	4. $\text{N}_{45}$ , $\text{P}_{45}$ , $\text{K}_{45}$ , $\text{S}_{50}$ , до посева	129,8	139,1	136,7	2,15
	5. $\text{N}_{46}$ , $\text{P}_{46}$ , $\text{K}_{46}$ , до посева	131,9	141,7	137,4	1,42
	6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно, по листу	118,8	131,4	129,5	1,32
	7. Ikar Elais, 1 л/га + $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , $\text{N}_{11}$ , двукратно по листу	119,8	132,0	130,2	1,30
	HCP <sub>05</sub>	3,01	5,19	4,72	0,09
Чернозем типичный	1. Контроль, без удобрений	95,0	88,0	165,0	5,40
	2. $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , $\text{N}_{45}$ , до посева	101,6	89,2	165,5	5,53
	3. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , $\text{N}_{46}$ , $\text{S}_{55}$ , до посева	100,3	88,7	165,7	6,28
	4. $\text{N}_{45}$ , $\text{P}_{45}$ , $\text{K}_{45}$ , $\text{S}_{50}$ , до посева	100,9	96,8	168,9	5,86
	5. $\text{N}_{46}$ , $\text{P}_{46}$ , $\text{K}_{46}$ , до посева	99,8	97,1	169,2	5,45
	6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно, по листу	95,1	88,2	165,1	5,42
	7. Ikar Elais, 1 л/га + $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , $\text{N}_{11}$ , двукратно по листу	95,0	88,0	165,3	5,41
	HCP <sub>05</sub>	2,85	5,75	3,81	0,13



является одним из наиболее значимых факторов, ограничивающих продуктивность сельскохозяйственных культур [11]. В таблице 2 приведены данные об обеспеченности зональных почв области доступной серой.

Серые лесные почвы в наименьшей степени обеспечены подвижной серой. В 2022 г. около 95% площади этих почв отнесены к группе с низкой обеспеченностью. Черноземные почвы характеризуются несколько более высоким содержанием подвижной серы. При возделывании сои на таких почвах растения не обеспечены этим элементом и внесение удобрений с серой обязательно в системе минерального питания. Эффективность применения удобрений с серой обусловлена не только обеспеченностью почв доступной серой, но и содержанием доступного азота и гумуса, величиной рН. Внесение удобрений, в том числе серосодержащих, весной под культивацию оказывает влияние на содержание элементов питания в пахотном слое (табл. 3).

Внесение аммонийной селитры под культивацию в дозе N<sub>45</sub> достоверно увеличивает в пахотном слое содержание азота на темно-серой лесной почве на 7,1 мг/кг и на черноземе типичном на 6,6 мг/кг к контролю. При использовании сульфата аммония закономерно увеличивается

как содержание азота, так и подвижной серы. Содержание серы на серой лесной почве в сравнении с контролем увеличивается на 1,60 мг/кг, но все равно остается на низком уровне обеспеченности. На черноземе типичном обеспеченность серой фиксируется на среднем уровне — 6,28 мг/кг. Внесение комплексного удобрения с серой в дозе N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>S<sub>30</sub> увеличивает содержание азота в серой лесной почве на 11,8 мг/кг, на черноземе на 5,9 мг/кг, фосфора, соответственно — на 8,1 и 8,8 мг/кг и калия — на 3,7 и 3,9 мг/кг. Содержание серы на серой лесной почве увеличивается на 0,9 мг/кг, а на черноземе на 0,46 мг/кг. Нитроаммофоска в дозе N<sub>46</sub>P<sub>46</sub>K<sub>46</sub> закономерно увеличивает содержание в почве этих элементов.

Внесение удобрений по вариантам проведения исследований улучшает минеральное питание сои в течение всего периода вегетации, что отражается на интенсивности ростовых процессов и полученной урожайности. Влияние минеральных удобрений на высоту растений сои по вариантам проведения исследований представлено на рисунке. Внесение удобрений активизирует рост и развитие растений, что отразилось на их высоте. При этом эффективность удобрений с серой оказалась выше в сравнении

с удобрениями без серы. На темно-серой лесной почве влияние удобрений на высоту растений сои оказалось более выраженным.

Внесение азотных удобрений закономерно увеличивает высоту растений. Внесение аммонийной селитры увеличивает высоту растений в сравнении с контролем от 3,1 до 3,8 см, сульфата аммония — от 3,8 до 6,4 см. Комплексное удобрение с серой в дозе N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>S<sub>30</sub> повышает высоту растений от 4,5 до 6,6 см, а внесение удобрения без серы в дозе N<sub>46</sub>P<sub>46</sub>K<sub>46</sub> — от 3,9 до 5,6 см. Некорневая подкормка по листу Ikar Elais в дозе 1 л/га не оказывает достоверного влияния на высоту растений. Внесение по листу Ikar Elais совместно с карбамидом в сравнении с контролем увеличивает рост растений сои на 2,2 см на обоих типах почв.

Перед уборкой определялась структура урожая и анализировались наиболее важные показатели, определяющие урожайность. Полученные данные полевых опытов показывают, что внесение удобрений, в том числе серосодержащих, оказывает положительное влияние на улучшение показателей структуры урожая сои по вариантам проведения исследований (табл. 4).

При внесении аммонийной селитры в дозе N<sub>45</sub> весной до посева количество бобов на растении увеличивается на 0,9 шт. на темно-серой лесной почве и на 0,6 шт. на черноземе типичном. Закономерно увеличиваются также все исследуемые показатели.

Сульфат аммония в дозе N<sub>46</sub>S<sub>55</sub> весной до посева показал более высокую эффективность. Количество бобов на серой лесной почве увеличилось на 1,4 шт., на черноземе — на 1,0 шт., число зерен на одном растении увеличилось от 4,5 до 6,3 шт., вес зерна увеличился от 0,96 до 1,13 г. Также увеличилась и масса 1000 зерен. Наиболее продуктивно внесение комплексного удобрения с серой в дозе N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>S<sub>30</sub>. При этом количество бобов с каждого растения на серой лесной почве увеличивает на 1,7 шт., а на черноземе на 1,1 шт., количество зерен — на 7,1 и 5,6 шт., вес зерна увеличивается на 1,41 и 1,23 г, а масса 1000 зерен повысилась на 9,1 и 7,2 г соответственно. Внесение нитрофоски в дозе N<sub>46</sub>P<sub>46</sub>K<sub>46</sub> показало меньшую эффективность в сравнении с предыдущим вариантом.

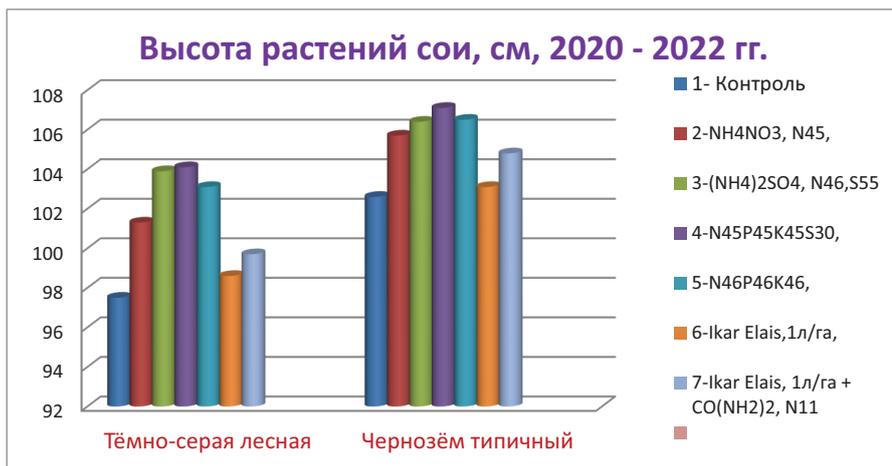


Рисунок. Влияние минеральных удобрений на высоту растений сои (2020-2022 гг.)  
Figure. The effect of mineral fertilizers on the height of soybean plants (2020-2022)

Таблица 4. Структура урожая сои по вариантам применения минеральных удобрений на зональных почвах ЦЧР, сорт Казачка (2020-2022 гг.)  
Table 4. Structure of the soybean crop by options for the use of mineral fertilizers on zonal soils of the CCR, Kazachka variety (2020-2022)

Почва	Варианты опыта	Показатели с одного растения			
		число бобов, шт.	число зерен, шт.	вес зерна, г	масса 1000 зерен, г
Темно-серая лесная	1. Контроль, без удобрений	19,9	36,7	4,78	126,7
	2. NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , N <sub>45</sub> , до посева	20,8	40,1	5,33	131,8
	3. (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , N <sub>46</sub> ,S <sub>55</sub> , до посева	21,3	43,0	5,91	135,8
	4. N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> S <sub>30</sub> , до посева	21,6	43,8	6,19	137,0
	5. N <sub>46</sub> P <sub>46</sub> K <sub>46</sub> , до посева	21,0	40,6	5,51	134,6
	6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно, по листу	20,2	37,1	4,84	127,8
	7. Ikar Elais, 1 л/га + CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> , N <sub>11</sub> , двукратно по листу	20,6	38,6	5,12	130,1
	HCP <sub>05</sub>	0,52	1,96	0,48	2,82
Чернозем типичный	1. Контроль, без удобрений	20,9	37,7	5,02	129,7
	2. NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , N <sub>45</sub> , до посева	21,5	40,4	5,44	133,2
	3. (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , N <sub>46</sub> ,S <sub>55</sub> , до посева	21,9	42,2	5,98	136,5
	4. N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> S <sub>30</sub> , до посева	22,0	43,3	6,25	136,9
	5. N <sub>46</sub> P <sub>46</sub> K <sub>46</sub> , до посева	21,6	42,4	5,71	135,8
	6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно, по листу	21,0	37,9	5,09	130,6
	7. Ikar Elais, 1л/га + CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> , N <sub>11</sub> , двукратно по листу	21,4	39,5	5,39	132,7
	HCP <sub>05</sub>	0,47	1,72	0,46	2,61



Количество бобов с одного растения на серой лесной почве увеличилось на 0,6 шт., а на черноземе на 0,7 шт., количество зерен — на 3,9 и 4,7 шт., вес зерна — на 0,73 и 0,69 г и масса 1000 зерен — на 7,9 и 6,1 г соответственно. Некорневая подкормка Ikar Elais, в дозе 1 л/га двукратно по листовой поверхности, не оказывает достоверного влияния на увеличение показателей структуры урожая сои. Более эффективна некорневая подкормка по листу Ikar Elais совместно с карбамидом. Показатели структуры урожая сои в этом варианте сопоставимы с внесением аммонийной селитры в дозе N<sub>45</sub>.

Показатели структуры урожая сои при внесении минеральных удобрений по вариантам проведения исследований определяют потенциальную биологическую урожайность. На темно-серой лесной почве удобрения с серой показали большую эффективность на прибавку урожая сои в сравнении с их внесением на черноземной почве. Внесение аммонийной селитры весной до посева в дозе 1,3 ц/га в среднем

за 3 года обеспечило прибавку зерна в сравнении с контролем на серой лесной почве сои 0,24 т/га, на черноземной почве — 0,19 т/га. Применение сульфата аммония в дозе 2,3 ц/га увеличило прибавку на 0,48 и 0,39 т/га соответственно. При этом дополнительно за счет серы получено зерна сои 0,24 т/га на серой лесной и 0,19 т/га больше в сравнении с внесением аммонийной селитры (табл. 5).

Наибольшую урожайность обеспечивает внесение комплексного удобрения NPKS (15-15-15-10) в дозе N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>S<sub>30</sub> весной до посева. Урожайность сои на серой лесной почве повысилась на 0,64 т/га, на черноземе на 0,56 т/га. Нитрофоска в дозе N<sub>46</sub>P<sub>46</sub>K<sub>46</sub> показала несколько меньшую эффективность в сравнении с внесением удобрения с серой.

Внесение Ikar Elais двукратно в качестве листовой подкормки в дозе 1 л/га не оказывает достоверного влияния на увеличение урожайности сои. Более эффективно двукратное внесение Ikar Elais совместно с карбамидом в дозе

0,25 ц/га. Это обеспечило прибавку зерна сои 0,2 т/га на темно-серой лесной почве и 0,17 т/га на черноземе типичном.

При возделывании полевых культур, наряду с получением максимальной урожайности, не менее актуально получение высококачественной продукции. Применение минеральных удобрений, в первую очередь серосодержащих, повышает качественные показатели зерна сои (табл. 6).

Внесение минеральных удобрений в большей степени повышает качественные показатели зерна сои на темно-серой лесной почве. Азотные удобрения непосредственно влияют на содержание белка. Применение аммонийной селитры в дозе 1,3 ц/га на темно-серой лесной почве повышает содержание белка на 1,27%, на черноземе на 0,93% в сравнении с контролем. Сульфат аммония в дозе 2,3 ц/га увеличивает содержание белка на 1,69 и 1,06% соответственно. Более эффективно увеличивают как белок, так и растительный жир комплексные удобрения.

Таблица 5. Урожайность сои по вариантам применения минеральных удобрений на зональных почвах ЦЧР, сорт Казачка (2020-2022 гг.)  
Table 5. Soybean yield by options for the use of mineral fertilizers on zonal soils of the CCR, Kazachka variety (2020-2022)

Почва	Варианты опыта	Показатели				
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	Средняя за 3 года	прибавка, т/га
Темно-серая лесная	1. Контроль, без удобрений	2,21	1,92	2,35	2,16	-
	2. NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , N <sub>45</sub> , до посева	2,48	2,10	<b>2,61</b>	2,40	0,24
	3. (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , N <sub>46</sub> S <sub>35</sub> , до посева	2,63	2,42	2,88	2,64	0,48(*0,24)
	4. N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> S <sub>30</sub> , до посева	2,77	2,58	<b>3,05</b>	<b>2,80</b>	0,64(*0,17)
	5. N <sub>46</sub> P <sub>46</sub> K <sub>46</sub> , до посева	2,69	2,40	<b>2,81</b>	2,63	0,47
	6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно, по листу	2,28	1,99	<b>2,42</b>	2,23	0,07
	7. Ikar Elais, 1 л/га + CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> , N <sub>11</sub> , двукратно по листу	2,44	2,09	<b>2,55</b>	2,36	0,20
HCP <sub>05</sub>					0,13	
Чернозем типичный	1. Контроль, без удобрений	2,34	2,10	2,43	2,29	-
	2. NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , N <sub>45</sub> , до посева	2,59	2,27	2,58	2,48	0,19
	3. (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , N <sub>46</sub> S <sub>35</sub> , до посева	2,70	2,50	2,81	2,67	0,39(*0,19)
	4. N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> S <sub>30</sub> , до посева	2,84	2,60	3,11	2,85	0,56(*0,13)
	5. N <sub>46</sub> P <sub>46</sub> K <sub>46</sub> , до посева	2,74	2,42	3,00	2,72	0,43
	6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно, по листу	2,39	2,12	2,54	2,35	0,06
	7. Ikar Elais, 1 л/га + CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> , N <sub>11</sub> , двукратно по листу	2,49	2,25	2,64	2,46	0,17
HCP <sub>05</sub>					0,14	

\*За счет серы.

Таблица 6. Качество зерна сои по вариантам применения минеральных удобрений на зональных почвах ЦЧР, сорт Казачка (2020-2022 гг.)  
Table 6. Quality of soybean grain according to the options for the use of mineral fertilizers on zonal soils of the CCR, Kazachka variety (2020-2022)

Почва	Варианты опыта	Показатели			
		белок, %	прибавка, %	растительный жир, %	прибавка, %
Темно-серая лесная	1. Контроль, без удобрений	38,85	-	21,15	-
	2. NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , N <sub>45</sub> , до посева	40,12	1,27	21,78	0,63
	3. (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , N <sub>46</sub> S <sub>35</sub> , до посева	40,54	1,69	21,92	0,77
	4. N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> S <sub>30</sub> , до посева	40,47	1,62	22,33	1,18
	5. N <sub>46</sub> P <sub>46</sub> K <sub>46</sub> , до посева	40,25	1,40	22,06	0,91
	6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно, по листу	39,06	0,21	21,20	0,05
	7. Ikar Elais, 1 л/га + CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> , N <sub>11</sub> , двукратно по листу	40,07	1,22	21,40	0,35
HCP <sub>05</sub>		0,41		0,29	
Чернозем типичный	1. Контроль, без удобрений	39,55	-	21,62	-
	2. NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , N <sub>45</sub> , до посева	40,48	0,93	22,12	0,50
	3. (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , N <sub>46</sub> S <sub>35</sub> , до посева	40,61	1,06	22,20	0,58
	4. N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> S <sub>30</sub> , до посева	40,70	1,15	22,26	0,64
	5. N <sub>46</sub> P <sub>46</sub> K <sub>46</sub> , до посева	40,56	1,01	22,18	0,56
	6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно, по листу	39,67	0,12	21,65	0,03
	7. Ikar Elais, 1 л/га + CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> , N <sub>11</sub> , двукратно по листу	40,32	0,77	21,96	0,34
HCP <sub>05</sub>			0,2		



Внесение удобрения с серой марки N:P:K:S (15:15:15:10), в дозе 3 ц/га весной до посева повышает содержание белка в темно-серой лесной почве на 1,62% и в черноземе на 1,15%. Содержание растительного жира при этом увеличивается на 1,18 и 0,64% соответственно. Нитрофоска в дозе N<sub>46</sub>P<sub>46</sub>K<sub>46</sub> показала несколько меньшую эффективность. Внесение Ikar Elais по листовой поверхности двукратно в дозе 1 л/га не оказывает достоверного увеличения качества зерна сои. При этом листовая подкормка Ikar Elais в дозе 1 л/га совместно с карбамидом в дозе 0,25 ц/га оказалась более эффективна. Содержание белка в сравнении с контролем на темно-серой лесной почве увеличивается на 1,22% и на черноземе на 0,77%. Содержание растительного жира повышается на 0,35 и 0,34% соответственно.

**Заключение.** Представленные экспериментальные данные полевых опытов подтверждают высокую результативность применения удобрений с серой на почвах с дефицитом этого элемента. Внесение удобрений весной под культивацию повышает содержание элементов питания в пахотном слое в течение всего вегетационного периода. Это отражается на росте и развитии растений, увеличении показателей структуры урожая сои. При этом эффективность удобрений с серой более высокая на темно-серой лесной почве с минимальным содержанием подвижной серы.

Установлено, что удобрения с серой оказывают существенное влияние на повышение продуктивности возделывания сои. Сульфат аммония в дозе 2,3 ц/га обеспечил повышение урожайности на 0,48 т/га на темно-серой лесной почве и 0,39 т/га на черноземе типичном. Внесение NPKS (15-15-15-10) в дозе N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>S<sub>30</sub> весной до посева на темно-серой лесной почве повышает урожайность на 0,64 т/га и на черноземе типичном на 0,56 т/га.

Некорневая подкормка Ikar Elais в дозе 1 л/га по листовой поверхности наиболее эффективна совместно с карбамидом в дозе 0,25 ц/га. Урожайность в этом варианте увеличивается от 0,17 т/га на черноземе типичном и до 0,2 т/га на темно-серой лесной почве.

Удобрения с серой повышают качество зерна сои. Применение сульфата аммония обеспечило повышение содержания белка от 1,06% на черноземе типичном до 1,69% на темно-серой лесной почве. Содержание растительного жира увеличивается от 0,58 до 0,77% соответственно. Комплексное удобрение с серой марки N:P:K:S (15:15:15:10) в дозе 3 ц/га на темно-серой лесной почве повышает белок в сравнении с контролем на 1,62% и растительный жир на 1,18%, на черноземе типичном на 1,15 и 0,64% соответственно.

При возделывании сои на зональных почвах ЦЧР с низким содержанием подвижной серы в системе минерального питания рекомендует применение серосодержащих удобрений.

#### Список источников

1. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь. М.: Изд-во ЦИНАО, 2003. 228 с.
2. Семькин В.А., Пигоров И.Я., Никитина О.В. Баланс элементов питания и гумуса в землях сельскохозяйственного назначения Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. С. 6-11.
3. Аристархов А.Н. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения // Международный сельскохозяйственный журнал. 2016. № 5. С. 39-47.
4. Zenda, T., Liu, S., Dong, A., Duan, H. (2021). Revisiting Sulphur — The Once Neglected Nutrient: It's Roles in Plant Growth, Metabolism, Stress Tolerance and Crop Production. *Agriculture*, no. 11, p. 626. doi: 10.3390/agriculture11070626
5. Schnug, E., Haneklaus, S. (2005). *Proc. First Sino-German workshop on aspects of sulfur nutrition of plants*. London, pp. 175-178.
6. Пироговская Г.В. и др. Рекомендации по применению серосодержащих удобрений под сельскохозяйственные культуры / Национальная Академия Наук Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии. Минск: Институт системных исследований в АП; НАН Беларуси, 2020. 64 с.
7. Grant, C.A. Clayton, G.W., Johnston, A.M. (2003). Sulphur fertilizer and tillage effects on canola seed quality in the Black soil zone of western Canada. *Can. J. Plant Sci.*, vol. 83, no. 4, pp. 745-758.
8. Чевычелов А.В., Левшаков Л.В., Лазарев В.И. Влияние удобрений, содержащих серу, на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Курской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 4. С. 51-54.
9. Аристархов А.Н., Сычев В.Г. Агрохимия серы. М.: ВНИИА, 2007. 272 с.
10. Лукин С.В., Куницын Д.А., Пироженко В.В. и др. Мониторинг содержания серы и микроэлементов в почвах Центрально-Черноземного района России // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 1. С. 4-7. doi: 10.53859/02352451\_2022\_36\_1\_4
11. Левшаков Л.В., Пироженко В.В. Сера в почвах Курской области // Агрохимический вестник. 2022. № 3. С. 49-53. doi: 10.24412/1029-2551-2022-3-009
12. Левшаков Л.В., Чевычелов А.В., Лазарев В.И. и др. Влияние комплексных серосодержащих удобрений на питательный режим и водопотребление сельскохозяйственных культур на зональных почвах Центрального Черноземья // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 7. С. 58-65.

#### References

1. Sychev, V.G. (2003). *Osnovnye resursy urozhainosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i ikh vzaimosvyaz'* [Main crop

yield resources and their interrelation]. Moscow, Publishing house of TSINAO, 228 p.

2. Semykin, V.A., Pigorev, I.Ya., Nikitina, O.V. (2019). Balans ehlementov pitaniya i gumusa v zemlyakh sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya Kurskoi oblasti [Balance of nutrition elements and humus in agricultural lands of the Kursk region]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], no. 3, pp. 6-11.

3. Aristarkhov, A.N. (2016). Sера v agroekosistemakh Rossii: monitoring soderzhaniya v pochvakh i ehfektivnost' ee primeneniya [Sulfur in agroecosystems of Russia: monitoring of the content in soils and the effectiveness of its application]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 5, pp. 39-47.

4. Zenda, T., Liu, S., Dong, A., Duan, H. (2021). Revisiting Sulphur — The Once Neglected Nutrient: It's Roles in Plant Growth, Metabolism, Stress Tolerance and Crop Production. *Agriculture*, no. 11, p. 626. doi: 10.3390/agriculture11070626

5. Schnug, E., Haneklaus, S. (2005). *Proc. First Sino-German workshop on aspects of sulfur nutrition of plants*. London, pp. 175-178.

6. Pirogovskaya, G.V. i dr. (2020). *Rekomendatsii po primeneniyu serosoderzhashchikh udobrenii pod sel'skokhozyaistvennye kul'tury* [Recommendations for the use of sulfur-containing fertilizers for agricultural crops]. Minsk, Institute of System Research in the AP; National Academy of Sciences of Belarus, 64 p.

7. Grant, C.A. Clayton, G.W., Johnston, A.M. (2003). Sulphur fertilizer and tillage effects on canola seed quality in the Black soil zone of western Canada. *Can. J. Plant Sci.*, vol. 83, no. 4, pp. 745-758.

8. Chevychelov, A.V., Levshakov, L.V., Lazarev, V.I. (2019). Vliyanie udobrenii, soderzhashchikh seru, na urozhainost' i kachestvo zerna yarovoi pshenitsy v usloviyakh Kurskoi oblasti [The effect of fertilizers containing sulfur on the yield and quality of spring wheat grain in the conditions of the Kursk region]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 4, pp. 51-54.

9. Aristarkhov, A.N., Sychev, V.G. (2007). *Agrokhimiya sery* [Agrochemistry of sulfur]. Moscow, VNIIA, 272 p.

10. Lukin, S.V., Kunitsin, D.A., Pirozhenko, V.V. i dr. (2022). Monitoring soderzhaniya sery i mikroehlementov v pochvakh Tsentral'no-Chernozemnogo raiona Rossii [Monitoring of sulfur and trace elements content in soils of the Central Chernozem region of Russia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], vol. 36, no. 1, pp. 4-7. doi: 10.53859/02352451\_2022\_36\_1\_4

11. Levshakov, L.V., Pirozhenko, V.V. (2022). Sера v pochvakh Kurskoi oblasti [Sulfur in the soils of the Kursk region]. *Agrokhimicheskii vestnik* [Agrochemical herald], no. 3, pp. 49-53. doi: 10.24412/1029-2551-2022-3-009

12. Levshakov, L.V., Chevychelov, A.V., Lazarev, V.I. i dr. (2019). Vliyanie kompleksnykh serosoderzhashchikh udobrenii na pitatel'nyi rezhim i vodopotrebleniye sel'skokhozyaistvennykh kul'tur na zonal'nykh pochvakh Tsentral'nogo Chernozem'ya [The effect of complex sulfur-containing fertilizers on the nutrient regime and water consumption of agricultural crops on zonal soils of the Central Chernozem region]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], no. 7, pp. 58-65.

#### Информация об авторах:

**Левшаков Леонид Васильевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, декан агротехнологического факультета, Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4367-0878>, [leo-levshakov@yandex.ru](mailto:leo-levshakov@yandex.ru)

**Лазарев Владимир Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией технологий возделывания полевых культур и агроэкологической оценки земель, Курский федеральный аграрный научный центр, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2931-8560>, [vl190353@yandex.ru](mailto:vl190353@yandex.ru)

#### Information about the authors:

**Leonid V. Levshakov**, candidate of agricultural sciences, associate professor, dean of the faculty of agricultural technology, Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4367-0878>, [leo-levshakov@yandex.ru](mailto:leo-levshakov@yandex.ru)

**Vladimir I. Lazarev**, doctor of agricultural sciences, professor, head of the laboratory of the technologies of field crops cultivation and agroecological assessment of lands, Federal Agricultural Kursk Research Center, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2931-8560>, [vl190353@yandex.ru](mailto:vl190353@yandex.ru)





Научная статья

УДК 339.54.012+338.001.36

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_210

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АГРОЛАНДШАФТЫ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРНОЙ АЗИИ

**Т.Б. Бардаханова, В.Д. Мункуева, С.Н. Иванова, П.В. Осодоев, З.С. Еремко**Байкальский институт природопользования Сибирского отделения  
Российской академии наук, Улан-Удэ, Россия

**Аннотация.** Объектом настоящего исследования являются трансграничные территории Северной Азии в пределах России (Алтайский край, Амурская область, Забайкальский край, Омская область, Республика Бурятия, Республика Тыва и Тюменская область), Монголии (8 аймаков, граничащих с Россией) и Казахстана (Павлодарская, Северо-Казахстанская и Восточно-Казахстанская области). Цель исследования — дать комплексную оценку антропогенной нагрузки на агроландшафты рассматриваемых территорий в разрезе 2010-2020 гг. На основе выбранного методического подхода авторы рассчитали удельные показатели природоемкости сельскохозяйственных систем и экономического развития, провели балльную оценку комплексной антропогенной нагрузки на агроландшафты на основе суммарной среднеквадратичной оценки отклонений. Результаты показывают, большая часть рассматриваемых российских регионов за исключением Забайкальского края и Республики Тыва относится к регионам с высокой и средней антропогенной нагрузкой. Все модельные монгольские аймаки входят в группу с невысокой антропогенной нагрузкой. Несмотря на высокие показатели удельного веса сельскохозяйственных угодий в общей площади территории, эффективность их освоения не находит отражения в показателях экономического развития. Все три казахстанские области входят в разные группы по уровню комплексной антропогенной нагрузки. Высокая степень распаханности сельхозугодий и значительный рост антропогенной нагрузки за 10 лет в Северо-Казахстанской и Тюменской областях требуют разработки комплекса специальных мер. Использованный методический подход по комплексной оценке антропогенной нагрузки может быть рекомендован для дальнейших исследований направлений оптимизации агроландшафтов модельных территорий.

**Ключевые слова:** агроландшафты, сельскохозяйственная освоенность, распаханность, пастбищная нагрузка, плотность сельского населения, трансграничные территории, Россия, Монголия, Казахстан, Северная Азия

**Благодарности:** исследование выполнено в рамках Государственной программы научных исследований Байкальского института природопользования СО РАН 0273-2021-0003 № AAAA-A21-121011590039-6.

Original article

## COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC LOAD ON AGROLANDSCAPES OF TRANSBOUNDARY TERRITORIES OF NORTH ASIA

**T.B. Bardakhanova, V.D. Munkueva, S.N. Ivanova, P.V. Osodoev, Z.S. Eremko**Baikal Institute of Nature Management Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Ulan-Ude, Russia

**Abstract.** The object of this study is the border territories of North Asia within Russia (Altai Krai, Amur Oblast, Zabaykalsky Krai, Omsk Oblast, the Republic of Buryatia, Tyva Republic and Tyumen Oblast), Mongolia (8 aimags bordering Russia) and Kazakhstan (Pavlodar Oblast, North Kazakhstan Oblast and East Kazakhstan Oblast). The purpose of the study is to provide a comprehensive assessment of the anthropogenic load on the agricultural landscapes of the territories under consideration in the context of 2010-2020. Based on the chosen methodological approach, the authors calculated specific indicators of the environmental intensity of agricultural systems and economic development, and made a scoring assessment of the complex anthropogenic load on agricultural landscapes based on the total root-mean-square assessment of deviations. The results showed that most of the Russian regions, with the exception of the Zabaykalsky Krai and the Republic of Tyva, belong to regions with high and medium anthropogenic load. All model Mongolian aimags are included in the group with low anthropogenic load. Despite the high share of agricultural land in the total area of the territory, the efficiency of their development is not reflected in economic development indicators. All three Kazakhstan regions are included in different groups in terms of the level of complex anthropogenic load. The high degrees of plowing of farmland and a significant increase in anthropogenic load over 10 years in the North Kazakhstan and Tyumen regions require the development of a set of special measures. The methodological approach used can be recommended for further research into areas for optimizing agricultural landscapes of model territories.

**Keywords:** agricultural landscapes, agricultural development, plowing, pasture load, rural population density, transboundary territories, Russia, Mongolia, Kazakhstan, North Asia

**Acknowledgments:** The present research was prepared within the framework of the State Research Program of the Baikal Institute of Nature Management SB RAS 0273-2021-0003 No. AAAA-A21-121011590039-6.

**Введение.** Понятие об антропогенном ландшафте как природном комплексе, преобразованном хозяйственной деятельностью человека, дано Н.Ф. Реймерсом [1]. Как отмечается в работе [2, с. 19], «по масштабам антропогенной деятельности наибольшие изменения естественных ландшафтов связано с освоением территорий для целей сельскохозяйственного

производства». В результате происходит преобразование природных комплексов в агроландшафты, антропогенными элементами которого являются земельные участки, на которых происходит сельскохозяйственная деятельность (поля, сады, пастбища и др. сельскохозяйственные объекты). Оптимизация агроландшафтов заключается в выборе таких способов его

использования, которые в наибольшей степени соответствовали бы его природным свойствам (потенциалу).

Сравнительному анализу изменений землепользования и их движущих сил как инструменту выявления изменений региональных экосистем посвящено в последние годы много зарубежной и отечественной научной литературы [3-11].



Такой исследовательский интерес обусловлен универсальностью происходящих в настоящее время глобальных изменений, которые приводят к фрагментации ландшафта, усиливают парниковый эффект, ускоряют деградацию почв и влияют на способность экосистем поддерживать устойчивое развитие человеческого общества. Авторы работы [12] подчеркивают, что изменения землепользования отражают не только изменение структуры землепользования во времени, но и уровень вмешательства человека в различные географические регионы, где лица, принимающие решения, реализуют национальную политику по изменению земного покрова.

В настоящее время в большинстве исследований больше внимания уделяется количественному анализу механизмов действия различных факторов, использованию статистических методов, которые включают множество дополнительных переменных и сложны с точки зрения обеспечения необходимой информацией. Большой вклад в методологию оценки антропогенной нагрузки на агроландшафты внесен российскими учеными. Так, Б.И. Кочуровым рассмотрен комплексный показатель «преобразованности территории», отражающий антропогенное воздействие, характерное для различных видов земельных угодий [13]. Виды и индикаторы антропогенной нагрузки приведены в монографии [14]. В коллективной монографии под общей редакцией Масютенко Н.П. [15] обоснован методический подход, разработана система оценки антропогенной нагрузки и ее нормирования с учетом влияния на трансформацию органического вещества почвы и соответствия экологической емкости агроландшафтов. Широкий спектр комплексных и интегральных подходов к оценке сельскохозяйственных воздействий на природные системы рассмотрен в статье [16]. Методика оценки уровня антропогенной нагрузки на основе сопряженного анализа показателей и индексов шести групп факторов антропогенной нагрузки по 17 степным регионам России предложена авторами работы [10].

Исследование продолжает работы авторов [17, 18] в рамках программы научных исследований лаборатории экономики природопользования БИП СО РАН. В качестве объекта исследования рассматриваются трансграничные территории Северной Азии в пределах России (Алтайский край, Амурская область, Забайкальский край, Омская область, Республика Бурятия, Республика Тыва, Тюменская область), Монголии (8 аймаков, граничащих с Россией: Баян-Олгий, Завхан, Увс, Булган, Хубсугул, Сэлэнгэ, Дорнод, Хэнтий), а также Казахстана (Павлодарская, Северо-Казахстанская и Восточно-Казахстанская области). Целью настоящего исследования является проведение комплексной оценки антропогенной нагрузки на агроландшафты рассматриваемых территорий в разрезе 2010-2020 гг.

#### Методы и материалы.

На основе изучения научной литературы выбран и апробирован на модельных территориях методический подход к комплексной балльной оценке антропогенной нагрузки на агроландшафты [10, 13, 16, 19], который состоит в расчете ряда удельных показателей сельскохозяйственной освоенности территории, распаханности сельхозугодий, пастбищной нагрузки и сопоставлении полученных показателей с рядом удельных показателей экономического

развития. Все рассчитываемые показатели входят в перечень показателей развития сельского хозяйства, за значениями которых ведется контроль на государственном и региональном уровнях. Преимущество подхода состоит в приоритете использования статистических и иных данных и не требует проведения высокозатратных проектно-исследовательских работ.

Предлагаемый подход состоит в реализации 3-х этапов:

1) Расчет двух групп удельных показателей, характеризующих состояние использования земель (X1 — доля с/х угодий в общей площади земель, %; X2 — доля пашни к площади с/х угодий, %; X3 — пастбищная нагрузка, усл. голов на 1 га пастбищных угодий) и уровень экономического развития (X4 — интенсивность экономического развития, ВРП на 1 га общей площади территории, тыс. долл. США/га (национальные валюты переведены в доллары исходя из среднегодовых обменных курсов доллара США по данным национальных банков рассматриваемых в исследовании стран за 2010, 2015, 2018 и 2020 гг.); X5 — интенсивность развития сельскохозяйственного производства, объем производства продукции с/х на 1 га с/х угодий, тыс. долл. США/га; X6 — плотность сельского населения, человек на 1 га с/х угодий).

2) Приведение рассчитанных удельных показателей к сопоставимому виду с использованием балльной шкалы перевода: Xij — балльная оценка i-того удельного показателя использования сельскохозяйственных земель в j-том регионе. В основу оценки 1 балла было положено соотношение, равное  $(X_{ij}^{max} - X_{ij}^{min})/n$ ;

3) Комплексный балльный показатель уровня антропогенной нагрузки на агроландшафты (АН<sub>Бj</sub>) на основе суммарной среднеквадратичной оценки отклонений рассчитывается по формуле:

$$АН_{Бj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}{n}}$$

где АН<sub>Бj</sub> — уровень антропогенной нагрузки; j — индекс региона; i — порядковый номер удельного показателя; n — количество показателей; Xij — балльная оценка i-того показателя использования сельскохозяйственных земель в j-том регионе.

4) Сравнительная оценка полученных балльных оценок.

В качестве исходных материалов используются:

- доклады о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации в разрезе 2010-2020 гг. (<http://rosstat.gov.ru>, <http://cctmxc.ru>, <http://rosreestr.gov.ru>);
- данные Монгольской информационной службы (<http://www2.1212.mn>);
- данные Бюро национальной статистики Казахстана (<http://stat.gov.kz/ru>) и Национального банка Казахстана (<http://nationalbank.kz/ru/news/officialnye-kursy>).

#### Результаты и обсуждение

Нами рассматривалось 3 типа сельскохозяйственных земель: сельскохозяйственные угодья, пашни, пастбища. Пастбищная нагрузка рассчитывалась, исходя из численности условных голов сельскохозяйственных животных, приходящихся на 1 га пастбищных угодий, с использованием коэффициентов перевода физического

поголовья отдельных видов сельскохозяйственных животных в условные головы согласно Методике Минсельхоза России (Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 11 февраля 2020 г. N 56 «Об утверждении методик расчета значений отдельных показателей государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия»).

Результаты расчета удельных показателей состояния сельскохозяйственных земель и экономического развития модельных регионов Северной Азии представлены в таблице 1.

Итоги перевода удельных показателей в балльные оценки в разрезе 2010-2020 гг. представлены на рисунке 1.

Результаты анализа исходных данных в разрезе 2010-2020 гг. и проведенной на их основе балльной оценки удельных показателей использования сельскохозяйственных земель и экономического развития модельных российских, монгольских и казахстанских регионов Северной Азии позволяют выделить следующие особенности использования земель и развития сельского хозяйства на рассматриваемых территориях:

- По уровню сельскохозяйственной освоенности территории высокие 8-10 баллов получили 5 из 8 монгольских аймаков (Баян-Олгий, Завхан, Дорнод, Увс и Хэнтий), Северо-Казахстанская область Казахстана и Алтайский край, являющийся лидером среди российских регионов. Только Омская область из оставшихся российских регионов находится на уровне 6 баллов и соответствует остальным аймакам Монголии с оценками в 5-7 баллов, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областям Казахстана с 5 и 7 баллами. Оставшиеся 5 из 7 российских регионов имеют невысокие оценки от 1 до 3 баллов. Динамика показателя сельскохозяйственной освоенности территории за рассматриваемые годы практически по всем регионам не изменилась за исключением сокращения площадей земель сельскохозяйственного назначения в Омской (начиная с 2015 г.), Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях (в 2020 г.);
- По распаханности сельхозугодий лидирует Северо-Казахстанская область Казахстана (10 баллов) и 3 российских региона с 8-10 баллами: Алтайский край, Омская и Амурская области. На втором месте Тюменская область и Бурятия с 6 баллами. В третью группу регионов входят Павлодарская и Восточно-Казахстанская области, аймак Сэлэнгэ и Забайкальский край с 2-3 баллами. Оценки Республики Тыва и остальных монгольских аймаков равны 1 баллу, доли пашни в сельхозугодьях составляют на их территориях от 0,08 до 3,3%. В Северо-Казахстанской и Павлодарской областях распаханно 67,3 и 28,3% всех сельхозугодий, три из 7 российских регионов характеризуются также высоким уровнем распаханности сельхозугодий (от 56% в Амурской области до 60% в Омской области и Алтайском крае, свыше трети — в Тюменской области и почти четверть — в Бурятии), тогда как в практически единственном растениеводческом аймаке Монголии Сэлэнгэ доля пашни — 15,4%;



– Выявилась интересная ситуация по показателю пастбищной нагрузки: вопреки представлениям об огромной пастбищной нагрузке в Монголии, в основе которых лежат данные о высоком поголовье скота, балльные оценки этого удельного показателя в условных головах на 1 га пастбищных угодий в российских регионах оказались сопоставимыми с оценками монгольских аймаков, а Омская и Тюменская области — в числе лидеров с оценками в 9-10 баллов. Во многом такие результаты объясняются большими площадями пастбищных угодий в Монголии, а также методическими особенностями перевода количества поголовья в условные головы [20]. Можно отметить, что в российских регионах (Алтайском крае, Бурятии и Амурской области) наблюдается некоторое снижение пастбищной нагрузки в 2018-2020 гг. по сравнению с 2010 г., тогда как в Монголии в аймаках Булган, Хубсугул,

Сэлэнгэ и Хэнтий, а также в Северо-Казахстанской области отмечается рост этого показателя, что отразилось в более высоких балльных оценках;

- Что касается уровня общего экономического развития рассматриваемых регионов, по результатам балльной оценки показателя ВРП (в долл. США на 1 га общей площади территории) выделяются 3 российских региона (Тюменская и Омская области, Алтайский край) и 3 области Казахстана, среди которых лидером является Павлодарская область, значительно улучшившая удельный показатель ВРП в 2020 г. по сравнению с 2010 г. Остальные российские и монгольские регионы получили невысокие оценки в 1-2 балла, которые практически не изменились с 2010 по 2020 гг.;
- По производству сельскохозяйственной продукции (в долл. США на 1 га площади сельхозугодий) лидируют 4 российских

региона (Тюменская и Омская области, Алтайский край, а также Амурская область) и Северо-Казахстанская область Казахстана, причем, если российские регионы относительно стабильны в период с 2010 по 2020 гг., то Северо-Казахстанская область более чем в 2 раза улучшила показатель и достигла в 2020 г. уровня безусловного лидера — Тюменской области. Во второй группе по значению балльных оценок находится Республика Бурятия, которая, имея стабильные 4 балла за первые три рассматриваемых года, несколько ухудшила показатель в последний год. В этой же группе Павлодарская и Восточно-Казахстанской области Казахстана, улучшившие свои показатели с 2 до 5 и 6 баллов, соответственно. Среди других регионов выделяются с 2 баллами Забайкальский край и монгольский аймак Сэлэнгэ. Республика Тыва и оставшиеся 7 аймаков Монголии получили невысокие оценки в 1 балл;

Таблица 1. Расчетные удельные показатели использования сельскохозяйственных земель на модельных территориях Северной Азии  
Table 1. Estimated specific indicators of agricultural land use in model territories of North Asia

Модельные территории Северной Азии		Удельные показатели использования сельскохозяйственных земель			Удельные показатели экономического развития		
		X1	X2	X3	X4	X5	X6
<b>Россия</b>							
Алтайский край	2010 г.	69,227	56,583	0,343	0,587	0,220	0,094
	2015 г.	68,660	57,486	0,302	0,441	0,163	0,090
	2018 г.	68,658	57,697	0,294	0,519	0,172	0,088
	2020 г.	68,656	57,794	0,278	0,525	0,186	0,085
	2010 г.	66,418	44,342	0,388	0,883	0,184	0,060
Омская область	2015 г.	54,994	53,550	0,368	0,665	0,175	0,070
	2018 г.	53,764	54,776	0,335	0,785	0,187	0,070
	2020 г.	53,754	54,793	0,327	0,710	0,175	0,068
	2010 г.	28,353	30,196	0,397	1,436	0,335	0,117
Тюменская область (без АО)	2015 г.	28,394	31,015	0,378	0,859	0,236	0,111
	2018 г.	28,503	29,562	0,393	1,237	0,256	0,109
	2020 г.	23,213	34,383	0,356	0,956	0,262	0,134
	2010 г.	18,683	6,131	0,127	0,126	0,055	0,047
Забайкальский край	2015 г.	18,524	6,050	0,134	0,087	0,037	0,044
	2018 г.	18,490	6,062	0,134	0,118	0,043	0,042
	2020 г.	18,473	5,501	0,135	0,129	0,038	0,042
	2010 г.	8,964	31,087	0,233	0,124	0,124	0,151
Республика Бурятия	2015 г.	8,952	30,091	0,228	0,088	0,088	0,146
	2018 г.	8,952	29,999	0,220	0,111	0,088	0,145
	2020 г.	8,952	30,013	0,221	0,113	0,081	0,146
	2010 г.	23,127	6,970	0,081	0,059	0,040	0,043
Республика Тыва	2015 г.	22,734	5,681	0,101	0,043	0,024	0,043
	2018 г.	22,734	5,687	0,107	0,066	0,027	0,044
	2020 г.	22,734	5,678	0,117	0,064	0,031	0,045
	2010 г.	9,461	40,411	0,210	0,161	0,189	0,080
Амурская область	2015 г.	9,806	44,351	0,194	0,116	0,186	0,074
	2018 г.	9,788	45,048	0,186	0,139	0,202	0,073
	2020 г.	9,760	45,210	0,162	0,163	0,200	0,071
	<b>Монголия</b>						
Баян-Олгий	2010 г.	78,668	0,020	0,060	0,017	0,009	0,015
	2015 г.	78,471	0,030	0,114	0,036	0,021	0,018
	2018 г.	78,471	0,074	0,127	0,034	0,019	0,018
	2020 г.	77,589	0,076	0,131	0,037	0,022	0,019
Завхан	2010 г.	84,817	0,024	0,047	0,009	0,005	0,007
	2015 г.	84,814	0,027	0,088	0,020	0,011	0,008
	2018 г.	84,755	0,150	0,108	0,018	0,010	0,008
	2020 г.	79,800	0,286	0,120	0,021	0,014	0,009

Модельные территории Северной Азии		Удельные показатели использования сельскохозяйственных земель			Удельные показатели экономического развития		
		X1	X2	X3	X4	X5	X6
Увс	2010 г.	69,785	0,872	0,070	0,011	0,007	0,009
	2015 г.	69,473	1,060	0,121	0,023	0,016	0,011
	2018 г.	69,469	1,465	0,144	0,021	0,015	0,011
	2020 г.	67,063	1,738	0,165	0,024	0,018	0,011
	2010 г.	56,118	2,637	0,222	0,020	0,024	0,014
Булган	2015 г.	56,110	2,602	0,327	0,032	0,034	0,016
	2018 г.	56,037	3,273	0,314	0,025	0,025	0,017
	2020 г.	56,036	3,281	0,327	0,029	0,030	0,017
	2010 г.	44,494	0,712	0,166	0,014	0,018	0,017
Хубсугул	2015 г.	44,484	0,747	0,222	0,024	0,027	0,019
	2018 г.	44,480	0,758	0,284	0,023	0,026	0,020
	2020 г.	44,513	0,732	0,285	0,024	0,027	0,020
	2010 г.	50,389	14,949	0,191	0,071	0,033	0,024
Сэлэнгэ	2015 г.	50,151	15,243	0,251	0,066	0,034	0,024
	2018 г.	49,985	15,325	0,271	0,064	0,035	0,035
	2020 г.	49,919	15,416	0,318	0,075	0,041	0,035
	2010 г.	78,470	0,003	0,036	0,008	0,003	0,003
Дорнод	2015 г.	77,981	1,006	0,056	0,024	0,006	0,003
	2018 г.	77,939	1,057	0,082	0,028	0,007	0,004
	2020 г.	77,944	1,066	0,098	0,023	0,008	0,004
	2010 г.	68,324	1,241	0,097	0,010	0,009	0,006
Хэнтий	2015 г.	68,332	1,411	0,163	0,021	0,018	0,009
	2018 г.	68,324	1,460	0,212	0,020	0,017	0,009
	2020 г.	67,593	1,477	0,219	0,021	0,017	0,009
	<b>Казахстан</b>						
Павлодарская область	2010 г.	89,559	11,406	0,062	0,561	0,037	0,021
	2015 г.	89,516	14,421	0,070	0,628	0,062	0,020
	2018 г.	89,515	14,374	0,076	0,639	0,060	0,020
	2020 г.	52,756	28,843	0,164	0,606	0,111	0,034
Северо-Казахстанская область	2010 г.	85,676	55,126	0,141	0,323	0,135	0,042
	2015 г.	85,764	57,618	0,138	0,385	0,204	0,039
	2018 г.	85,765	58,517	0,152	0,359	0,178	0,036
	2020 г.	85,662	58,898	0,258	0,388	0,224	0,035
Восточно-Казахстанская область	2010 г.	79,915	5,429	0,060	0,298	0,046	0,026
	2015 г.	79,955	6,410	0,067	0,368	0,073	0,025
	2018 г.	79,952	6,444	0,074	0,368	0,066	0,024
	2020 г.	42,217	12,327	0,169	0,394	0,140	0,043

Источник: рассчитано авторами

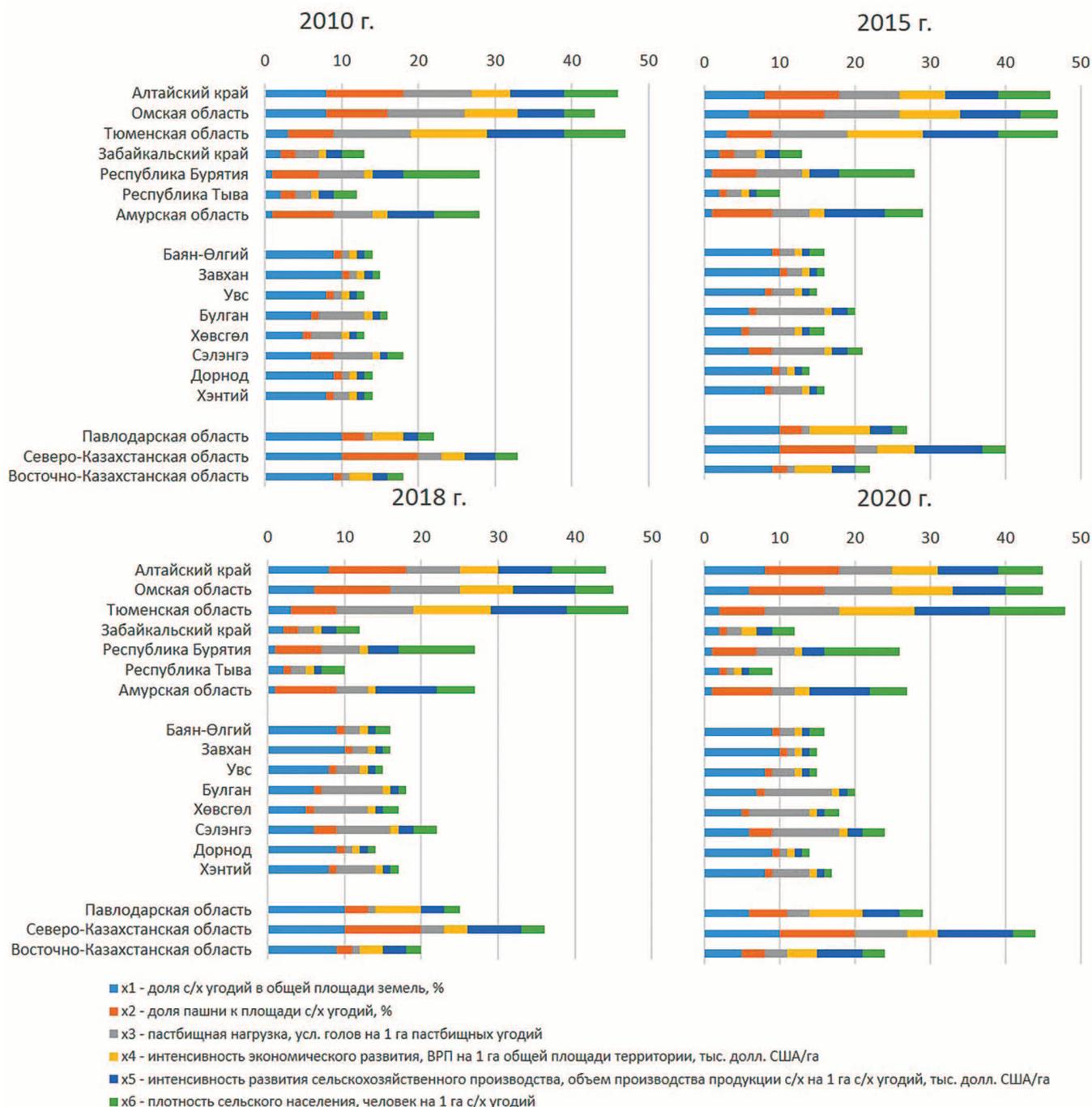


Рисунок 1. Балльные оценки удельных показателей использования сельскохозяйственных земель и экономического развития модельных территорий Северной Азии в разрезе 2010-2020 гг. (рассчитано авторами)

Figure 1. Point estimates of specific indicators of the use of agricultural land and economic development of model territories of North Asia in the context of 2010-2020. (calculated by the authors)

– По плотности сельского населения (чел. на 1 га сельхозугодий) самые высокие оценки в 10 баллов в каждом из рассматриваемых лет получила Бурятия. В группу с высокими баллами от 5 до 10 баллов также входят Тюменская область, Алтайский край, Амурская и Омская области. В группу со стабильными 3 баллами входят Забайкальский край, Тыва и Северо-Казахстанская области, с 2 до 3 баллов возросла оценка аймака Сэлэнгэ, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областей. Третья группа — это практически все монгольские аймаки, которые имеют оценки в 1-2 балла, за исключением упомянутого выше аймака Сэлэнгэ.

Результаты балльной оценки комплексной антропогенной нагрузки на агроландшафты, рассчитанной по предложенной выше формуле на основе суммарной среднеквадратичной оценки отклонений, представлены на рисунке 2.

Сравнительный анализ полученных значений комплексной оценки уровня антропогенной нагрузки на агроландшафты модельных территорий Северной Азии позволяют выделить 4 группы регионов:

– Первая группа под условным названием «Высокая антропогенная нагрузка» с оценками от 6,36 до 8,56 баллов состоит из 4 регионов: Тюменская и Омская области, Алтайский

край, а также Северо-Казахстанская область. При этом в трех из них (Тюменской, Омской и Северо-Казахстанской) наблюдается рост показателя антропогенной нагрузки за рассматриваемый десятилетний период. Если сравнить балльные значения отдельных удельных показателей в таблице 5, все регионы данной группы характеризуются высокими показателями степени распаханности сельскохозяйственных угодий, объема производства сельхозпродукции на 1 га сельхозугодий, а также уровня сельскохозяйственной освоенности территории (кроме Тюменской области). Все три российских региона при этом имеют высокие показатели



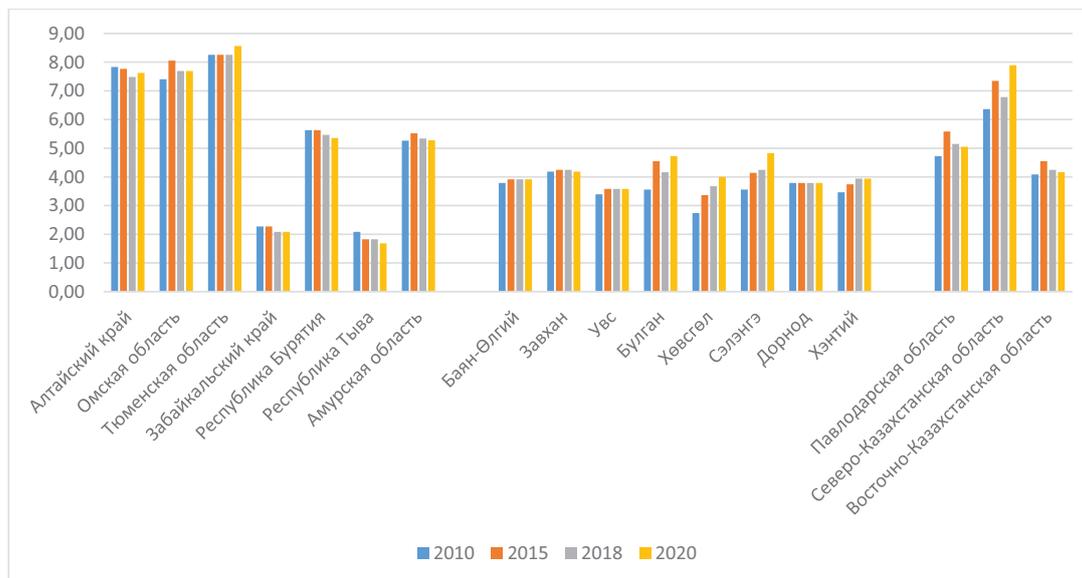


Рисунок 2. Комплексная балльная оценка уровня антропогенной нагрузки на агроландшафты модельных территорий Северной Азии в разрезе 2010-2020 гг. (рассчитано авторами)

Figure 2. Comprehensive scoring assessment of the level of anthropogenic load on agricultural landscapes of model territories of North Asia in the context of 2010-2020. (calculated by the authors)

пастбищной нагрузки, уровня экономического развития и плотности сельского населения;

- Вторая группа «Средняя антропогенная нагрузка» с оценками от 4,73 до 5,63 баллов состоит из 3 регионов: Республика Бурятия, Амурская и Павлодарская области. Если в Бурятии в 2020 г. по сравнению с 2010 г. наблюдается небольшое снижение балльного значения комплексного показателя антропогенной нагрузки, а в Амурской области он держится примерно на одном уровне, то в Павлодарской области — можно отметить некоторый рост показателя антропогенной нагрузки. Бурятия и Амурская область имеют высокие показатели распаханности территории, пастбищной нагрузки, объема производства сельскохозяйственной продукции на 1 га сельскохозяйственных земель и плотности сельского населения. Павлодарская область имеет высокий уровень сельскохозяйственной освоенности территории и интенсивности развития экономики в целом;
- В третью группу «Пониженная антропогенная нагрузка» с оценками от 2,74 до 4,83 баллов входят все монгольские аймаки и Восточно-Казахстанская область. Анализ балльных оценок комплексной антропогенной нагрузки в динамике показывает, что за десять лет нагрузка увеличилась в аймаках Сэлэнгэ, Булган и Хубсугул, незначительно увеличилась — в аймаках Хэнтий, Баян-Өлгий, Увс и Восточно-Казахстанской области и практически осталась на одном уровне — в аймаках Завхан и Дорнод. Все регионы этой группы характеризуются высоким удельным весом земель сельскохозяйственного назначения в общей площади территории. Все три аймака Монголии с возрастающим показателем антропогенной нагрузки и аймак Хэнтий имеют высокие показатели пастбищной нагрузки. В Восточно-Казахстанской области отмечается рост уровня экономического развития

и производства сельскохозяйственной продукции на 1 га сельскохозяйственных земель в 2020 г. по сравнению с 2010 г.;

- Четвертую группу «Низкая антропогенная нагрузка» с оценками от 1,68 до 2,27 баллов составляют 2 российских региона: Забайкальский край и Республика Тыва, уровень антропогенного воздействия которых практически по всем факторам характеризуется невысокими балльными оценками в пределах 2 и 1 баллов и в целом за рассматриваемое десятилетие снизился. Исключение составляют оценки в 3 балла по показателю плотности сельского населения в обоих регионах и 2-3 балла по уровню пастбищной нагрузки в Забайкальском крае.

#### Выводы

В целом результаты проведенных балльных оценок удельных показателей использования сельскохозяйственных земель и уровня экономического развития и комплексной антропогенной нагрузки на агроландшафты модельных российских, монгольских и казахстанских регионов Северной Азии в разрезе 2010-2020 гг. показывают:

- Большая часть российских регионов относится к регионам с высокой и средней антропогенной нагрузкой. Исключение составляют 2 региона с низкой нагрузкой (Забайкальский край и Республика Тыва), которые характеризуются невысокими показателями, как использования сельскохозяйственных земель, так и уровня экономического развития;
- Все монгольские аймаки входят в группу с невысокой антропогенной нагрузкой. Несмотря на высокие показатели удельного веса сельскохозяйственных угодий в общей площади территории, эффективность их освоения не находит отражения в показателях экономического развития. Вызывает опасения наметившаяся тенденция к росту антропогенной нагрузки за рассмотренное десятилетие;

– Все три казахстанские области входят в разные группы по уровню комплексной антропогенной нагрузки;

- Высокая степень распаханности сельскохозяйственных земель и значительный рост антропогенной нагрузки за 10 лет в Северо-Казахстанской и Тюменской областях требуют разработки комплекса специальных мер.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что использованный в исследовании методический подход позволяет оценить использование сельскохозяйственных земель и сопоставить с уровнем экономического развития модельных территорий, а также сравнить комплексную антропогенную нагрузку на агроландшафты различных регионов, отличающихся разнообразием как природно-ресурсных и экологических, так и социально-экономических и технологических условий. Использованный методический подход по комплексной оценке антропогенной нагрузки также может быть рекомендован для дальнейших исследований направлений оптимизации использования агроландшафтов модельных территорий с уточнением и расширением перечня используемых показателей.

#### Список источников

1. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
2. Лошаков А.В. Современное состояние и охрана агроландшафтов Центрального Предкавказья, диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук, на правах рукописи. М.: 2020. 412 с.
3. Foley J.A., Defries R., Asner G.P., Barford C., Bonan G., Carpenter S.R., Chapin F.S., Coe M.T., Daily G.C., Gibbs H.K. (2005) Global consequences of land use. *Science*, 309 (5734), 570.
4. Lambin E.F., Turner B.L., Geist H.J., Agbola S.B., Angelsen A., Bruce J.W., Coomes O.T., Dirzo R., Fischer G., Folke C., George P.S., Homewood K., Imbernon J., Leemans R., Li X., Moran E.F., Mortimore M., Ramakrishnan P.S., Richards J.F., Skanes H., Steffen W., Stone G.D., Svedin U., Veldkamp T.A., Vogel C., Xu J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Glob. Environ. Change*, 11 (4), 261.



5. Pedroli G., Meiner A. (2017). Landscapes in transition: An account of 25 years of land cover change in Europe.

6. Li Z., Ren Y., Li J., Li Y., Rykov P., Chen F., Zhang W. (2018). Land-use/cover change and driving mechanism on the west bank of Lake Baikal from 2005 to 2015 — a case study of Irkutsk city // Sustainability. 10 (8). 2904.

7. Ren Y., Li Z., Li J., Ding Y., Miao X. (2022). Analysis of Land Use/Cover Change and Driving Forces in the Selenga River Basin // Sensors. Vol. 22, 1041.

8. Priess J.A., Schweitzer C., Wimmer F., Batkhisig O., Mimler M. (2011). The consequences of land-use change and water demands in Central Mongolia. Land Use Policy, 28 (1), 4.

9. Ozeranskaya N., Abeldina R., Kurmanova G., Moldumarova Zh. and Smunyova L. (2018). Agricultural Land Management in the System of Sustainable Rural Development in the Republic of Kazakhstan // International Journal of Civil Engineering and Technology. 9(13). pp. 1500-1513.

10. Чибилёв А.А. (мл.), Григорьевский Д.В., Мелешкин Д.С. Пространственная оценка уровня антропогенной нагрузки степных регионов России // Учёные записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2019. Т. 161, кн. 4. С. 590-606. DOI: 10.26907/2542-064X.2019.4.590-606.

11. Баярмаа В. Расчет и оценка эколого-хозяйственного баланса в геоинформационной системе западных сомонів Сэлэнгийского аймака Монголии // Природа внутренней Азии. 2017. № 2 (3). с. 62-68.

12. Suocheng Dong, Yijia Li, Yu Li, Shifeng Li (2021). Spatiotemporal Patterns and Drivers of Land Use and Land Cover Change in the China-Mongolia-Russia Economic Corridor / Pol. J. Environ. Stud. Vol. 30, No. 3 (2021), 1-15.

13. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. М.; Смоленск: Маджента, 2003. 381 с.

14. Денисов В.В. Экология. Ростов н/Д, М.: MapT, 2004. 672 с.

15. Система оценки и нормирования антропогенной нагрузки для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. Коллективная монография / под общ. ред. Масютенко Н.П. Курск: ФГБНУ ВНИИЗиПЭ, 2014. 187 с.

16. Орлова И.В. Оценка сельскохозяйственного воздействия на природные системы: теоретико-методологические подходы / И.В. Орлова, С.Н. Шарабарина // География и природные ресурсы. 2015. № 4. С. 26-32.

17. Бардаханова Т.Б. Развитие сельского хозяйства и его воздействие на природную среду на российских трансграничных территориях Северной Азии // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 4 (388). С. 406-411.

18. Бардаханова Т.Б. Эколого-экономическая оценка использования сельскохозяйственных земель на российских трансграничных территориях Северной Азии // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 3 (393). С. 227-232.

19. Разработка методических подходов решения геоэкологических проблем агроландшафтов в условиях техногенного воздействия: отчет о НИР/ Государственный университет по землеустройству. М., 2017. 97 с.

References

1. Reimers N.F. (1990). *Prirodopol'zovanie: slovar'-spravochnik* [Nature Resource Management: Dictionary and Guide] Moscow, Mysl', 637 p.

2. Loshakov A.V. (2020). *Sovremennoe sostoyanie i okhrana agrolandshaftov Tsentral'nogo Predkavkaz'ya* [Current state and protection of agricultural landscapes of the Central Ciscaucasia]. Diss. for the degree of doctor. geografic sciences. Stavropol state agrarian university, Moscow, 412 p.

3. Foley J.A., Defries R., Asner G.P., Barford C., Bonan G., Carpenter S.R., Chapin F.S., Coe M.T., Daily G.C. & Gibbs H.K. (2005). Global consequences of land use. Science, 309 (5734), 570.

4. Lambin E.F., Turner B.L., Geist H.J., Agbola S.B., Angelsen A., Bruce J.W., Coomes O.T., Dirzo R., Fischer G., Folke C., George P.S., Homewood K., Imbernon J., Leemans R., Li X., Moran E.F., Mortimore M., Ramakrishnan P.S., Richards J.F., Skanes H., Steffen W., Stone G.D., Svedin U., Veldkamp T.A., Vogel C. & Xu J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. Glob. Environ. Change, 11 (4), 261.

5. Pedroli G., Meiner A. (2017). Landscapes in transition: An account of 25 years of land cover change in Europe.

6. Li Z., Ren Y., Li J., Li Y., Rykov P., Chen F. & Zhang W. (2018). Land-use/cover change and driving mechanism on the west bank of Lake Baikal from 2005 to 2015 — a case study of Irkutsk city. Sustainability. 10 (8). 2904.

7. Ren Y., Li Z., Li J., Ding Y. & Miao X. (2022). Analysis of Land Use/Cover Change and Driving Forces in the Selenga River Basin. Sensors, vol. 22, 1041.

8. Priess J.A., Schweitzer C., Wimmer F., Batkhisig O. & Mimler M. (2011). The consequences of land-use change and water demands in Central Mongolia. Land Use Policy, 28 (1), 4.

9. Ozeranskaya N., Abeldina R., Kurmanova G., Moldumarova Zh. and Smunyova L. (2018). Agricultural Land Management in the System of Sustainable Rural Development in the Republic of Kazakhstan. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, no. 9(13), pp. 1500-1513.

10. Chibilyov A.A. (Jr.), Grigorevsky D.V., Meleshkin D.S. (2019). *Prostranstvennaya otsenka urovnya antropogen-*

*noi nagruzki stepnykh regionov Rossii* [Spatial Assessment of the Anthropogenic Load Level in the Steppe Regions of Russia]. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, vol. 161, no. 4, pp. 590-606. DOI: 10.26907/2542-064X.2019.4.590-606.

11. Bayarmaa V. (2017). *Raschet i otsenka ehkologo-khozyaistvennogo balansa v geoinformatsionnoi sisteme zapadnykh somonov Sehlehngiiskogo aimaka Mongolii* [The Estimation Ecology-Economic Balance of Western Sums of Selenge Province in Geoinformation System]. *Nature of Inner Asia*, no. 2 (3), pp. 62-68.

12. Suocheng Dong, Yijia Li, Yu Li & Shifeng Li (2021). Spatiotemporal Patterns and Drivers of Land Use and Land Cover Change in the China-Mongolia-Russia Economic Corridor / Pol. J. Environ. Stud. Vol. 30, No. 3 (2021), 1-15.

13. Kochurov B.I. (2003). *Ehkodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie*, Smolensk: Madzhenta, 381 p.

14. Denisov V.V. (2004). *Ehkologiya*, Moscow, Mart, 672 p.

15. Kollektivnaya monografiya (2014). *Sistema otsenki i normirovaniya antropogennoi nagruzki dlya formirovaniya ehkologicheskii sbalansirovannykh agrolandshaftov*, Masютенко Н.П. Курск, ФГБНУ ВНИИЗиПЭ, 187 p.

16. Орлова И.В. Шарабарина С.Н. (2015). *Otsenka sel'skokhozyaistvennogo vozdeistviya na prirodnye sistemy: teoretiko-metodologicheskie podkhody* [Assessing agricultural impact on natural systems: theoretical and methodological approaches]. *Geography and Natural Resources*, vol. 36, no. 4, pp. 335-340.

17. Bardakhanova T.B. Munkueva V.D. & Eremko Z.S. (2022). *Razvitie sel'skogo khozyaistva i ego vozdeistvie na prirodnyuyu sredyu na rossiiskikh transgranichnykh territoriyakh Severnoi Azii* [Agriculture development and its impact on the environment of the border territories of North Asia within Russia]. *International Agricultural Journal*, no. 4 (388), pp. 406-411.

18. Bardakhanova T.B. Munkueva V.D. & Eremko Z.S. (2023). *Ehkologo-ehkonomicheskaya otsenka ispol'zovaniya sel'skokhozyaistvennykh zemel' na rossiiskikh transgranichnykh territoriyakh Severnoi Azii* [Environmental and economic assessment of the agricultural land use in the border territories of North Asia within Russia]. *International Agricultural Journal*, no. 3 (393), pp. 227-232.

19. *Gosudarstvennyi universitet po zemleustroistvu* (2017). *Razrabotka metodicheskikh podkhodov resheniya geoehkologicheskikh problem agrolandshaftov v usloviyakh tekhnogenogo vozdeistviya: otchet o NIR* [Development of Methodological Approaches for Solving Geoeological Problems of Agrolandscapes under the Conditions of Technogenic Impact: Research Report], Moscow, *Gosudarstvennyi universitet po zemleustroistvu* (unpublished).

Информация об авторах:

**Бардаханова Таисия Борисовна**, доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экономики природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0040-7316>, [tbard@binm.ru](mailto:tbard@binm.ru)

**Мункуева Виктория Дабиевна**, ведущий инженер лаборатории экономики природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2316-8722>, [munvic@mail.ru](mailto:munvic@mail.ru)

**Иванова Сембрика Нимаевна**, доктор социологических наук, доцент, старший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5554-2144>, Scopus Author ID: 57194431594, Researcher ID AAO-6519-2020, [sambrika@binm.ru](mailto:sambrika@binm.ru)

**Осодоев Петр Васильевич**, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории экономики природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2162-1047>, [osodoev@binm.ru](mailto:osodoev@binm.ru)

**Еремко Зинаида Сергеевна**, кандидат экономических наук, научный сотрудник лаборатории экономики природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1972-3925>, [zina-90@mail.ru](mailto:zina-90@mail.ru)

Information about the authors:

**Taisiya B. Bardakhanova**, doctor of economics sciences, leading researcher, laboratory of environmental economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0040-7316>, [tbard@binm.ru](mailto:tbard@binm.ru)

**Victoria D. Munkueva**, leading engineer, laboratory of environmental economics, Baikal Institute of Environmental Management, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2316-8722>, [munvic@mail.ru](mailto:munvic@mail.ru)

**Sembrika N. Ivanova**, doctor of sociological sciences, associate professor, senior researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5554-2144>, Scopus Author ID: 57194431594, Researcher ID AAO-6519-2020, [sambrika@binm.ru](mailto:sambrika@binm.ru)

**Petr V. Osodoev**, candidate of geographical sciences, researcher at the laboratory of environmental economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2162-1047>, [osodoev@binm.ru](mailto:osodoev@binm.ru)

**Zinaida S. Eremko**, candidate of economic sciences, researcher, laboratory of environmental economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1972-3925>, [zina-90@mail.ru](mailto:zina-90@mail.ru)





Научная статья  
УДК 633.111:631.52  
doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_216

## НИЗКОРОСЛЫЕ ПРОДУКТИВНЫЕ ФОРМЫ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. Косенко

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

**Аннотация.** В статье представлены результаты изучения низкорослых форм озимой мягкой пшеницы. Целью исследований являлось изучение внутривидового разнообразия озимой мягкой пшеницы по высоте растений, изучение характера наследования короткостебельности и создание новых низкорослых продуктивных форм для выращивания в условиях лесостепи Пензенской области. Исследования проводили в лесостепной зоне Пензенской области на базе лаборатории селекционных технологий в 2015-2021 гг. Объектом исследования являлись сорта Клавдия 2, Памяти Кривобочка (все Пензенская область), Дон-эко (Ростовская область), Юмпа, Зимница (все Краснодарский край) и гибриды  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК, полученные от скрещивания среднерослого сорта Клавдия 2 с короткостебельными формами. В качестве стандарта использовали районированный сорт Фотинья. Выявлена широкая межсортовая изменчивость (80-123 см) озимой мягкой пшеницы по высоте растений. Методом индивидуального отбора из гибридных популяций  $F_4$  получены короткостебельные продуктивные линии Эритроспермум 5/15 ( $F_4$  Клавдия 2 × Юмпа) и Лютесценс 12/15 ( $F_4$  Клавдия 2 × Зимница), которые наряду с короткостебельностью характеризуются повышенной массой 1000 зерен. Гибридные популяции  $F_2$  и  $F_3$  обладают широким спектром генотипической и фенотипической изменчивости. Процесс стабилизации гибридных популяций  $F_3$  не закончен. Полученный гибридный материал представляет интерес как теоретический — для дальнейшего генетического исследования, так и практический — для селекционного использования.

**Ключевые слова:** озимая мягкая пшеница, сорта, гибриды, высота растений, продуктивность

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (№ FGSS-2022-0008).

Original article

## LOW GROWING PRODUCTIVE FORMS OF WINTER SOFT WHEAT IN FOREST-STEPPE CONDITIONS OF THE PENZA REGION

S.V. Kosenko

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

**Abstract.** The article presents the results of a study of low-growing forms of winter soft wheat. The purpose of our research was to study the intraspecific diversity of winter bread wheat in terms of plant height, to study the nature of the inheritance of short stems and to create new low-growing productive forms for cultivation in the forest-steppe conditions of the Penza region. The research was carried out in the forest-steppe zone of the Penza region on the basis of the laboratory of breeding technologies in 2015-2021. The object of the study were the varieties Klavdiya 2, Pamyati Krivobochka (all Penza region), Don-eko (Rostov region), Yumpa, Zimnitsa (all Krasnodar region) and hybrids  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  selection of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, obtained from crossing a medium-sized variety Claudia 2 with short-stemmed forms. The released Fotinha variety was used as a standard. Wide intervarietal variability (80-123 cm) of winter soft wheat in plant height was revealed. Using the method of individual selection from hybrid populations  $F_4$ , short-stemmed productive lines Erythrosperrum 5/15 ( $F_4$  Claudia 2 × Yumpa) and Lutescens 12/15 ( $F_4$  Claudia 2 × Zimnitsa) were obtained, which, along with short stemness, are characterized by an increased weight of 1000 grains. Hybrid populations  $F_2$  and  $F_3$  have a wide range of genotypic and phenotypic variability. The resulting hybrid material is of both theoretical interest — for further genetic research, and practical interest — for breeding use.

**Keywords:** winter soft wheat, varieties, hybrids, plant height, productivity

**Acknowledgments:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the State assignment of Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No. FGSS-2022-0008).

**Введение.** Короткостебельные сорта озимой пшеницы интенсивного типа обладают сложным комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств, главными из которых являются большая потенциальная урожайность, хорошая отзывчивость на удобрения и другие факторы улучшения плодородия почвы, комплексная или групповая устойчивость против вредителей и болезней, пригодность для выращивания при интенсивных энерго- и ресурсосберегающих технологиях [1]. Кроме того, сорта этого типа практически в такой же мере, как и полунинтенсивные, должны отвечать требованиям в отношении качества продукции, зимостойкости, засухоустойчивости и т.д. [2]. Устойчивость против полегания, которая, в первую очередь, зависит от высоты растения, является важнейшим свойством сортов интенсивного типа [3, 4]. Если средне- и высокорослые сорта по другим параметрам отвечают требованиям интенсивных сортов, то их можно успешно выращивать на высоком агротехническом фоне, на

суходоле и в условиях орошения только с применением ретардантов. Большинство сортов высокоинтенсивного типа относится к короткостебельным формам. В европейских странах в связи с повышением уровня земледелия каждые 50 лет высота растений пшеницы как генетическое свойство уменьшалась примерно на 15 см. В таком направлении шли сортоисменения. Взгляды на преимущества короткостебельных сортов развивались в чрезвычайно сложных противоречиях и в острой полемике селекционеров и земледельцев-практиков. Первоначально идея использования короткостебельных форм пшеницы для выращивания при хороших агротехнических условиях, которые в последующем стали определяться как интенсивные технологии выращивания, имела немного сторонников [5]. В последующем эта идея стала очень популярной. В Индии, Мексике и других странах, особенно в регионах с обширными площадями орошаемых земель, обычные сорта пшеницы были заменены на сорта-полукарлики,

созданные главным образом в Международном центре по улучшению кукурузы и пшеницы (CIMMYT) в Мексике под руководством известного селекционера Нормана Борлауга [6]. После этого пшеница по валовым сборам зерна вышла на первое место в мире [7]. В Индии, например, с 1969 до 1979 гг. валовой сбор пшеницы удвоился. В России во многих районах озимопшеничной зоны сеют также сорта, которые, несомненно, должны быть отнесены к низкорослым — типа Безостой 1.

Среднее Поволжье, в том числе и Пензенская область, характеризуется многообразием природно-климатических зон и большой изменчивостью метеорологических факторов по годам. Для условий лесостепи Пензенской области характерны обильные осадки ливневого характера в период «колошение-налив зерна», часто приводящие к полеганию посевов. Поэтому с 2005 г. в условиях лесостепи Пензенской области ведется селекция на снижение высоты растений озимой мягкой пшеницы.



**Цель исследований** — изучение внутривидового разнообразия озимой мягкой пшеницы по высоте растений, изучение характера наследования короткостебельности и создание новых низкорослых продуктивных форм для выращивания в условиях лесостепи Пензенской области.

**Методика исследований.** Исследования проводили в 2015-2021 гг. в лесостепной зоне Пензенской области на базе лаборатории селекционных технологий. Исходным материалом служили пять сортов озимой мягкой пшеницы: Клавдия 2, Памяти Кривобочка (все Пензенская область), Дон-эко (Ростовская область), Юмпа, Зимница (все Краснодарский край) и гибриды F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ». Закладку опытов проводили в I декаде сентября по предшественнику чистый пар на неудобренном фоне. Посев проводили вручную, каждый образец высевали на делянке площадью 1 м<sup>2</sup>, междурядья — 15 см, длина рядка — 1 м, расстояние между делянками — 30 см. Норма высева 5,5 млн всхожих зерен/га. В качестве стандарта использовали сорт Фотинья. Гибридизацию проводили методом ограниченно-свободного опыления под групповыми изоляторами. Питомник гибридов F<sub>1</sub> с родительскими формами высевали осенью 2015 г. Питомник гибридов F<sub>2</sub> с родительскими формами высевали осенью 2017 г. Питомник гибридов F<sub>3</sub> высевали осенью 2018 г.

Фенологические наблюдения и учеты проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [8]. Устойчивость растений к полеганию оценивали 2 раза за вегетационный период по методике ВИР [9]. Первое наблюдение при полегании проводили на отдельных делянках, второе — перед уборкой. Среднюю высоту растений озимой пшеницы на делянке определяли в фазе молочной спелости. Растения измеряли от поверхности почвы до вершины колоса без остей в центре делянки и принимали среднее значение из трех промеров. Уборку растений проводили вручную с корнем. Структурный анализ выполнен на 30 растениях с каждого повторения. Определяли высоту растения, продуктивную кустистость, длину колоса, число зерен в колосе и на растении, массу зерна с колоса и с растения, массу 1000 зерен.

При статистической обработке полученных данных применяли дисперсионный, корреляционный и вариационный анализ [10].

**Результаты исследований и их обсуждение.** По результатам исследований установлено, что внутривидовое разнообразие сортов озимой мягкой пшеницы характеризуется широкой изменчивостью (80-123 см) по высоте растений (табл. 1). В условиях лесостепи Пензенской области наиболее оптимальная высота 83-113 см, обеспечивающая высокую устойчивость растений к полеганию [11]. В результате агробиологического изучения сортов озимой мягкой пшеницы нами выделен ряд низкорослых сортов, среди которых особый интерес по комплексу признаков представляют Памяти Кривобочка (Пензенская область), Дон-эко (Ростовская область), Юмпа, Зимница (все Краснодарский край).

У гибридов первого поколения от скрещивания низкорослых форм с среднерослым сортом Клавдия 2 обнаружена разная степень доминирования высокорослости (табл. 1), то есть короткостебельность у этих сортов контролируется рецессивными аллелями генов. Во втором поколении гибридов наблюдали низко- и среднерослые растения, также промежуточные формы, не выходящие за пределы распределения исходных родительских сортов (табл. 2). В зависимости от комбинации скрещивания частота выщепления низкорослых рецессивных форм варьировала в пределах 20-25%.

В третьем поколении потомство всех низкорослых растений было представлено константными низкорослыми формами, соответствующими по высоте исходным низкорослым сортам, что подтверждает предположение о моноген-

ном различии среднерослого сорта Клавдия 2 и короткостебельных сортов.

Гибриды F<sub>1</sub> от скрещивания сорта Памяти Кривобочка с другими низкорослыми сортами на 7-10 см превосходили по высоте растения исходных низкорослых сортов (табл. 1). Во втором поколении наблюдали расщепление с появлением положительных и отрицательных трансгрессий, выходящих за пределы варьирования низкорослых сортов (табл. 2), что свидетельствует о неаллельном взаимодействии генов, контролирующим низкорослость. Таким образом, мы предполагаем, что короткостебельность сорта Памяти Кривобочка контролируется геном (генами), отличающимся от генов, обуславливающих низкорослость сортов Юмпа, Зимница, Дон-эко.

В гибридах F<sub>1</sub> обнаружена корреляционная связь между высотой растений и длиной междоузлия ( $r = 0,42-0,70$ ), длиной колоса ( $r = 0,12-0,68$ ) и числом колосков ( $r = -0,17-0,63$ ). На генотипическом уровне функциональная связь отмечена только с длиной верхнего междоузлия ( $r = 0,87$ ).

Во втором поколении этих гибридных популяций на фенотипическом уровне высота коррелирует на среднем уровне с длиной верхнего междоузлия ( $r = 0,353-0,72$ ), массой одного колоса ( $r = 0,42 - -0,58$ ), массой зерна с колоса ( $r = 0,48 - -0,68$ ), числом зерен с колоса ( $r = 0,52 - -0,74$ ), числом зерен с растения ( $r = 0,33-0,52$ ). В изученных комбинациях скрещивания достаточно сложно получить высокорослое растение с коротким междоузлем и сложно получить низкорослое растение с большим количеством зерен в растении.

Таблица 1. Характеристика родительских форм и гибридов F<sub>1</sub> озимой мягкой пшеницы по высоте растения  
Table 1. Characteristics of parental forms and F<sub>1</sub> hybrids of winter soft wheat by plant height

Родительские формы, гибриды F <sub>1</sub>	Изучено растений, шт.	Высота растений, см X±s <sub>x</sub>	Коэффициент вариации V, %	Степень доминирования hp
Клавдия 2	25	123±1,4	5,6	—
Памяти Кривобочка	25	84±1,1	5,2	—
Юмпа	25	80±0,8	3,6	—
Зимница	25	82±0,8	3,4	—
Дон-эко	25	92±1,0	4,2	—
Клавдия 2 x Юмпа	18	108±1,4	5,3	0,8
Клавдия 2 x Зимница	17	111±1,6	4,2	0,6
Клавдия 2 x Дон-эко	22	118±1,3	5,3	0,8
Памяти Кривобочка x Юмпа	18	89±1,1	6,0	8,0
Памяти Кривобочка x Зимница	21	92±1,0	5,2	6,2
Памяти Кривобочка x Дон-эко	22	99±1,2	5,8	21

Таблица 2. Распределение родительских форм и гибридов F<sub>2</sub> озимой мягкой пшеницы по высоте растения  
Table 2. Distribution of parental forms and F<sub>2</sub> hybrids of winter soft wheat by plant height

Родительские формы, гибриды F <sub>2</sub>	Изучено растений, шт.	Распределение растений по высоте, шт.															
		60-65 см	66-70 см	71-75 см	76-80 см	81-85 см	86-90 см	91-95 см	96-100 см	101-105 см	106-110 см	111-115 см	116-120 см	121-125 см	126-130 см	131-135 см	
Клавдия 2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	6	17	-	-	
Памяти Кривобочка	25	-	-	-	3	20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Юмпа	25	-	-	2	21	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Зимница	25	-	-	-	2	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Дон-эко	25	-	-	-	-	-	4	21	-	-	-	-	-	-	-	-	
Клавдия 2 x Юмпа	165	-	5	7	6	8	8	12	14	20	22	25	20	8	10	-	
Клавдия 2 x Зимница	182	-	3	6	8	10	16	14	12	14	20	21	19	12	19	8	
Клавдия 2 x Дон-эко	158	-	2	2	4	6	8	10	12	16	24	22	21	14	10	8	
Памяти Кривобочка x Юмпа	123	4	10	17	16	20	24	19	8	5	-	-	-	-	-	-	
Памяти Кривобочка x Зимница	116	2	10	10	18	16	20	26	12	2	-	-	-	-	-	-	
Памяти Кривобочка x Дон-эко	137	-	5	12	14	16	18	24	26	12	8	2	-	-	-	-	



Таблица 3. Линии, выделенные по высоте растения и продуктивности  
Table 3. Lines distinguished by plant height and productivity

Сорт, линия	♀ Клавдия 2	♂ Юмпа	Эритроспермум 5/15	♀ Клавдия 2	♂ Зимница	Лютесценс 12/15
Высота растения, см	127±1,72	82±1,60	<b>93±1,16</b>	127±1,72	88±1,13	<b>97±1,44</b>
Длина верхнего междоузлия, см	44±1,58	30±1,24	<b>31±1,08</b>	44±1,58	31±1,11	<b>32±1,18</b>
Длина колоса, см	10,2±0,31	9,1±0,22	<b>10,8±0,28</b>	10,2±0,31	11,3±0,26	<b>11,7±0,31</b>
Число зерен с растения, шт.	127±4,44	109±5,42	<b>112±4,84</b>	127±4,44	102±5,16	<b>108±5,22</b>
Масса зерна с растения, г	5,12±0,36	4,66±0,44	<b>5,50±0,33</b>	5,12±0,36	4,13±0,28	<b>5,38±0,32</b>
Масса 1000 зерен, г	43,5±1,03	43,3±1,73	<b>47,2±1,14</b>	43,5±1,03	41,4±1,34	<b>45,8±1,08</b>
Масса зерна с 1 м <sup>2</sup> , г	984,4	862,5	<b>1118,2</b>	984,4	824,0	<b>1062,0</b>

Взаимосвязь колеблется от незначительной до высокой с длиной колоса ( $r = -0,07-0,78$ ), с числом колосков ( $r = -0,10-0,65$ ) и массой зерна с растения ( $r = -0,12-0,52$ ). Признаки масса колоса, масса зерна с колоса и число зерен с колоса коррелируют у всех сортов на среднем уровне, но зависят от высоты растения у всех сортов индивидуально.

В гибридных популяциях третьего поколения на фенотипическом уровне связь прослеживается с массой колоса с растения ( $r = 0,31-0,60$ ), длиной верхнего междоузлия ( $r = 0,46-0,88$ ), длиной колоса ( $r = 0,38-0,71$ ), числом зерен с растения ( $r = 0,24-0,47$ ), массой зерна с растения ( $r = 0,28-0,62$ ). Взаимосвязь колеблется от незначительной до средней с массой одного колоса ( $r = -0,14-0,64$ ), числом колосков ( $r = 0,03-0,52$ ). На генотипическом уровне тесная связь только с длиной верхнего междоузлия ( $r = 0,81$ ), на среднем уровне с длиной колоса ( $r = 0,34$ ), числом зерен с растения ( $r = -0,32$ ).

В целях выделения низкорослых рекомбинантных продуктивных форм потомство низкорослых семей, выделенных из гибридных популяций от скрещивания сорта Клавдия 2 с низкорослыми сортами, довели до четвертого поколения. Наиболее продуктивные линии Эритроспермум 5/15 и Лютесценс 12/15, значительно превосходящие родительские формы по массе зерна с растения, массе 1000 зерен и устойчивости к полеганию, выделены из гибридных комбинаций среднерослого сорта Клавдия 2 × Юмпа и Клавдия 2 × Зимница соответственно (табл. 3). Ключевыми факторами, обеспечивающими высокую продуктивность линий, являются устойчивость к полеганию, прочный низкорослый стебель (93 и 97 см соответственно), высокая масса 1000 зерен (47,2 и 45,8 г соответственно при 43,5 г у сорта Клавдия 2).

**Заключение.** Выделены по комплексу признаков низкорослые сорта озимой мягкой пшеницы Памяти Кривобочка (Пензенская область), Дон-эко (Ростовская область), Юмпа, Зимница (все Краснодарский край). Выполнены внутривидовые парные скрещивания. Получены гибриды F<sub>1</sub>. Методом индивидуального отбора из гибридных популяций F<sub>4</sub> получены короткостебельные продуктивные линии Эритроспермум 5/15 (F<sub>4</sub> Клавдия 2 × Юмпа) и Лютесценс 12/15 (F<sub>4</sub> Клавдия 2 × Зимница), которые наряду с короткостебельностью характеризуются повышенной массой 1000 зерен.

Гибридные популяции F<sub>2</sub> и F<sub>3</sub> обладают широким спектром генотипической и фенотипической изменчивости. Процесс стабилизации гибридных популяций F<sub>3</sub> не закончен. Полученный гибридный материал представляет интерес как теоретический — для дальнейшего генетического исследования, так и практический — для селекционного использования.

#### Список источников

- Khobra, R., Sareen, S., Meena, B.K., Kumar, A., Tiwari, V.K., Singh, G.P. (2019). Exploring the traits for lodging tolerance in wheat genotypes. *Physiol. Mol. Biol. Plants.*, no. 25 (3), pp. 589-600. doi: 10.1007/s12298-018-0629-x
- Jobson, E., Martin, J., Schneider, T., Giroux, M. (2018). The impact of the Rht-B1b, Rht-D1b, and Rht-8 wheat semi-dwarfing genes on flour milling, baking, and micronutrients. *Cereal Chemistry*, no. 95 (6), pp. 770-778. doi: 10.1002/cche.10091
- Mo, Y., Vanzetti, L., Hale, I., Spagnolo, E., Guidobaldi, F., Al-Oboudi, J., Odle, N., Pearce, S., Helguera, M., Dubcovsky, J. (2018). Identification and characterization of Rht25, a locus on chromosome arm 6AS affecting wheat plant height, heading time, and spike development. *Theoretical and Applied Genetics*, no. 131 (10), pp. 2021-2035. doi: 10.1007/s00122-018-3130-6
- Thomas, S.G. (2017). Novel Rht-1 dwarfing genes: tools for wheat breeding and dissecting the function of DELLA proteins. *Journal of Experimental Botany*, no. 68 (3), pp. 354-358. doi: 10.1093/jxb/erw509
- Новахатин В.В. Обоснование генетического потенциала у интенсивных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 627-635.
- Grover, G., Sharma, A., Gill, H.S. et al. (2018). Rht8 gene as an alternate dwarfing gene in elite Indian spring wheat cultivars. *PLoS One.*, vol. 13, no. 6. doi: 10.1371/journal.pone.0199330
- Якушев В.П., Михайленко И.М., Драгавцев В.А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожая зерновых культур в России // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 550-560.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / под ред. М.А. Федина. М.: Колос, 1989. 194 с.
- Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев В.Е. и др. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания ВИР. СПб., 1999. 82 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). 5 изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
- Косенко С.В., Кривобочек В.Г. Влияние высоты растений на урожайность и элементы продуктивности озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2009. № 3 (12). С. 46-48.

#### References

- Khobra, R., Sareen, S., Meena, B.K., Kumar, A., Tiwari, V.K., Singh, G.P. (2019). Exploring the traits for lodging tolerance in wheat genotypes. *Physiol. Mol. Biol. Plants.*, no. 25 (3), pp. 589-600. doi: 10.1007/s12298-018-0629-x
- Jobson, E., Martin, J., Schneider, T., Giroux, M. (2018). The impact of the Rht-B1b, Rht-D1b, and Rht-8 wheat semi-dwarfing genes on flour milling, baking, and micronutrients. *Cereal Chemistry*, no. 95 (6), pp. 770-778. doi: 10.1002/cche.10091
- Mo, Y., Vanzetti, L., Hale, I., Spagnolo, E., Guidobaldi, F., Al-Oboudi, J., Odle, N., Pearce, S., Helguera, M., Dubcovsky, J. (2018). Identification and characterization of Rht25, a locus on chromosome arm 6AS affecting wheat plant height, heading time, and spike development. *Theoretical and Applied Genetics*, no. 131 (10), pp. 2021-2035. doi: 10.1007/s00122-018-3130-6
- Thomas, S.G. (2017). Novel Rht-1 dwarfing genes: tools for wheat breeding and dissecting the function of DELLA proteins. *Journal of Experimental Botany*, no. 68 (3), pp. 354-358. doi: 10.1093/jxb/erw509
- Novakhatin, V.V. (2016). Obosnovanie geneticheskogo potentsiala u intensivnykh sortov myagkoi pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) [Substantiation of genetic potential in intensive varieties of bread wheat (*Triticum aestivum* L.)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural biology], vol. 51, no. 5, pp. 627-635.
- Grover, G., Sharma, A., Gill, H.S. et al. (2018). Rht8 gene as an alternate dwarfing gene in elite Indian spring wheat cultivars. *PLoS One.*, vol. 13, no. 6. doi: 10.1371/journal.pone.0199330
- Yakushev, V.P., Mikhailenko, I.M., Dragavtsev, V.A. (2015). Agrotekhnologicheskie i selektsionnye rezervy povysheniya urozhayev zernovykh kul'tur v Rossii [Agrotechnological and breeding reserves for increasing grain yields in Russia]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural biology], vol. 50, no. 5, pp. 550-560.
- Fedina, M.A. (ed.) (1989). *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: zernovye, krupnyane, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury* [Methods of state variety testing of agricultural crops: cereals, cereals, legumes, corn and fodder crops]. Moscow, Kolos Publ., 194 p.
- Merezhko, A.F., Udachin, R.A., Zuev, V.E. i dr. (1999). *Popolnenie, sokhranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoi kolleksii pshenitsy, ehgilopsa i tritikale: metodicheskie ukazaniya VIR* [Replenishment, preservation in living form and study of the world collection of wheat, egilops and triticale: guidelines from VIR]. Saint-Petersburg, 82 p.
- Dospikhov, B.A. (2014). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniya)* [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Al'yans Publ., 351 p.
- Kosenko, S.V., Krivobochek, V.G. (2009). Vliyaniye vysoty rastenii na urozhainost' i ehlementy produktivnosti ozimoi myagkoi pshenitsy u usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya [The influence of plant height on the yield and elements of productivity of winter soft wheat in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region]. *Niva Povolzh'ya* [Volga Region Farmland], no. 3 (12), pp. 46-48.

Информация об авторе:

Косенко Светлана Валентиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3214-153X>, s.kosenko.pnz@fnclcl.ru

Information about the author:

Svetlana V. Kosenko, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3214-153X>, s.kosenko.pnz@fnclcl.ru

✉ s.kosenko.pnz@fnclcl.ru



Научная статья  
УДК 633.522+632.934.1  
doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_219

## МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ КОНОПЛИ ПОСЕВНОЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ФИТОСАНИТАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, ПРОВОДИМЫХ В АГРОЦЕНОЗЕ КУЛЬТУРЫ

И.И. Плужникова, Н.В. Криушин, И.В. Бакулова

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

**Аннотация.** Изучение влияния обработки семян и растений конопляной посевной пестицидами на морфометрические показатели и хозяйственно ценные признаки проводили в 2020-2023 гг. в условиях ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ» в Пензенской области. Композиции препаратов инсекто-фунгицидного действия и регулятора роста, применяемые при протравливании семян в сочетании с обработкой растений инсектицидом, обеспечивали подавление семенной инфекции, снижение распространенности корневых гнилей и защитный эффект от конопляной блошки. Пестициды способствовали увеличению морфометрических параметров растений конопляной, массы 1000 семян, влияли на содержание в семенах и сбор масла, а также на содержание в стеблях и сбор волокна. Высокая прибавка урожайности стеблей получена при обработке растений инсектицидом Самурай Супер и посевного материала — композициями препаратов Селест Топ + Бенорадом и Табу + Бункер 2,4 и 2,1 т/га. Значительная прибавка урожайности семян формировалась при использовании в смесях для протравливания фунгицидов Бенорад и Бункер в сочетании с препаратами Селест Топ — 0,40 и 0,39 т/га; Табу — 0,30 и 0,33 т/га с привлечением изучаемого инсектицида при наземной обработке культуры. При этом, в данных вариантах, сбор волокна увеличивался на 0,57-0,71 т/га, сбор масла — на 0,11-0,12 т/га.

**Ключевые слова:** конопля посевная, пестициды, биоморфометрические показатели, хозяйственно полезные признаки

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008).

Original article

## MORPHOMETRIC FEATURES AND PRODUCTIVITY OF HEMP PLANTS UNDER THE INFLUENCE OF PHYTOSANITARY MEASURES CARRIED OUT IN THE AGROCENOSIS OF THE CULTURE

I.I. Pluzhnikova, N.V. Kriushin, I.V. Bakulova

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

**Abstract.** The study of the effect of treating seeds and plants of seed hemp with pesticides on morphometric indicators and economically valuable traits was carried out in 2020-2023 in the conditions of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops — Separate division “Penza Research Institute of Agriculture” in the Penza region. Compositions of drugs with insecto-fungicidal action and a growth regulator used when treating seeds in combination with treating plants with an insecticide provided suppression of seed infection, a decrease in the prevalence of root rot and a protective effect against hemp flea beetle. Pesticides contributed to an increase in the morphometric parameters of hemp plants, the weight of 1000 seeds, influenced the oil content in the seeds and the collection of oil, as well as the content in the stems and the collection of fiber. A high increase in stem yield was obtained by treating plants with the Samurai Super insecticide and seeding material with compositions of Celest Top + Benorad and Tabu + Bunker 2.4 and 2.1 t/ha. A significant increase in seed yield was formed when fungicides Benorad and Bunker were used in dressing mixtures in combination with Celest Top, CS 0.40 and 0.39 t/ha; Tabu, VSK — 0.30 and 0.33 t/ha with the use of the studied insecticide during ground treatment of the crop. At the same time, in these options, fiber collection increased by 0.57-0.71 t/ha, oil collection — by 0.11-0.12 t/ha.

**Keywords:** seed hemp, pesticides, biomorphometric data, economically useful signs

**Acknowledgments:** the work was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the State Task of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (topic No. FGSS-2022-0008).

**Введение.** В последние годы в агропромышленном комплексе России отмечается тенденция к росту отрасли коноплеводства. С давних времен возделывание конопляной посевной принадлежало к числу одной из ведущих ветвей аграрного сектора Центрально-Черноземной зоны, Поволжья и Западной Сибири. При двустороннем использовании растений получают урожай волокна и семян. Возможно также одностороннее направление использования технической конопляной, выращиваемой только на семена или только на зеленец для получения волокна [1, 2].

Одной из причин уменьшения площадей, занятых под выращивание культуры, являлся курс отечественной перерабатывающей промышленности, нацеленный на получение разных видов грубого волокна и небольшого количества побочных продуктов [3]. В настоящее время

создание собственной сырьевой базы и расширение выпуска изделий из конопляного различного назначения, согласно международным требованиям по качеству, будет гарантировать импортозамещение готовой продукции [4, 5]. Среди растительных волокон конопляное волокно является одним из наиболее прочных и износоустойчивых. Оно обладает повышенным сопротивлением ультрафиолетовому излучению, микробиологическому разрушению, погодным воздействиям. Благодаря уникальным технологическим свойствам, конопляная продукция получила новые, нетрадиционные направления применения [6].

Использование семян конопляной и продуктов их переработки может также стать перспективным направлением для дальнейшего развития пищевой промышленности [7]. В составе конопляного масла присутствуют многочисленные

жирные кислоты, наибольшую долю занимает линолевая кислота — 55%, несколько меньше — Омега-3 — 22% и Омега-6, что делает его уникальным диетическим продуктом высокой биологической ценности [8], нашедшем свое применение и в сфере медицины. В настоящее время проводятся исследования по выявлению новых ценных свойств масла и изменению его состава под влиянием различных условий выращивания [9].

Для эффективного производства технических культур, в том числе и технической конопляной, предлагается применять интенсивные технологии, размещать культуры по лучшим предшественникам, проводить посевы семенами высокого качества, использовать минеральные удобрения и внедрять интегрированные системы защиты растений от болезней, вредителей и сорняков [10].



В целях повышения урожайности стеблей и семян растений конопля посевной проводятся исследования, направленные на оценку внедрения новых элементов технологий возделывания этой культуры [11-13].

Расширение площадей под посевы технической конопля делают ее уязвимой для повреждений многими потенциально опасными болезнями и вредителями. Улучшению фитосанитарной обстановки в посевах культуры может способствовать протравливание семян. На сегодняшний день на рынке пестицидов наиболее выгодно представлены комбинированные защитные комплексы (заводского производства или создаваемые баковые смеси), обеспечивающие многоплановую биологическую активность в отношении возбудителей болезней и вредителей [14-16].

В настоящее время протравители, зарегистрированные на конопле технического назначения, отсутствуют. Для обработки растений против вредителей существуют три препарата, принадлежащих к классу фосфорорганических соединений [17].

Исходя из этого, представляет интерес получение экспериментальных данных по оценке влияния современных протравителей, а также их композиций с использованием инсектицида по вегетации против вредных организмов на формирование ряда хозяйственно ценных признаков технической конопля, для осуществления регуляции фитосанитарной обстановки агробиоценоза с наименьшим экологическим риском. Полученные результаты исследований по оценке действия изучаемых препаратов на растения конопля посевной могут послужить основой для их производственной проверки и государственной регистрации.

**Материалы и методы.** Для создания наиболее оптимальных приемов защиты от болезней и вредителей в начале роста конопля посевной в ФГБНУ ФНЦ ЛК в условиях Пензенской области в 2020-2023 гг. в лабораторном и полевом опытах изучали эффективность применения различных композиций пестицидов, предназначенных для обработки посевного материала, а также использование инсектицида по вегетирующим растениям культуры. Полевой эксперимент проходил по следующей схеме трехфакторного опыта: фактор А — обработка семян протравителями, имеющими в своем составе вещества инсектицидного действия Селест Топ, КС (г/л: 262,5 тиаметоксама + 25 дифеноконазола + 25 флудиоксонила) и Табу, ВСК (500 г/л имидаклоприда), используемых в нормах 3,0 л/т; фактор В — нанесение на семена фунгицидов Бенорад, СП (500 г/кг беномина), Бункер, ВСК (60 г/л тебуконазола), а также регулятора роста Альбит, ТПС, применяемых в нормах 2 кг/т, 0,4 и 0,05 л/т соответственно; фактор С — обработка растений инсектицидом Самурай Супер, КЭ (500 г/л фенитротриона) при норме применения 1,5 л/га. В схему опыта включены 2 контроля: 1) обработка семян водой и 2) растения без обработки пестицидами. Сравнение данных в статье проводится с контролем для анализируемого фактора и контролем абсолютным (без применения какого-либо препарата).

Нанесение протравителей на семенной материал велось в лабораторных условиях вручную с использованием круглодонной колбы путем встряхивания суспензии препаратов в течение 5 минут. Расход рабочей жидкости оставлял 10 л/т.

Проведение наземных обработок осуществлялось с помощью ранцевого опрыскивателя с учетом расхода рабочей жидкости 200 л/га.

Эксперимент выполнялся на конопле посевной среднерусского экотипа сорта Надежда. Исследовательские работы проводились в соответствии с методическими указаниями по регистрационным испытаниям фунгицидов, по регистрационным испытаниям инсектицидов в сельском хозяйстве, по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей

и методикой полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований [18-21]. Содержание масла в семенах определяли по методике А.В. Лебедянцева, согласно ГОСТ 10 857-64 [22].

Учетная делянка составляла 10 м<sup>2</sup>. Варианты опыта размещались последовательно ярусами в четырехкратной повторности. Испытания велись по чистому пару. Посевные работы проходили 6 мая (2020, 2021 гг.), 28 апреля (2022 г.) и 4 мая (2023 г.) сеялкой СН-16 с междурядьем 45 см.

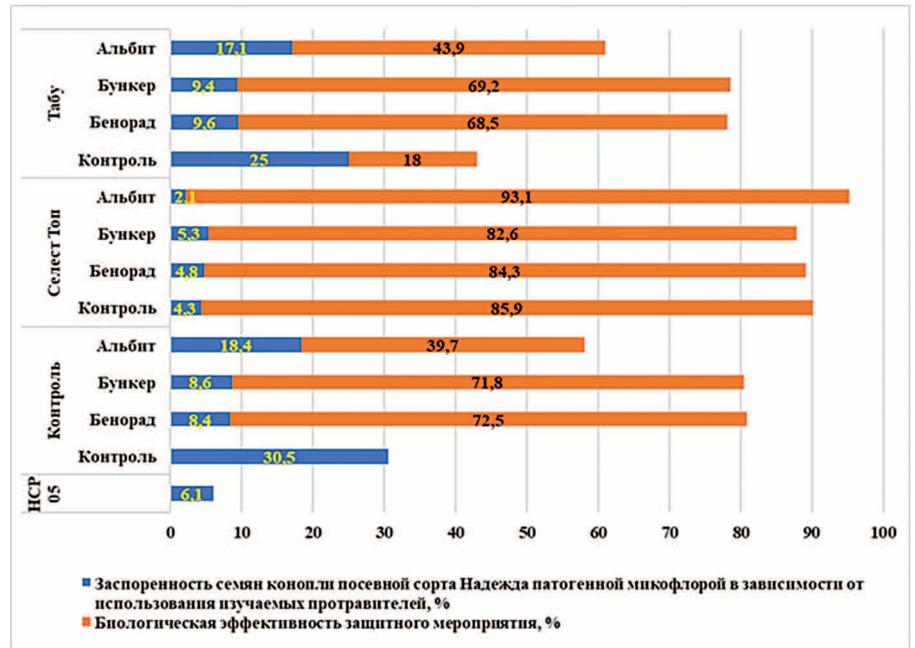


Рисунок 1. Влияние протравителей на зараженность фитопатогенами семян конопля посевной (2020–2023 гг., лабораторный опыт)

Figure 1. The effect of mordants on infection of hemp seeds by phytopathogens (2020-2023, laboratory experience)

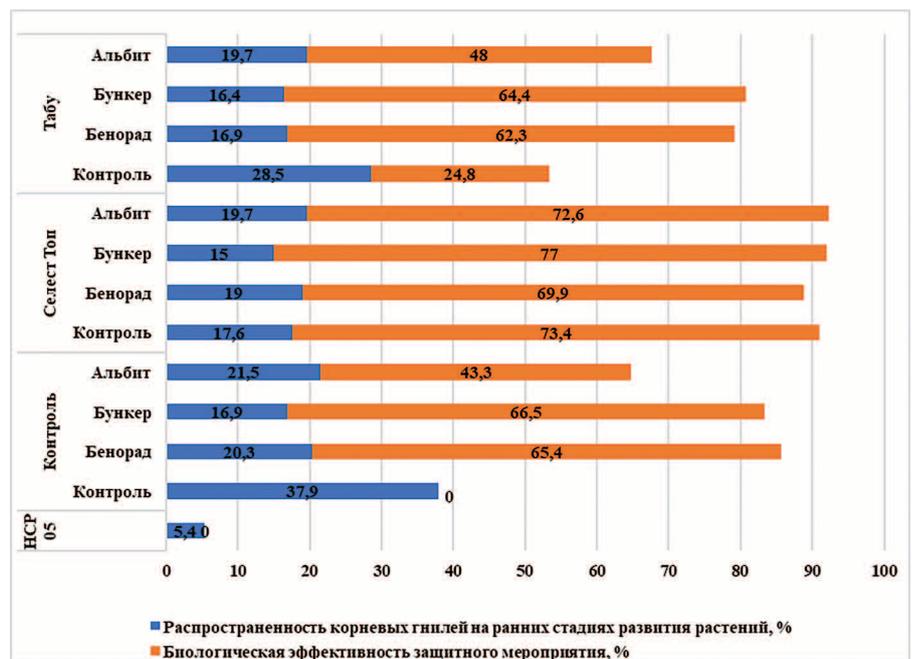


Рисунок 2. Влияние протравителей на подавление корневых гнилей на ранних стадиях развития растений конопля посевной (2020-2023 гг.)

Figure 2. The effect of mordants on the suppression of root rot in the early stages of the development of hemp plants (2020-2023)



Норма высева составляла 0,9 млн всхожих семян/га. Агрохимические свойства почвы опытного участка, следующие: тяжелосуглинистый среднесиловой выщелоченный чернозем с  $pH_{\text{сол.}} = 5,1$ ; содержание гумуса — 5,9% (по Тюрину), легкогидролизуемого азота — 136,0 мг/кг почвы, подвижного фосфора — 172,0 мг/кг почвы, обменного калия — 206,7 мг/кг почвы.

**Результаты и обсуждение.** В годы проведения эксперимента вегетационные периоды конопляной посевной различались по гидротермическим показателям. Появление всходов протекало при более благоприятном гидротермическом режиме в 2020 и 2023 гг. (посев-всходы — ГТК 1,9 и 1,03). В 2021 и 2022 гг. в данный период ГТК соответствовал условиям слабого увлажнения территории и составлял 0,48 и 0,22.

Наиболее интенсивный рост культуры проходит в межфазный период от начала бутонизации до массового цветения. Соотношение тепла и влаги в это время было неблагоприятным для развития растений в 2023 г. (ГТК 2,44 — избыточное увлажнение), в 2020 и 2022 гг. (ГТК 0,05 и 0,72 — слабое и недостаточное увлажнение), и благоприятным — в 2021 г. (ГТК 1,09 — оптимальное увлажнение). Развитие растений от цветения до созревания семян проходило при оптимальном увлажнении в 2020 и 2021 гг. (ГТК 1,11), при слабом и недостаточном увлажнении — в 2022 и 2023 гг. (ГТК 0,16 и 0,55).

Межфазный период всходы-массовое созревание семян в 2020 г., 2021 г. и 2023 г. также являлся недостаточно увлажненным (ГТК 0,86, 0,97 и 0,85), в 2022 г. — слабо увлажненным (ГТК 0,39). На основании этого следует, что для произрастания культуры в 2022 г. соотношение тепла и влаги было более неблагоприятным по сравнению с другими годами. Погодные условия в период роста растений в 2022 г. отразились на снижении урожайности семян от 8,9 до 31,0%, стеблей — от 22,2 до 34,1% в сравнении с показателями 2020 г., 2021 г. и 2023 г.

Метеорологические условия вегетационных периодов проведения эксперимента наложили свой отпечаток на интенсивность поражения, распространенность вредных организмов и эффективность защитных мероприятий.

На этапе лабораторных исследований установлено, что обработки семян изучаемыми препаратами обеспечивали подавление семенной инфекции. По данным фитозащиты семян, прием протравливания фунгицидами и регулятором роста снизил засоренность посевного материала патогенной микофлорой (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. — 23,5%, *Fusarium sp.* — 2,3%, *Mucor sp.* — 4,7%) с эффективностью от 43,9% (Альбит) до 93,1% (Селест Топ + Альбит) (рис. 1).

В полевых условиях на ранних стадиях развития растений (фаза четырех пар листьев) биологическая эффективность подавления корневых гнилей, как представлено на рисунке 2, составляла от 48,0% (Альбит) до 77,0% (Селест Топ + Бункер).

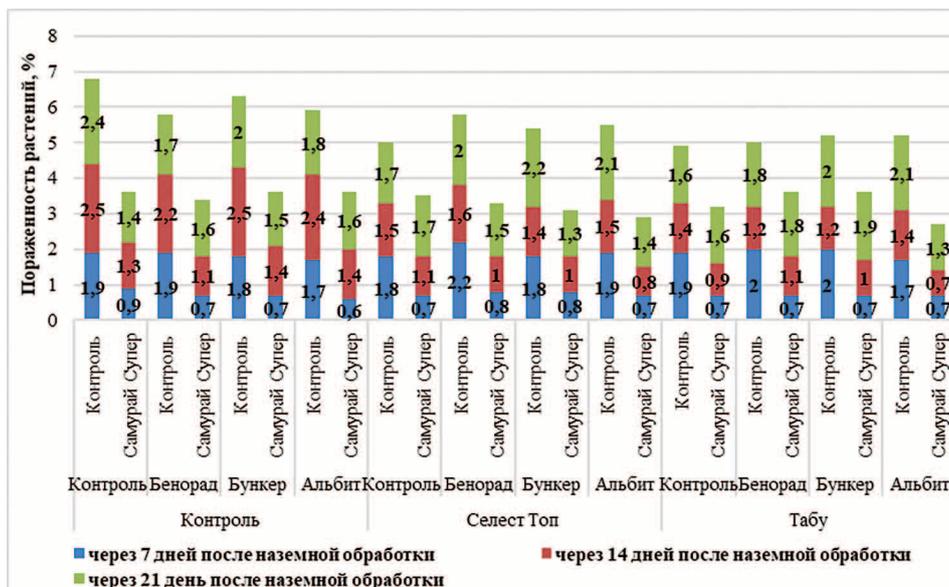


Рисунок 3. Пораженность растений конопляной блошкой в зависимости от применения протравителей и инсектицида (2020-2023 гг.)  
Figure 3. The infestation of hemp plants with hemp flea depending on the use of mordants and insecticide (2020-2023)

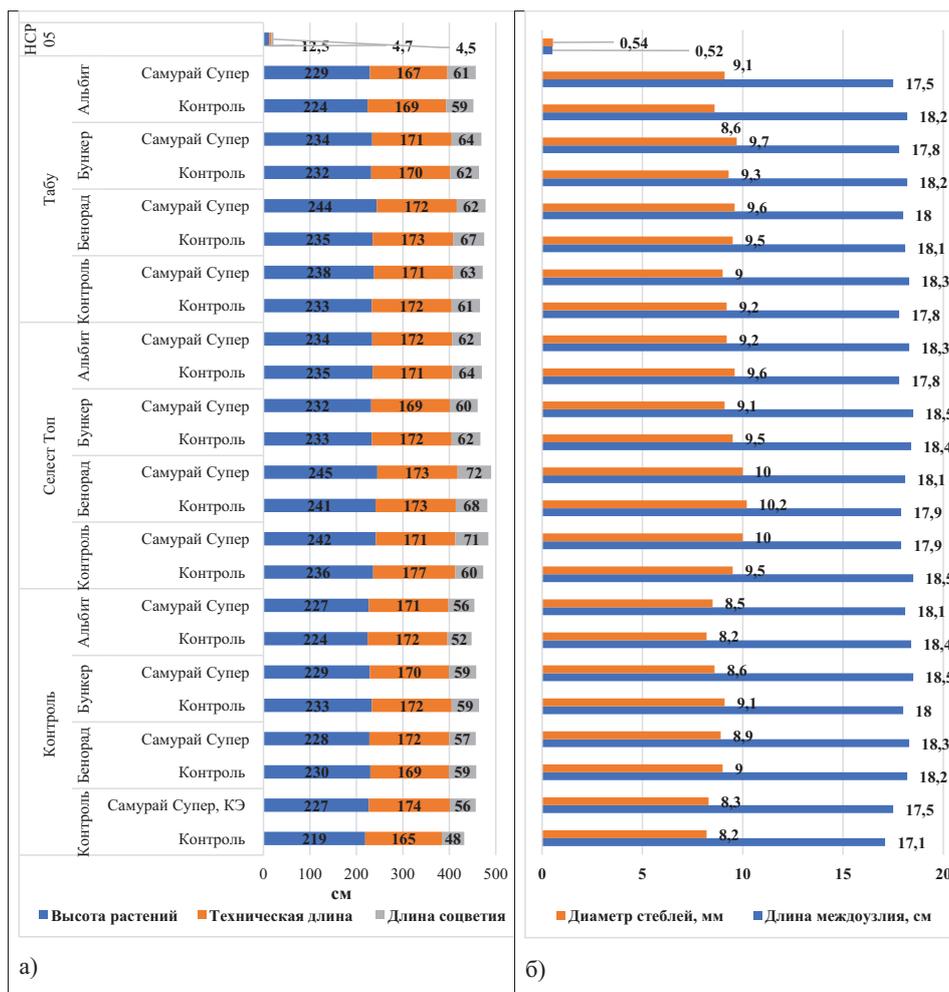


Рисунок 4. Влияние приемов протравливания семян и опрыскивания растений инсектицидом на их высоту, длину техническую и соцветий — (а), а также на длину междоузлия, диаметр стебля — (б) (2020-2023 гг.)  
Figure 4. The influence of methods of treating seeds and spraying plants with insecticide on their height, technical length and inflorescences — (a), as well as on the length of the internode, stem diameter — (b) (2020-2023)





Таблица 1. Влияние приемов протравливания и опрыскивания инсектицидом на содержания волокна в стеблях растений конопли посевной (2020-2023 гг.)  
Table 1. The influence of dressing techniques and insecticide spraying on the fiber content in the stems of hemp plants (2020-2023)

Варианты опыта			Содержание волокна, %	
Фактор А	Фактор В	Фактор С	общего	длинного
Контроль	Контроль	1	32,2	17,7
		2	32,8	19,5
	Бенорад	1	32,7	18,6
		2	33,5	18,4
	Бункер	1	33,5	18,3
		2	34,1	19,0
Альбит	1	33,0	18,2	
	2	33,1	18,1	
Селест Топ	Контроль	1	33,1	18,4
		2	33,3	18,4
	Бенорад	1	32,8	18,7
		2	33,2	19,3
	Бункер	1	33,0	19,3
		2	34,1	20,7
Альбит	1	32,9	19,2	
	2	32,7	21,0	
Табу	Контроль	1	33,2	18,9
		2	32,8	20,1
	Бенорад	1	33,2	19,0
		2	33,5	20,1
	Бункер	1	32,6	18,7
		2	32,9	20,1
Альбит	1	32,6	18,8	
	2	33,3	19,4	
НСР <sub>05</sub>			1,1	2,9

Примечание: 1 — без опрыскивания; 2 — опрыскивание инсектицидом Самурай Супер.

Таблица 2. Влияние приемов протравливания и опрыскивания инсектицидом на показатели качества семян конопли посевной (2020-2023 гг.)  
Table 2. The influence of treatment methods and insecticide spraying on the quality indicators of hemp seeds (2020-2023)

Варианты опыта			Масса 1000 семян, г	Содержание масла в семенах, %
Фактор А	Фактор В	Фактор С		
Контроль	Контроль	1	17,33	32,31
		2	17,69	32,28
	Бенорад	1	17,67	32,51
		2	17,65	32,61
	Бункер	1	17,55	32,47
		2	17,62	32,53
Альбит	1	17,47	32,80	
	2	17,60	32,98	
Селест Топ	Контроль	1	17,60	32,56
		2	17,76	32,75
	Бенорад	1	17,78	32,68
		2	17,66	32,67
	Бункер	1	17,61	32,95
		2	17,97	33,06
Альбит	1	17,58	32,55	
	2	18,0	32,84	
Табу, ВСК	Контроль	1	17,54	32,46
		2	17,66	32,54
	Бенорад	1	17,66	33,07
		2	17,79	33,36
	Бункер	1	17,51	33,30
		2	17,71	33,39
Альбит	1	17,70	32,43	
	2	17,70	32,46	
НСР <sub>05</sub>			0,22	0,21

Примечание: 1 — без опрыскивания; 2 — опрыскивание инсектицидом Самурай Супер.

Таблица 3. Влияние приемов протравливания и наземного опрыскивания на урожайность растений конопли посевной (2020-2023 гг.)  
Table 3. Effect of dressing and ground spraying techniques on the yield of hemp plants (2020-2023)

Варианты опыта			Урожайность				Валовой сбор			
			стеблей		семян		волокна		масла	
Фактор А	Фактор В	Фактор С	т/га	± к контролю	т/га	± к контролю	т/га	± к контролю	т/га	± к контролю
Контроль	Контроль	1	6,19	0	1,72	0	1,85	0	0,51	0
		2	6,72	+0,53	1,79	+0,07	2,01	+0,16	0,50	-0,01
	Бенорад	1	7,36	+1,17	1,85	+0,13	2,14	+0,29	0,53	+0,02
		2	7,71	+1,52	1,88	+0,16	2,16	+0,31	0,55	+0,04
	Бункер	1	6,84	+0,65	1,87	+0,15	2,14	+0,29	0,57	+0,06
		2	7,34	+1,15	1,91	+0,19	2,35	+0,50	0,57	+0,06
Альбит	1	7,19	+1,0	1,75	+0,03	2,21	+0,36	0,52	+0,01	
	2	7,14	+0,95	1,85	+0,13	2,16	+0,31	0,55	+0,04	
Селест Топ	Контроль	1	7,54	+1,35	1,85	+0,13	2,18	+0,33	0,55	+0,04
		2	8,21	+2,02	1,90	+0,18	2,47	+0,62	0,55	+0,04
	Бенорад	1	8,04	+1,85	1,99	+0,27	2,27	+0,42	0,61	+0,1
		2	8,55	+2,36	2,12	+0,40	2,56	+0,71	0,63	+0,12
	Бункер	1	8,0	+1,81	1,98	+0,26	2,47	+0,62	0,63	+0,12
		2	7,75	+1,56	2,11	+0,39	2,49	+0,64	0,62	+0,11
Альбит	1	7,81	+1,62	1,90	+0,18	2,31	+0,46	0,56	+0,05	
	2	8,22	+2,03	1,95	+0,23	2,45	+0,60	0,61	+0,1	
Табу, ВСК	Контроль	1	7,73	+1,54	1,85	+0,13	2,35	+0,50	0,54	+0,03
		2	7,69	+1,5	1,93	+0,21	2,43	+0,49	0,59	+0,08
	Бенорад	1	7,51	+1,32	1,92	+0,20	2,38	+0,53	0,60	+0,09
		2	7,79	+1,60	2,02	+0,3	2,49	+0,64	0,63	+0,12
	Бункер	1	8,25	+2,06	1,89	+0,17	2,43	+0,58	0,61	+0,1
		2	8,14	+1,95	2,05	+0,33	2,42	+0,57	0,62	+0,11
Альбит	1	7,46	+1,27	1,96	+0,24	2,22	+0,37	0,60	+0,09	
	2	7,91	+1,72	1,95	+0,23	2,40	+0,55	0,62	+0,11	
НСР <sub>05</sub>			0,67	—	0,20	—	0,36	—	0,04	—

Примечание: 1 — без опрыскивания; 2 — опрыскивание инсектицидом Самурай Супер.



С помощью корреляционного анализа определена положительная взаимосвязь между заспоренностью семян и распространенностью корневых гнилей ( $0,859 \pm 0,17$ ).

Эффективность проведения защитных мероприятий инсектицидом Самурай Супер против конопляной блошки через 7 дней после обработки составляла 63,2%, через 14 дней — 57,9%, через 21 день — 21,1% по сравнению с контролем. Изучаемый комплекс способов борьбы с вредителем способствовал более длительной защите растений до четырех-пяти пар листьев. При протравливании препаратами Табу и Селест Топ в сочетании с регулятором роста Альбит через 14 дней после применения инсектицида по вегетации эффективность проводимой защиты составляла 72,0 и 68,0% соответственно (рис. 3).

В ходе корреляционного анализа установлена отрицательная связь между распространенностью корневых гнилей, поврежденностью растений конопляной блошкой и урожайностью семян ( $-0,563 \pm 0,18$ ,  $-0,633 \pm 0,17$ ), стеблей ( $-0,636 \pm 0,16$ ,  $-0,696 \pm 0,16$ ).

Разработанные приемы защиты улучшали фитосанитарное состояние посевов, создавая условия для роста биоморфометрических параметров культурных растений. По итогам исследований изучаемые защитные мероприятия при протравливании семян препаратами Селест Топ и Табу обеспечивали увеличение высоты растения на 4,4 и 3,1%, длины соцветия — на 16,1 и 10,7%, диаметра стебля — на 11,6 и 8,1% по сравнению с контролем. Обработка семян фунгицидами влияла на длину соцветия, повышая ее на 6,7% (Бенорад), диаметр стебля — на 5,6 и 2,2% (Бенорад и Бункер), длину междоузлия — на 1,1 и 1,7% соответственно. Наиболее отзывчивыми на стимуляцию физиологических процессов были растения, обработанные инсектицидом с протравливанием семян смесью препаратов Селест Топ + Бенорад (рис. 4).

Влияние данной защиты обеспечило увеличение высоты растения, длины технической и соцветия на 11,9, 4,8 и 50,0% по сравнению с контрольными растениями. При этом диаметр стебля повышался на 22,0%, а длина междоузлия — на 5,8%. Корреляционный анализ показал положительную связь между высотой растения, длиной соцветия, диаметром стебля и урожайностью семян ( $0,625 \pm 0,17$ ,  $0,681 \pm 0,16$ ,  $0,643 \pm 0,16$ ), стеблей ( $0,700 \pm 0,15$ ,  $0,807 \pm 0,13$ ,  $0,777 \pm 0,15$ ).

Протравливание семян и нанесение инсектицида по вегетирующим растениям оказывали влияние на содержание волокна в стеблях (табл. 1).

За время исследований выход общего волокна изменялся от 32,2% (контрольный вариант) до 34,1% (Бункер + Самурай Супер, Селест Топ + Бункер + Самурай Супер). Доказано воздействие фактора С на повышение данного параметра на 0,4% по сравнению с контролем.

Содержание в стеблях длинного волокна колебалось в пределах от 17,7% (контроль) до 21,0% (Селест Топ + Альбит + Самурай Супер). Повышение содержания длинного волокна на 0,9 и 0,8% происходило благодаря факторам А и С, при обработке семян препаратами Селест Топ, Табу и применении препарата Самурай Супер.

Лучшие показатели выхода длинного волокна (20,7 и 21,0% от массы тресты) были получены при покрытии семян протравителем Селест Топ

в композициях с фунгицидом Бункер или регулятором роста Альбит на фоне наземной обработки против конопляной блошки, а также при протравливании семян инсектицидом Табу в вариантах защиты: Табу + Самурай Супер, Табу + Бенорад + Самурай Супер, Табу + Бункер + Самурай Супер — 20,1%.

По результатам эксперимента, направленного на определение массы 1000 семян, использование протравителя Селест Топ и инсектицида, предназначенного для опрыскивания растений, обеспечивало повышение показателя на 1,0 и 0,9% по сравнению с контролем.

Нанесение на семена композиции препаратов Селест Топ и Альбит на фоне растений, обработанных инсектицидом, благоприятствовало росту исследуемого параметра на 3,9% (табл. 2). С помощью корреляционного анализа определена положительная связь между массой 1000 семян и их урожайностью ( $0,667 \pm 0,16$ ).

Накопление масла в семенах происходило наиболее интенсивно при применении протравителей Селест Топ и Табу (фактор А) — на 0,31 и 0,30%, при применении фунгицидов Бенорад и Бункер (фактор В) — на 0,11 и 0,17% по сравнению с контролем. Растения, обработанные инсектицидом, в вариантах протравливания посевного материала препаратами Бункер в сочетании с Селест Топ и Табу, Бенорад + Табу существенно увеличивали содержание масла в семенах — на 0,75 и 1,08; 1,05% соответственно, по сравнению с контрольными растениями.

Формирование урожая растений конопли обуславливалось метеорологическими условиями вегетационного периода и воздействием изучаемых фитосанитарных мероприятий. Прибавку урожайности стеблей по сравнению с контролем обеспечивало действие фактора А при применении изучаемых протравителей на 0,96 и 0,75 т/га (13,6 и 10,6%), фактора В — при использовании препаратов Бенорад, Бункер и Альбит — на 0,48, 0,37 и 0,27 т/га (6,5, 5,0 и 3,7%) и фактора С — при обработке растений инсектицидом — на 0,27 т/га (3,6%). Растения, обработанные инсектицидом, в варианте с протравливанием семян препаратами Селест Топ + Бенорад формировали наибольшую прибавку урожая стеблей — 2,36 т/га (38,1%) (табл. 3).

Прибавка урожайности семян создавалась под влиянием фактора А — 0,15 и 0,12 т/га (8,2 и 6,6%), фактора В — 0,12 и 0,13 т/га (6,5 и 7,1%), фактора С — 0,08 т/га (4,3%). Высокий прирост урожая семян формировался при взаимодействии всех факторов на фоне обработки инсектицидом при протравливании семян фунгицидами Бенорад и Бункер в сочетании с препаратами Селест Топ — 0,40 и 0,39 т/га (23,3 и 22,7%), Табу — 0,30 и 0,33 т/га (19,2 и 17,4%).

Использование в системе защиты от вредных организмов протравителей Селест Топ и Табу обеспечивало рост сбора волокна на 0,27 и 0,26 т/га, инсектицида — на 0,12 т/га по сравнению с контролем. Совместное действие изучаемых факторов обеспечивало наибольшую прибавку урожая волокна  $-0,64-0,71$  т/га при обработках по вегетации препаратом Самурай Супер и нанесении на посевной материал смеси протравителей Селест Топ + Бенорад и Бункер, Табу + Бенорад по сравнению с контрольными растениями.

Росту сбора масла с 1 га способствовали действия протравителей — на 11,1%, фунгицидов — на 9,3 и 11,1%, регулятора роста — на

7,4% и инсектицидная обработка — на 3,5% по сравнению с контролем.

Максимальный сбор масла получен в вариантах защиты Селест Топ + Бенорад + Самурай Супер, Селест Топ + Бункер и Табу + Бенорад + Самурай Супер — 0,63 т/га.

**Выводы.** Проводимые защитные мероприятия на ранних стадиях развития растений конопли посевной с включением приема протравливания семян композициями современных препаратов инсекто-фунгицидного действия и регулятором роста в сочетании с обработкой растений инсектицидом, обеспечивали подавление семенной инфекции, снижение распространенности корневых гнилей и защитный эффект от конопляной блошки. Благодаря улучшению фитосанитарного состояния агроценоза, создавались благоприятные условия для роста и развития культурных растений. Пестициды способствовали увеличению морфометрических параметров растений, массы 1000 семян, повышали содержание масла в семенах, сбор масла и волокна.

Высокую прибавку урожайности стеблей позволяли получить обработки растений инсектицидом Самурай Супер и посевного материала композициями препаратов Селест Топ + Бенорад и Табу + Бункер — 2,4 и 2,1 т/га. Значительная прибавка урожайности семян формировалась при использовании в смесях для протравливания фунгицидов Бенорад и Бункер в сочетании с препаратами Селест Топ — 0,40 и 0,39 т/га, Табу — 0,30 и 0,33 т/га с привлечением изучаемого инсектицида при наземной обработке культуры.

#### Список источников

1. Серков В.А., Смирнов А.А. История коноплеводства в России // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. Вып. 3 (175). С. 132-141.
2. Лиходеевский А.В. К вопросу о возрождении незаслуженно забытых технологий: техническая конопля // Теория и практика мировой науки. 2021. № 3. С. 29-38.
3. Ушаповский И.В., Васильев А.С., Щеголихина Т.А., Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Голубев И.Г. Анализ состояния и перспективные направления развития селекции и семеноводства технических культур: научно-аналитический обзор. М.: ФГБНУ «Росинформарготех», 2019. 72 с.
4. Исламгулов Д.Р., Бикбаева Г.Г. Состояние и перспективы развития коноплеводства // Вестник БГАУ. 2020. № 4. С. 36-39. doi: 10.31563/1684-7628-2020-56-4-36-40
5. Хомякова М.А., Биркин А.А., Садов А.А. Выращивание технической конопли на Среднем Урале: правовой и экономический аспекты // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. 2022. № 2 (14). С. 51-56.
6. Лаврентьева Е.П., Санина О.К., Белоусов Р.О. Глубокая переработка лубяных волокон — путь к возрождению национальных традиций России // Технология текстильной промышленности. 2022. № 3 (399). С. 130-139. doi: 10.47367/0021-3497\_2022\_3\_130
7. Кравчук А.А., Чапалда Т.Л. Морфологические признаки посевной конопли. Использование семян посевной конопли в пищевой промышленности // Аграрное образование и наука. 2022. № 4.
8. Новрузова Ю.Э. Особенности пищевой ценности конопляного масла // Академическая публицистика. 2021. № 4. С. 163-167.
9. Ostapczuk, K., Apori, S.O., Estrada, G., Tian, F. (2021). Hemp growth factors and extraction methods effect on antimicrobial activity of hemp seed oil: A systematic review. *Separations*, no. 8, p. 183. doi: 10.3390/separations8100183
10. Лукомец А.В. Технические культуры в инфраструктуре национальной экономики // Научно-теоретический журнал. 2020. № 4. С. 128-137. doi: 10.37984/2076-9288-2020-4-128-137





11. Моргачева С.Г., Мелешко Д.А. Болезни семян южных сортов конопли // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы VII международной научно-практической конференции, Симферополь, 5-9 октября 2022. Электронная версия. EDN: XBENGX ISBN 978-5-907656-04-8. С. 52-54 (дата обращения: 06.11.2023).

12. Дмитриев В.Л., Шашкар Л.Г., Ложкин А.Г. Об усовершенствовании элементов в технологии возделывания безнаркотических сортов конопли в условиях лесостепной зоны Чувашской Республики // Вестник БГАУ. 2019. № 4. С. 20-24. doi: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-20-24

13. Science of Hemp: Production and Pest Management October 10-11, 2019.: Tyler Schappe and Lindsey Thiessen North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. Fungicide Efficacy on Foliar Hemp Diseases in North Carolina in 2019, p. 38; Hilary Mayton and Gary Bergstrom Cornell University; Geneva and Ithaca, NY, USA Hemp Seed Treatments for Damping-off Alan Taylor, p. 44.

14. Перцева Е.В., Перцев С.В., Гуляев Г.Ю. Влияние комбинированных протравителей на фитосанитарное состояние агроценозов озимой пшеницы. Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2019. С. 167-175.

15. Власова Л.М., Попова О.В. Инсектофунгицидные композиции для обработки семян зерновых культур // Защита и карантин растений. 2021. № 8. С. 15-17. doi: 10.47528/102658634\_2021\_8\_15

16. Сухорученко Г.И., Буркова Л.А., Иванова Т.И., Васильева О.В., Долженко О.В., Иванов С.Г., Долженко В.И. Формирование ассортимента химических средств защиты растений от вредителей в XX веке // Вестник защиты растений. 2020. № 103 (1). С. 5-24.

17. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ / Минсельхоз России. М., 2023. С. 60, 61, 65.

18. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / В.И. Долженко и др. СПб.: ВНИИЗР, 2009. 379 с.

19. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве / В.И. Долженко и др. СПб.: ВНИИЗР, 2009. 378 с.

20. Методические указания по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей / Г.Р. Бедак и др. М.: ВАСХНИЛ, 1980. 34 с.

21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Альянс, 2014. 349 с.

22. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. М., 1968. 496 с.

## References

1. Serkov, V.A., Smirnov, A.A. (2018). Istoriya konoplevodstva v Rossii [History of hemp growing in Russia]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* [Oilseed crops. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds], no. 3 (175), pp. 132-141.

2. Likhodeevskii, A.V. (2021). K voprosu o vozrozhdenii nezasluzhenno zabutykh tekhnologii: tekhnicheskaya

konoplya [On the issue of reviving undeservedly forgotten technologies: industrial hemp]. *Teoriya i praktika mirovoi nauki* [Theory and practice of the world science], no. 3, pp. 29-38.

3. Ushchapovskii, I.V., Vasil'ev, A.S., Shchegolikina, T.A., Fedorenko, V.F., Mishurov, N.P., Golubev, I.G. (2019). Analiz sostoyaniya i perspektivnye napravleniya razvitiya selektsii i semenovodstva tekhnicheskikh kul'tur: nauchno-analiticheskii obzor [Analysis of the state and promising directions for the development of breeding and seed production of technical cultures: scientific and analytical review]. Moscow, FGBNU "Rosinformagrotech", 72 p.

4. Islamgulov, D.R., Bikbaeva, G.G. (2020). Sostoyaniye i perspektivy razvitiya konoplevodstva [State and prospects for the development of hemp production]. *Vestnik BGAU* [Bulletin of the BSAU], no. 4, pp. 36-39. doi: 10.31563/1684-7628-2020-56-4-36-40

5. Khomyakova, M.A., Birkin, A.A., Sadov, A.A. (2022). Vyrashchivaniye tekhnicheskoi konopli na Srednem Urale: pravovoi i ehkonomicheskii aspekty [Cultivation of industrial hemp in the Middle Urals: legal and economic aspects]. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik: Tekhnicheskiiye sistemy v APK* [Scientific and Technical Bulletin: Technical systems in the agro-industrial complex], no. 2 (14), pp. 51-56.

6. Lavrentieva, E.P., Sanina, O.K., Belousov, R.O. (2022). Glubokaya pererabotka lubyan'nykh volokon — put' k vozrozhdeniyu natsional'nykh traditsii Rossii [Deep processing of bast fibers — the path to the revival of national traditions of Russia]. *Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti* [Textile industry technology], no. 3 (399), pp. 130-139. doi: 10.47367/0021-3497\_2022\_3\_130

7. Kravchuk, A.A., Chapalda, T.L. (2022). Morfolozhicheskie priznaki posevnoi konopli. Spol'zovanie semyan posevnoi konopli v pishchevoi promyshlennosti [Morphological characteristics of hemp seed. Use of hemp seeds in the food industry]. *Agrarnoe obrazovanie i nauka* [Agricultural education and science], no. 4.

8. Novruzova, Yu.E. (2021). Osobennosti pishchevoi tsennosti konoplyanogo masla [Features of the nutritional value of hemp oil]. *Akademicheskaya publitsistika* [Academic journalism], no. 4, pp. 163-167.

9. Ostapczuk, K., Apori, S.O., Estrada, G., Tian, F. (2021). Hemp growth factors and extraction methods effect on antimicrobial activity of hemp seed oil: A systematic review. *Separations*, no. 8, p. 183. doi: 10.3390/separations 8100183

10. Lukomets, A.V. (2020). Tekhnicheskiiye kul'tury v infrastrukture natsional'noi ehkonomiki [Technical crops in the infrastructure of the national economy]. *Nauchno-teoreticheskii zhurnal* [Scientific and theoretical journal], no. 4, pp. 128-137. doi: 10.37984/2076-9288-2020-4-128-137

11. Morgacheva, S.G., Meleshko, D.A. (2022). Bolezni semyan yuzhnykh sortov konopli [Diseases of seeds of southern varieties of hemp]. *Sovremennoe sostoyaniye, problemy i perspektivy razvitiya agrarnoi nauki: materialy VII mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Simferopol', 5-9 oktyabrya 2022* [Current state, problems and prospects for the development of agricultural science: materials of the VII international scientific and practical conference, Simferopol, October 5-9, 2022]. Electron. version. EDN: XBENGX ISBN 978-5-907656-04-8. pp. 52-54 (accessed: 06.11.2023).

12. Dimitriev, V.L., Shashkarov, L.G., Lozhkin, A.G. (2019). Ob usovershenstvovanii ehlementov v tekhnologii vozdelvaniya beznarkoticheskikh sortov konopli v usloviyakh lesostepnoi zony Chuvashskoi Respubliki [On the improvement of elements in the technology of cultivating drug-free varieties of hemp in the forest-steppe zone of the Chuvash Republic]. *Vestnik BGAU* [Bulletin of the BSAU], no. 4, pp. 20-24. doi: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-20-24

13. Science of Hemp: Production and Pest Management October 10-11, 2019.: Tyler Schappe and Lindsey Thiessen North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. Fungicide Efficacy on Foliar Hemp Diseases in North Carolina in 2019, p. 38; Hilary Mayton and Gary Bergstrom Cornell University; Geneva and Ithaca, NY, USA Hemp Seed Treatments for Damping-off Alan Taylor, p. 44.

14. Pertseva, E.V., Pertsev, S.V., Gulyaev, G.Yu. (2019). Vliyaniye kombinirovannykh protravitelei na fitosanitarnoye sostoyaniye agrotsenozov ozimoi pshenitsy [The influence of combined disinfectants on the phytosanitary state of winter wheat agrocenoses]. Penza, ICNS "Science and Education", pp. 167-175.

15. Vlasova, L.M., Popova, O.V. (2021). Insektofungitsidnyye kompozitsii dlya obrabotki semyan zernovykh kul'tur [Insectofungicidal compositions for treating grain seeds]. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine], no. 8, pp. 15-17. doi: 10.47528/102658634\_2021\_8\_15

16. Sukhoruchenko, G.I., Burkova, L.A., Ivanova, T.I., Vasil'eva, O.V., Dolzhenko, O.V., Ivanov, S.G., Dolzhenko, V.I. (2020). Formirovaniye assortimenta khimicheskikh sredstv zashchity rastenii ot vreditel'nykh v XX veke [Formation of an assortment of chemical plant protection products against pests in the 20th century]. *Vestnik zashchity rastenii* [Plant protection news], no. 103 (1), pp. 5-24.

17. Ministry of Agriculture of Russia (2023). *Gosudarstvennyi katalog pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii RF* [State catalog of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation]. Moscow, pp. 60, 61, 65.

18. Dolzhenko, V.I. i dr. (ed.) (2009). *Metodicheskiiye ukazaniya po registratsionnyim ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaistve* [Guidelines for registration tests of fungicides in agriculture]. Saint-Petersburg, VNIIZR. 379 p.

19. Dolzhenko, V.I. i dr. (ed.) (2009). *Metodicheskiiye ukazaniya po registratsionnyim ispytaniyam insektitsidov, akaritsidov, mollyuskotsidov i rodentitsidov v sel'skom khozyaistve* [Guidelines for registration testing of insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture]. Saint-Petersburg, VNIIZR. 378 p.

20. Bedak, G.R. i dr. (ed.) (1980). *Metodicheskiiye ukazaniya po provedeniyu polevykh i vegetatsionnykh opytov s konoplei* [Guidelines for conducting field and vegetation experiments with cannabis]. Moscow, VASHNIL. 34 p.

21. Dospikhov, B.A. (2014). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniya)* [Methodology of field experience: with the basics of statistical processing of research results]. Moscow, Al'yans Publ., 351 p.

22. Peterburgskii, A.V. (1968). *Praktikum po agronomicheskoi khimii* [Workshop on agronomic chemistry]. Moscow, 496 p.

## Информация об авторах:

**Плужникова Ирина Ивановна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9161-4803>, i.pluzhnikova.pnz@fncl.ru

**Криушин Николай Викторович**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6597-2543>, n.kriushin.pnz@fncl.ru

**Бакулова Ирина Владимировна**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией агротехнологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8504-1001>, i.bakulova.pnz@fncl.ru

## Information about the authors:

**Irina I. Pluzhnikova**, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of agricultural technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9161-4803>, i.pluzhnikova.pnz@fncl.ru

**Nikolay V. Kriushin**, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of agricultural technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6597-2543>, n.kriushin.pnz@fncl.ru

**Irina V. Bakulova**, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of agricultural technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8504-1001>, i.bakulova.pnz@fncl.ru



Научная статья  
УДК 504.064.36  
doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_225

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САЛАТА ЛАТУК В КАЧЕСТВЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БЕРЕГОВОГО ГРУНТА РЕКИ ХОДЦА

Ж.С. Макаханиук, С.П. Замана

Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований по определению фитотоксичности почвы (берегового грунта) в осеннюю межень 2023 г. на участке, протекающей в Московской области, малой реки Ходца от истока (Электросталь) до устья (Павловский Посад). Целью работы являлось изучение информативности контактного метода определения фитотоксичности берегового грунта с использованием тест-объекта салата латук (*Lactuca sativa*) для геоэкологической оценки загрязнения тяжелыми металлами реки Ходца. Изучена динамика прорастания и последующего роста тест-объекта салата латук. При исследованиях применяли контактный метод почвенных пластинок с контролем длины корней (на 3-и сутки) и высоты побегов (на 14-е сутки). Для оценки информативности используемого нами метода фитотоксичности в отобранных образцах берегового грунта параллельно определяли содержание тяжелых металлов (железа, кадмия и свинца) с помощью атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе «Спектр 5-4» в аккредитованной лаборатории «Центр сертификации и экологического мониторинга агрохимической службы «Московский». Выявлено, что наибольшей токсичностью обладает береговой грунт из промежуточной точки реки. Результаты оценки берегового грунта по фитотоксичности почвы с помощью тест-растения салата латук согласуются с данными по содержанию тяжелых металлов, определяемых в химической лаборатории. Полученные результаты о миграции тяжелых металлов в системе «береговой грунт — растительность» могут быть использованы при мониторинге территории, где протекает река Ходца.

**Ключевые слова:** фитотоксичность, методы определения, береговой грунт, салат латук, проростки, тяжелые металлы

Original article

## USE OF LETTUCE SALAD AS A TEST OBJECT FOR ASSESSING POLLUTION OF THE COASTAL SOIL OF THE KHODTSA RIVER

J.S. Makakhaniuk, S.P. Zamana

State University of Land Use Planning Moscow, Russia

**Abstract.** The article presents the results of studies to determine the phytotoxicity of soil (bank soil) during the autumn low-water period of 2023 on the section of the small Khodtsa River flowing in the Moscow region from the source (Electrostal) to the mouth (Pavlovsky Posad). The purpose of the work was to study the information content of the contact method for determining the phytotoxicity of coastal soil using a test object of lettuce (*Lactuca sativa*) for the geoecological assessment of heavy metal pollution of the Khodtsa River. The dynamics of germination and subsequent growth of the lettuce test object were studied. During the studies, we used the contact method of soil plates with control of root length (on the 3rd day) and shoot height (on the 14th day). To assess the information content of the phytotoxicity method we used, in selected samples of coastal soil we simultaneously determined the content of heavy metals (iron, cadmium and lead) using atomic absorption spectrometry on a Spectrum 5-4 device in the accredited laboratory «Center for Certification and Environmental Monitoring of Agrochemical Service « Moscow». It was revealed that the bank soil from the intermediate point of the river has the greatest toxicity. The results of assessing the coastal soil for soil phytotoxicity using the lettuce test plant are consistent with the data on the content of heavy metals determined in a chemical laboratory. The results obtained on the migration of heavy metals in the «bank soil — vegetation» system can be used when monitoring the territory where the Khodtsa River flows.

**Keywords:** phytotoxicity, determination methods, coastal soil, lettuce, sprouts, heavy metals

**Введение.** По территории Московской области протекает 348 малых рек, от их состояния напрямую зависит и то, из чего будут формироваться средние и крупные водотоки. Депонирующие среды водотоков наглядно отражают закономерности антропогенного загрязнения. Техногенная нагрузка оказывает существенное влияние на «здоровье почвы», что, в свою очередь, ухудшает и здоровье человека. Воздействие на растения различных токсикантов, в том числе тяжелых металлов, приводят к снижению устойчивости биоценозов [2].

В наши дни существуют различные методики оценки загрязнения почв и других компонентов окружающей среды, но большинство из них дорогостоящие. Одним из наиболее доступных и простых методов является метод биотестирования, позволяющий выявить токсичность различных природных сред в лабораторных условиях по реакции живых организмов — биотестов. Тест-объектами могут являться растения, животные, микроорганизмы. По изменению

состояния тест-объекта осуществляется интегральная оценка влияния действующих в совокупности поллютантов (тяжелые металлы, нефтепродукты, пестициды и др.). В качестве биотестов при оценке токсичности почвы используются растения, причем при проведении экологических экспериментов исследуют самую чувствительную фазу их развития — фазу прорастания семян. Следует отметить, что для оценки экотоксикологического состояния почв фитотестирование является одним из наиболее востребованных методов.

Наиболее доступным для геоэкологической оценки является метод определения фитотоксичности почв с помощью почвенных пластинок [3, 10]. Данный метод предполагает непосредственный контакт тест-растения (используются семена) с почвенными пластинками [8].

В качестве тест-растения может использоваться салат латук (*Lactuca sativa*). Зеленая овощная культура обладает повышенной

чувствительностью к загрязнению почвы, отличается быстрым прорастанием и почти максимальной всхожестью, которая порой уменьшается или замедляется из-за присутствия загрязнителей. Одними из наиболее опасных загрязнителей являются тяжелые металлы (ТМ) [4]. Они усваиваются растениями не только из почвы, но и из атмосферы. Наблюдение за всхожестью и интенсивностью роста при прорастании семян (длина корешков и проростков) считаются тест-параметрами и являются показателями прорастания [1, 6]. Поэтому применение метода фитотоксичности для оценки загрязнения почвы (берегового грунта) может позволить предварительно оценить пригодность ее для произрастания растений.

Цель работы — изучение информативности контактного метода определения фитотоксичности берегового грунта с использованием тест-объекта салата латук для геоэкологической оценки загрязнения тяжелыми металлами реки Ходца.

**Объекты и методы исследований.** В качестве объекта наблюдения нами была выбрана малая река Ходца (10 км), исток которой располагается в зоне промышленной застройки городского округа Электросталь (Московская обл.). Единственным водопотребителем воды данной реки является ПАО «Машиностроительный завод», также находящийся на территории этого городского округа.

С учетом строения береговой линии и проведенных ранее исследований нами было

выбрано 3 места отбора проб берегового грунта (рис. 1): исток, промежуточная точка и устье. В данных местах отбирали пробы почвы в осеннюю межень 2023 г. для определения загрязнения их с помощью тест-растения салата латук с использованием метода почвенных пластинок, чтобы по реакции растений на ранних стадиях онтогенеза оценить фитотоксичность.

Химический анализ на содержание тяжелых металлов в данных образцах берегового грунта проводили атомно-абсорбционным методом

на приборе «Спектр 5-4» в аккредитованной лаборатории «Центр сертификации и экологического мониторинга агрохимической службы «Московский». Определяли содержание ранее обнаруженных при наших исследованиях реки Ходца поллютантов (железо, кадмий и свинец).

Перед проведением эксперимента образцы почвы очищали от растительных остатков и корней путем просеивания. Затем отобранный для анализа береговой грунт взвешивали на микро-весах высокой точности POCKET SCALE и помещали в чашки Петри диаметром 9 см.

Нами были проведены 2 опыта с использованием почвенных пластинок.

Опыт № 1. Согласно методическим подходам [7] в чашки Петри вносили по 100 г почвы, предварительно увлажняя ее до 60% полной полевой влагоемкости. Поверхность почвы выравнивали и раскладывали 20 семян салата латук. Через 3 суток выдержки оценивали рост корешков.

Опыт № 2. Согласно методу ISO 11269-2 [9] 100 г подготовленной почвы помещали в чашки Петри и засеивали 10 семенами салата латук. Опытные и контрольные образцы закладывали в трех повторностях. Оценка результатов проводили через 14 дней. В каждой повторности измеряли длину корней, высоту побегов, всхожесть, общую биомассу растений.

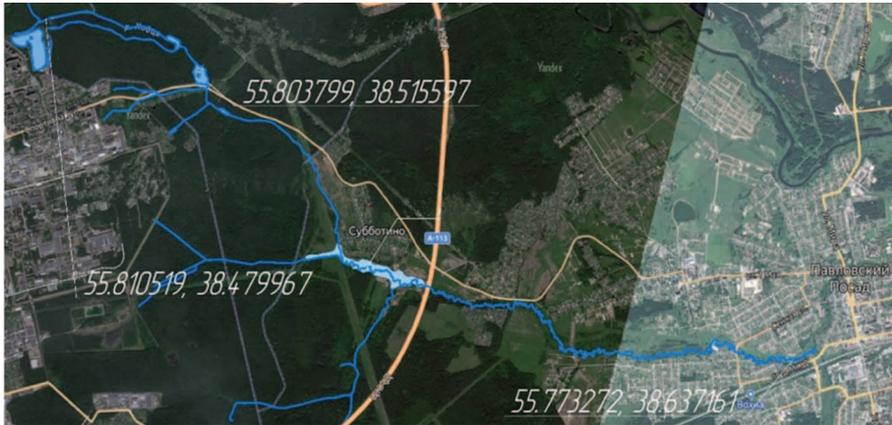
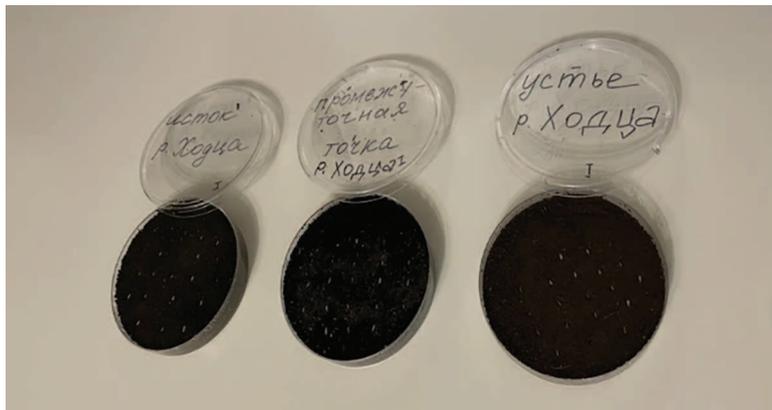
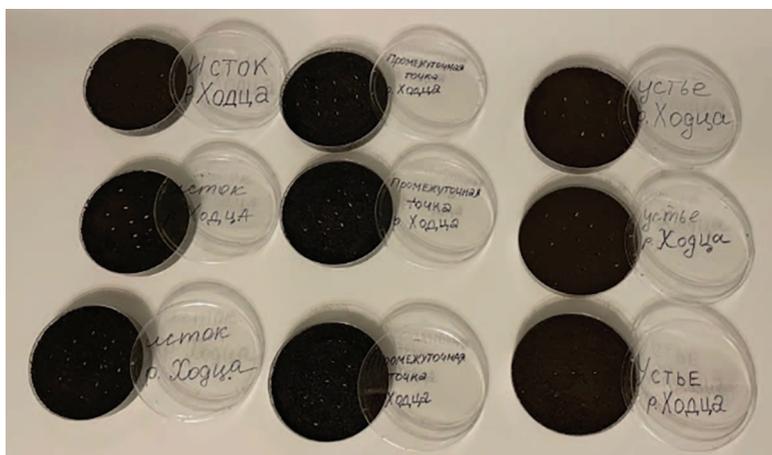


Рисунок 1. Карта мест отбора проб (начерчена в программе КОМПАС)  
Figure 1. Map of sampling sites (drawn in the COMPASS program)



A



B



Рисунок 2. Проращивание семян салата в опыте № 1 (А) и в опыте № 2 (Б)  
Figure 2. Germination of lettuce seeds in experiment no. 1 (A) and in experiment no. 2 (B)



В данных опытах количество влаги в сосудах поддерживали на протяжении всего периода таким образом, чтобы уровень жидкости был ниже поверхности семян. Чтобы исключить влияние освещенности и температуры, чашки Петри поворачивали разными сторонами и меняли местами [7,8]. Контролем в этих опытах являлось проращивание семян на увлажненной фильтровальной бумаге диаметром 9 см (рис. 2).

Чтобы не повредить тест-растения и выполнить точные замеры вымывали почву через отверстия в крышках чашек Петри.

Степень фитотоксичности (Ф) берегового грунта (почвы), выраженную в процентах, рассчитывали по изменению длины корешков и проростков салата по формуле [5]:

$$\Phi (\%) = [( \text{длина ростка в контроле} - \text{длина ростка в опыте} ) * 100] / \text{длина ростка в контроле}$$

Шкала оценивания фитотоксичности:

Ф (%) — менее 20% — фитотоксичность не проявляется;

Ф (%) — 20-40% — слабая фитотоксичность;

Ф (%) — 40-60% — средняя фитотоксичность;

Ф (%) — более 60% — сильная фитотоксичность.

В каждом опыте у семян, которые не проросли, длину корня принимали равной нулю [8]. Результаты обрабатывали статистически с помощью программы Microsoft Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Загрязнения тяжелыми металлами приводит к деградации береговых экосистем. Нами в двух опытах проведена сравнительная оценка чувствительности контактного метода определения фитотоксичности почвы (берегового грунта) малой реки Ходца в трех местах отбора (исток, промежуточная точка, устье).

Как следует из результатов первого опыта, промежуточная точка в значительно большей степени оказалась загрязнена в осеннюю межень 2023 г. (табл. 1).

По нашим наблюдениям результаты средней всхожести, рассчитанные для 20 семян, были следующие: в пробах «контроль» и «исток» — всхожесть составляла 85%; в промежуточной точке — 60%; в устье — 70%. В целом, по усилению негативного проявления береговой грунт малой реки Ходца можно поставить в следующий ряд: контроль < исток < устье < промежуточная точка (рис. 3).

Необходимо отметить, что чаще всего фитотоксичность корешков более выражена, чем у проростков, что свидетельствует о наличии у тест-растения физиолого-биохимических барьеров. Фитотоксическая активность почвы в промежуточной точке по корешкам и проросткам салата латук была средней (48% и 52%, соответственно), у истока — по корешкам слабой (27%), по проросткам не проявлялась (16%), в устье — по корешкам и проросткам была слабой (37,5% и 40%, соответственно).

Оценку результатов опыта № 2 проводили на 14-й день. Определяли длину корешков, высоту побегов, всхожесть и общую биомассу салата латук по проращению 10-ти семян. Средние показатели развития тест-растения представлены в табл. 2.

Таблица 1. Фитотоксичность (%) по интенсивности роста корешков и проростков салата латук на 3 сутки  
Table 1. Phytotoxicity (%) based on the intensity of growth of roots and sprouts of lettuce on day 3

Длина, мм	Контроль	Исток		Промежуточная точка		Устье	
		Длина	Ф, %	Длина	Ф, %	Длина	Ф, %
корешки	19,2	14	27	10	48	12	37,5
проростки	8,3	7	16	4	52	5	40



Рисунок 3. Рост корешков и проростков тест-растения салата латук на 3-ти сутки (опыт № 1)  
Figure 3. Growth of roots and sprouts of a lettuce test plant on the 3rd day (experiment no. 1)

Таблица 2. Средние показатели развития тест-растения салата латук на 14 сутки  
Table 2. Average development indicators of a lettuce test plant on day 14

Длина корешков, мм	Высота побега, мм	Всхожесть, шт.	Общая биомасса, г
<b>Исток</b>			
19	10	8	17
<b>Промежуточная точка</b>			
12	6	6	10
<b>Устье</b>			
16	8	6	12
<b>Контроль</b>			
31	16	9	21

Таблица 3. Фитотоксичность (%) по интенсивности развития корешков и проростков салата латук на 14 сутки  
Table 3. Phytotoxicity (%) based on the intensity of development of roots and sprouts of lettuce on the 14th day

Длины, мм	Контроль (поле без загрязнений)	Исток		Промежуточная точка		Устье	
		Длина	Ф, %	Длина	Ф, %	Длина	Ф, %
корешки	31	19	39	12	61	16	48
проростки	16	10	37,5	6	62,5	8	50

Таблица 4. Содержание тяжелых металлов в береговом грунте реки Ходца, мг/кг  
Table 4. Content of heavy metals in the coastal soil of the Khodtsa River, mg/kg

Определяемый показатель	Исток	Промежуточная точка	Устье
Fe	1196,8±359,0	4549,8±1364,9	2100,4±630,0
Cd	Менее 0,5	Менее 0,5	Менее 0,5
Pb	4,5±1,4	6,2±1,9	5,8±1,7





Как видно из представленных в таблице 2 средних данных, длина корешков (12 мм), высота побегов (6 мм), всхожесть (6 шт.) и общая биомасса (10 г) были наименьшими при проращивании семян тест-растения на почвенной пластинке из берегового грунта, взятого в промежуточной точке реки. На контроле длина корешков (31 мм), высота побегов (16 мм), всхожесть (9 шт.) и общая биомасса (21 г) салата латук были значительно большими.

Наибольшей фитотоксичностью по интенсивности развития корешков (61%) и проростков (62,5%) характеризуется береговой грунт из промежуточной точки (табл. 3).

Этот вывод согласуется также с полученными в химической лаборатории данными по содержанию тяжелых металлов (табл. 4). Как видно из таблицы 4, наибольшее содержание железа (4549,8 мг/кг) и свинца (6,2 мг/г) обнаружено в береговом грунте, отобранном в промежуточной точке реки Ходца.

В проведенном эксперименте выявлено токсическое влияние тяжелых металлов железа и свинца на прорастание салата латук по сравнению с контролем. По-видимому, в процессе прорастания тест-растения необратимые ингибиторы (тяжелые металлы), связываясь с ферментами, больше от них не отделялись и негативно отражались на росте и биомассе растений.

Результаты исследований берегового грунта малой реки Ходца показали, что в промежуточной точке и в устье содержание железа в почве было в 3,8 и 1,7 раза, соответственно, выше, чем в истоке; содержание свинца в почве, отобранной в промежуточной точке и в устье, также было выше в 1,4 и 1,3 раза, соответственно, чем в истоке. Среди определяемых токсичных элементов содержание кадмия сохранялось на уровне 2019 года (менее 0,5 мг/кг) [4].

**Выводы.** Для геоэкологической оценки загрязнения тяжелыми металлами берегового грунта реки Ходца контактный метод определения фитотоксичности почвы с использованием тест-объекта салата латук является информативным. На наш взгляд, именно фитотоксичность корешков является более информативной, по сравнению с фитотоксичностью проростков, поскольку корень напрямую соприкасается с почвой. Установлено, что с увеличением уровня загрязнения берегового грунта железом и свинцом уменьшалась всхожесть,

длина корешков и проростков, общая биомасса тест-растения.

Данный метод биотестирования с помощью почвенных пластинок рекомендуется использовать также при мониторинге других водных экосистем, как наиболее простой и доступный метод загрязнения поллютантами берегового грунта (почвы).

#### Список источников

1. Бородулина Т.С., Полонский В.И. Рост и водный режим проростков пшеницы и салата в условиях нефтезагрязнения почвы // Вестник КрасГАУ. Сер.: Растениеводство. 2011. № 3. С. 50-54.
2. Зубкова В.М., Арсланбекова Ф.Ф., Макаханюк Ж.С. Накопление тяжелых металлов (ТМ) ряской малой (Lemna minor) в условиях антропогенного загрязнения реки Ходца // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2021. № 7. С. 23-28.
3. Кубрина Л.В., Супиниченко Е.А. Использование кресс-салата как тест-объекта для оценки загрязнения снежного покрова // Научное обозрение. Биологические науки. 2021. № 1. С. 11-15; URL: <http://science-biology.ru/ru/article/view?id=1218> (дата обращения: 01.11.2023).
4. Макаханюк Ж.С., Зубкова В.М., Розумная Л.А. Миграция тяжелых металлов в системе береговой грунт — донные отложения — растения реки Ходца в период летней межени 2019 // Вестник Астраханского государственного технического университета (АГТУ). Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 2. С. 67-74.
5. Максимова Н.Б., Морковкин Г.Г., Лаврентьева А.А. Оценка токсичности и загрязненности почв методом фитоиндикации // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2003. № 2. С. 106-112.
6. Михайлова И.Н., Алексеева В.А. Динамика роста биоиндикатора крест салата на почве со снеговальки г. Чебоксары // Научно исследовательские публикации. 2017. № 2. С. 21-27.
7. Свистова И.Д. Методические подходы к определению фитотоксической активности почвы и почвенных микроорганизмов // Лесотехнический журнал. 2019. Т.9. № 2 (34). С. 40-46. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.2/5.
8. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа, 2004. 246 с.
9. Галицкая П.Ю., Селивановская С.Ю., Гумерова Р.Х. Тестирование отходов, почв, материалов с использованием живых систем: учебно-методическое пособие. Казань: Казанский университет, 2014. 57 с.
10. Wall D.H. Soil Ecology and Ecosystem Services / D.H. Wall // Oxford University Press, 2012. 406 p.

#### References

1. Borodulina T.S. & Polonskii V.I. (2011). *Rost i vodnyy rezhim prorostkov pshenitsy i salata v usloviyakh neftezagryazneniya pochvy* [Growth and water regime of wheat and lettuce seedlings under oil-contaminated soil conditions]. *Vestnik KraSGAU*, no. 3, pp. 50-54.
2. Zubkova V.M., Arslanbekova F.F. & Makakhanyuk ZH.S. (2021). *Nakoplenie tyazhelykh metallov (TM) ryaskoi maloi (Lemna minor) v usloviyakh antropogennogo zagryazneniya reki Khodtsa* [Accumulation of heavy metals (HM) by duckweed (Lemna minor) under conditions of anthropogenic pollution of the Khodtsa River]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki*, no. 7, pp. 23-28.
3. Kubrina L.V. & Supinichenko E.A. (2021). *Ispol'zovanie kress-salata kak test-ob'ekta dlya otsenki zagryazneniya snezhnogo pokrova* [Using watercress as a test object to assess snow cover pollution]. *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki*, no. 1, pp. 11-15. Available at: <http://science-biology.ru/ru/article/view?id=1218> (accessed 1 November 2023).
4. Makakhanyuk ZH.S., Zubkova V.M. & Rozumnaya L.A. (2020). *Migratsiya tyazhelykh metallov v sisteme beregovoi grunt — donnye otlozheniya — rasteniya reki Khodtsa v period letnei mezheni 2019* [Migration of heavy metals in the system of coastal soil — bottom sediments — plants of the Khodtsa River during the summer low water period of 2019]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (AGTU)*, no. 2, pp. 67-74.
5. Maksimova N.B., Morkovkin G.G. & Lavrent'eva A.A. (2003). *Otsenka toksichnosti i zagryaznenosti pochv metodom fitoindikatsii* [Assessment of soil toxicity and contamination using the phytoindication method]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 2, pp. 106-112.
6. Mikhailova I.N. & Alekseeva V.A. (2017). *Dinamika rosta bioindikatora krest salata na pochve so snegosvalki g. Cheboksary* [Growth dynamics of the bioindicator cross lettuce on soil from a snow dump in Cheboksary]. *Nauchno issledovatel'skie publikatsii*, no. 2, pp. 21-27.
7. Svistova I.D. (2019). *Metodicheskie podkhody k opredeleniyu fitotoksicheskoi aktivnosti pochvy i pochvennykh mikroorganizmov* [Methodological approaches to determining the phytotoxic activity of soil and soil microorganisms]. *Lesotekhnicheskii zhurnal*, vol. 9, no. 2 (34), pp. 40-46. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.2/5.
8. Tepper E.Z., Shil'nikova V.K. & Pereverzeva G.I. (2004). *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology], Moscow, Drofa, 246p.
9. Galitskaya P. YU., Selivanovskaya S. YU. & Gumerova R.KH. (2014). *Testirovanie otkhodov, pochv, materialov s ispol'zovaniem zhivykh sistem* [Testing waste, soils, materials using living systems]. *Kazan': Kazan. un-t*, 57 p.
10. Wall D.H. (2012). *Soil Ecology and Ecosystem Services*. *Oxford University Press*, 406 p.

#### Информация об авторах:

**Макаханюк Жанна Сергеевна**, соискатель, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1660-3300>, [Nanochka16@mail.ru](mailto:Nanochka16@mail.ru)

**Замана Светлана Павловна**, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры цифрового земледелия и ландшафтной архитектуры, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7027-364X>, [svetlana.zamana@gmail.com](mailto:svetlana.zamana@gmail.com)

#### Information about the authors:

**Zhanna S. Makakhaniuk**, applicant, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1660-3300>, [Nanochka16@mail.ru](mailto:Nanochka16@mail.ru)

**Svetlana P. Zamana**, doctor of biological sciences, assistant professor, professor of the department of digital agriculture and landscape design, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7027-364X>, [svetlana.zamana@gmail.com](mailto:svetlana.zamana@gmail.com)



Научная статья  
 УДК 632.51(470.32)  
 doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_229

## ЗАСОРЕННОСТЬ КАК ФАКТОР ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО И ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ ПОСЕВОВ КУКУРУЗЫ

З.П. Оказова<sup>1,2</sup>, А.Г. Амаева<sup>2</sup>, А.П. Шутко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия  
<sup>2</sup>Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Грозный, Россия  
<sup>3</sup>Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

**Аннотация.** Вредоносность сорняков — это способность сорнополевого компонента к снижению урожайности полевых культур и ухудшению качества получаемой продукции, к снижению культуры земледелия, в целом. Цель исследования — изучение фитопатологического состояния посевов кукурузы в зависимости от степени засоренности. Исследования проводились на посевах раннеспелого гибрида кукурузы Краснодарский 291 АМВ в период 2020-2022 гг. в Грозненском районе Чеченской Республики. В агроценозе кукурузы были выявлены сорные растения, мониторинг численности которых можно использовать для оценки фитосанитарной безопасности сельскохозяйственных угодий. Тип засоренности в опыте сложный. С ростом количества сорных растений в посевах кукурузы их масса растет с 125,0 до 2016,0 г/м<sup>2</sup>, также возрастает распространенность болезней растений кукурузы. Так, на фоне минимальной засоренности заболеваемость пузырчатой головней составила всего 0,16%, а фузариозом початков — 0,13%. С ростом степени засоренности эти показатели растут: 9,28 и 7,38%, соответственно, 39,21% — от урожая на контроле получено при максимальной засоренности посева. Критический период вредоносности сорняков в посевах кукурузы — первые 30 дней с момента появления всходов. Более того, в сильно засоренных посевах, в силу складывающегося микроклимата, создаются благоприятные условия для распространения грибов — возбудителей болезней кукурузы.

**Ключевые слова:** сорнополевой компонент, вредоносность, урожайность, критический период вредоносности, распространение заболеваний, фузариоз початка, флористический состав, потери урожая

Original article

## WEED CONTROL AS A FACTOR OF PHYSIOLOGICAL AND PHYTOPATHOLOGICAL WELL-BEING OF CORN CROPS

Z.P. Okazova<sup>1,2</sup>, A.G. Amaeva<sup>2</sup>, A.P. Shutko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Chechen State Pedagogical University, Grozny, Russia  
<sup>2</sup>Chechen State University named after. A.A. Kadyrov, Grozny, Russia  
<sup>3</sup>Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

**Abstract.** The harmfulness of weeds is the ability of the weed component to reduce the yield of field crops and deteriorate the quality of the resulting products, to reduce the level of farming in general. The purpose of the study is to study the phytopathological state of corn crops depending on the degree of infestation. The studies were carried out on crops of the early ripening corn hybrid Krasnodar 291 AMB in the period 2020-2022. in the Grozny region of the Chechen Republic. In the agroecocenosis of corn, weeds were identified, monitoring the number of which can be used to assess the phytosanitary safety of agricultural land. The type of contamination in the experiment is complex. With an increase in the number of weeds in corn crops, their weight increases from 125.0 to 2016.0 g/m<sup>2</sup>, and the prevalence of corn plant diseases also increases. Thus, against the background of minimal infestation, the incidence of bladder smut was only 0.16%, and fusarium cob disease — 0.13%. As the degree of contamination increases, these figures increase: 9.28 and 7.38%, respectively. 39.21% of the control yield was obtained with maximum weed infestation. The critical period for the harmfulness of weeds in corn sowing is the first 30 days from the moment of emergence. Moreover, in heavily weeded crops, due to the prevailing microclimate, favorable conditions are created for the spread of fungi — pathogens of corn diseases.

**Keywords:** weed component, harmfulness, yield, critical period of harmfulness, spread of diseases, fusarium cob, floristic composition, yield loss

**Введение.** Сорными растениями, по мнению большинства ученых-герботологов можно считать растения, произрастающие в нетипичных местах, засоряющие посевы сельскохозяйственных культур и снижающие уровень культуры земледелия и в конечном итоге урожайность [1, 8]

Благодаря высокому уровню адаптации к условиям произрастания, низкой требовательности к обеспеченности факторами жизни повсеместно имеет место высокая засоренность сельскохозяйственных угодий. На современном этапе, по результатам обследований сельскохозяйственных угодий можно сделать вывод, что лишь 1/10 часть пашни незначительно засорена, более половины площадей засорены в средней и сильной степени [10].

Вредоносность сорняков — это способность сорнополевого компонента к снижению урожайности полевых культур и ухудшению

качества получаемой продукции, к снижению культуры земледелия, в целом. [5, 6, 11].

**Цель исследования** — изучение фитопатологического состояния посевов кукурузы в зависимости от степени засоренности.

**Методы исследования.** В работе использованы Методические указания по изучению экономических порогов и критических периодов вредоносности сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур [3].

**Экспериментальная база.** Место проведения исследования — Грозненский район Чеченской Республики; период проведения — 2020-2022 гг.; объект — раннеспелый гибрид кукурузы Краснодарский 291 АМВ.

**Результаты и обсуждение.** В ходе обследования посевов кукурузы обнаружены сорняки, представители 18 семейств: *Echinochloa crus-galli* (L.) *Avena fatua* (L.), *Setaria viridis* (L.), *Elytrigia repens* (L.), *Ambrósia artemisiifolia* (L.),

*Ambrosia trifida* (L.), *Abutilon theophrasti* (Medicus), *Conyza Canadensis* (L.), *Chenopodium album* (L.), *Mentha arvensis* (L.), *Cynodon dactylon* (L.), *Papaver rhoeas* (L.), *Asclepias syriaca* (L.) и др. [2, 7].

В агроценозе кукурузы были выявлены сорные растения, мониторинг численности которых можно использовать для оценки фитосанитарной безопасности сельскохозяйственных угодий.

Тип засоренности в опыте сложный: однолетние — 55,0%, многолетние, — 45,0% [4, 9].

Индикатором нормального роста и развития полевых культур можно считать интенсивность процессов фотосинтеза [10, 12].

С увеличением плотности размещения сорняков до тах содержание хлорофилла «а» снизилось в 2,41 раза, хлорофилла «в» — в 2,1 раза; содержание хлорофиллов изменялось неравномерно (рис.1).

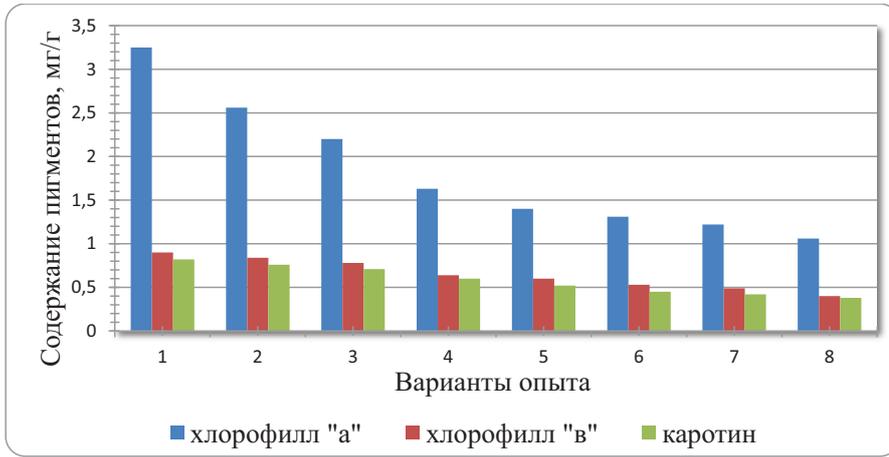


Рисунок 1. Содержание пигментов в листьях гибрида кукурузы Краснодарский 291 АМВ (мг/г) (2020-2022 гг.)  
Figure 1. Pigment content in the leaves of the corn hybrid Krasnodar 291 АМВ (mg/g) (2020-2022)

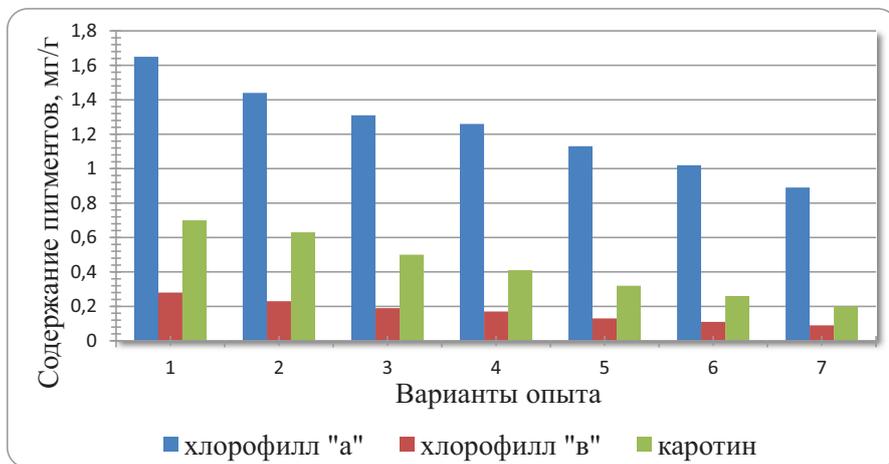


Рисунок 2. Содержание пигментов в листьях щетинника сизого (мг/г) (2020-2022 гг.)  
Figure 2. Pigment content in the leaves of the glaucous bristlecone (mg/g) (2020-2022)

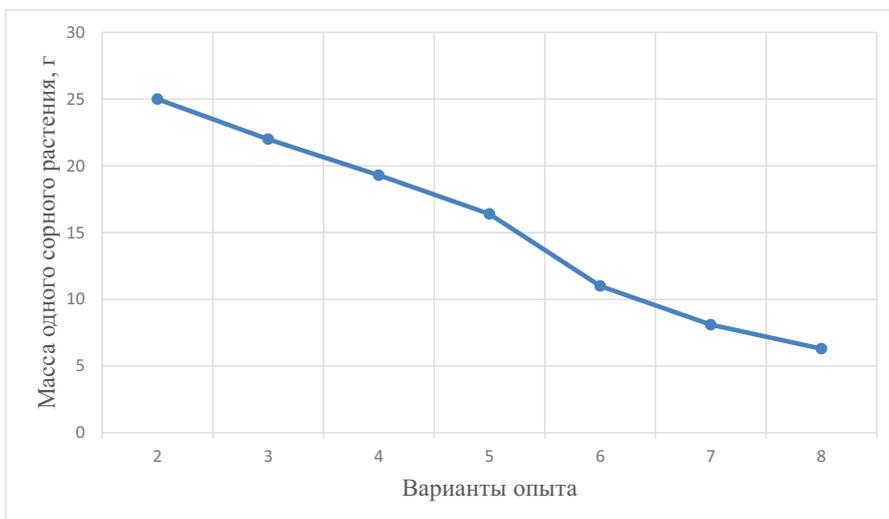


Рисунок 3. Влияние плотности размещения сорняков на интенсивность накопления биомассы щетинника сизого (2020-2022 гг.)  
Figure 3. Effect of weed density on the intensity of biomass accumulation of blue foxtail (2020-2022)

Основное сорное растение в опыте — щетинник сизый.

Содержание пигментов при минимальной плотности произрастания сорняков на единицу площади посева кукурузы — 1,11 и 0,24 мг/г, каротина — 0,66 мг/г (рис.2).

С ростом плотности размещения сорных растений интенсивность фотосинтеза снижается. При этом, содержание каротина в листьях сорного растения снижается с большей скоростью.

Увеличение численности сорных растений отражается и на скорости накопления биомассы сорняков. Изменение массы одного сорного растения исследовалось также на примере щетинника сизого (рис.3).

Масса сорных растений при минимальной плотности произрастания 125,0 г/м<sup>2</sup>, с ростом она увеличивается: 2016,0 г/м<sup>2</sup>. Таким образом, воздушно-сухая масса сорнополевого компонента возрастает в 16 раз. При этом масса одного экземпляра сорного растения снижается до 6,3 г, что составляет 25% от массы при минимальной засоренности. Таким образом имеют место два вида конкуренции: внутривидовая и межвидовая.

Необходимо рассмотреть последствия совместного произрастания культурных и сорных растений, в частности влияние сорных растений на рост и развитие растений кукурузы.

На варианте чистом от сорных растений высота растений кукурузы 230,0 см. На фоне максимальной засоренности этот показатель снизился и составил 119,0 см или 51,73% от высоты на контроле (табл. 1).

Как видно из таблицы, с ростом степени засоренности возрастает распространенность болезней кукурузы. Так, на фоне минимальной засоренности заболеваемость пузырчатой головней составила всего 0,16%, а фузариозом початков — 0,13%. С ростом степени засоренности эти показатели растут: 9,28 и 7,38%, соответственно.

На фоне максимальной засоренности количество растений, имеющих 2 початка сократилось. Так, на контроле без сорных растений на всех растениях кукурузы было 2 початка. При максимальной засоренности 2 початка имели лишь 20% растений. При этом сократилась масса одного початка и выход зерна с него.

Урожайность раннеспелого гибрида Краснодарский 291 АМВ составила 10,28 — 4,03 т/га: с ростом плотности размещения сорных растений на единицу площади потери урожая достигли 60,79% (табл.2, рис. 4).

Урожайность на контроле в 2020-2022 гг. — 10,8 т/га. На фоне максимальной засоренности посева урожайность снизилась и составила 4,03 т/га, потери достигли 60,79%.

При оценке всего периода исследований необходимо отметить, что оптимальным для роста и развития растений кукурузы был 2020 год, когда среднемесячная температура была близка к среднепогодным значениям, осадки выпадали равномерно в течение всего вегетационного периода. 2022 год, напротив отличался превышением среднемесячной температуры в сравнении со среднепогодными значениями в июле и осадки ливневого характера с градом и порывистым ветром в июне. Таким образом, растения кукурузы находились в стрессовом состоянии, что не могло не отразиться на урожайности.

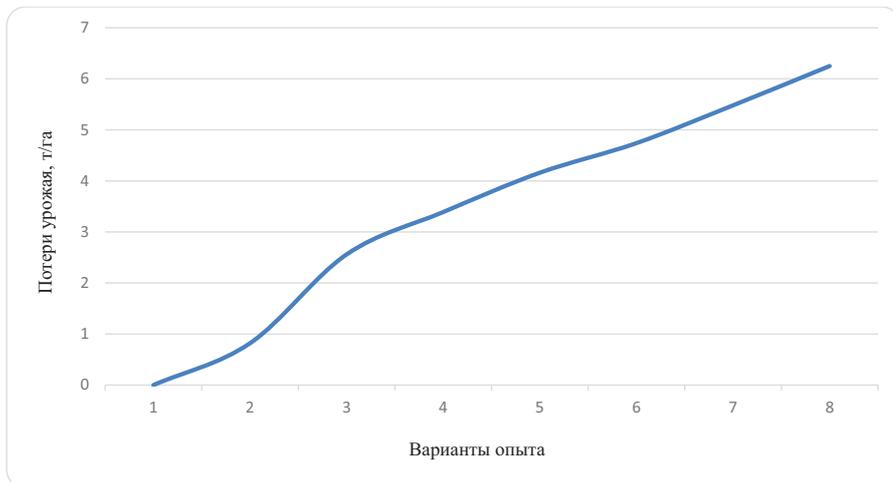


Рисунок 4. Влияние плотности размещения сорняков на единице площади на потери урожая раннеспелого гибрида кукурузы Краснодарский 291 АМВ (2020-2022 гг.)

Figure 4. Effect of weed density per unit area on yield losses of the early maturing corn hybrid Krasnodar 291 AMV (2020-2022)

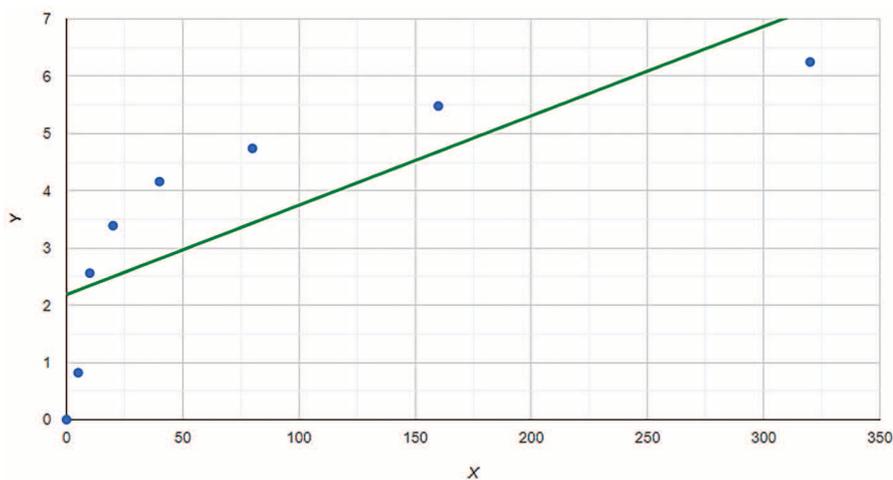


Рисунок 5. Корреляционная зависимость потерь урожая от степени засоренности посева

Figure 5. Correlation dependence of yield losses on the degree of weediness of the crop

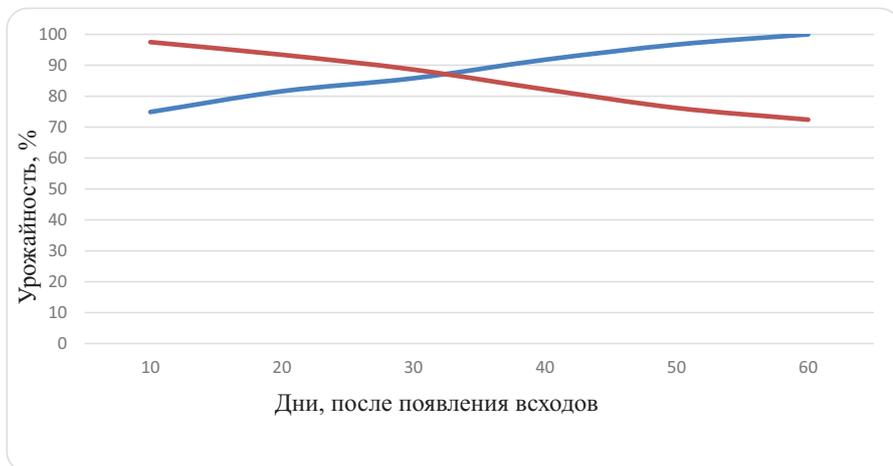


Рисунок 6. Критический период вредоносности сорняков в посевах кукурузы, гибрид Краснодарский 291 АМВ (2020-2022 гг.)

Figure 6. Critical period of weed damage in corn crops, hybrid Krasnodar 291 AMV (2020-2022)

Определяется корреляционная зависимость между численностью сорных растений посева кукурузы и потерями урожая раннеспелого гибрида Краснодарский 291 АМВ, коэффициент корреляции составил 0,7891, имеет место выраженная коррелятивная зависимость ( $r > 0,7$ ), уравнение регрессии:  $Y = 0,0156x + 2,1853$  (рис. 5).

На рисунке показано графическое определение критического периода вредоносности сорных растений в посевах кукурузы. Это первые 30 дней с момента появления всходов.

**Область применения результатов.** Целесообразно полученные результаты применять при разработке регистра мероприятий по борьбе с сорняками.

**Вывод.** С ростом количества сорных растений в посевах кукурузы их масса растет с 125,0 до 2016,0 г/м<sup>2</sup>, также возрастает распространенность болезней растений кукурузы. Так, на фоне минимальной засоренности заболеваемость пузырчатой головней составила всего 0,16%, а фузариозом початков — 0,13%. С ростом степени засоренности эти показатели растут: 9,28 и 7,38%, соответственно. С увеличением плотности размещения сорняков на единице площади потери урожая — 60,79%. Критический период вредоносности сорняков в посевах кукурузы — первые 30 дней с момента появления всходов. Более того, в сильно засоренных посевах, в силу складывающегося микроклимата, создаются благоприятные условия для распространения грибов — возбудителей болезней кукурузы.

**Список источников**

1. Адаев Н.Л., Оказова З.П., Амаева А.Г., Накаева А.А. Критические периоды вредоносности сорных растений агроценоза кукурузы. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023624842 от 21.12.2023. Заявка № 2023624244 от 23.11.2023.
2. Адиньяев Э.Д., Амаева А.Г., Палаева Д.О. и др. Водопотребление гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции в степной зоне Чеченской Республики // Известия Горского государственного аграрного университета. 2011. Т. 48, № 2. С. 12-17.
3. Адиньяев Э.Д., Абаев А.А., Адаев Н.Л. Учебно-методическое руководство по проведению исследований в агрономии. М.: Росагропромиздат, 2013. 234 с.
4. Березов Т.А., Оказова З.П. Анализ засоренности семенных посевов кукурузы // В мире научных открытий. 2012. № 11-5(35). С. 310-320.
5. Джуманазаров Х., Батыров А. Сорняки // Матрица научного познания. 2023. № 3-1. С. 134-136.
6. Несторенко С.Н., Говоруха О.Н. Биологические особенности и вредоносность сорняков в посевах кукурузы // Вестник Луганского национального университета имени Тараса Шевченко. 2018. № 1(12). С. 15-19.
7. Савва А.П., Тележенко Т.Н., Ковалев С.С. Биологический порог вредоносности просо куриного для растений кукурузы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 78. С. 110-114.
8. Шутко А.П. Экологический мониторинг в защите зерновых культур от фитопатогенов. Актуальные вопросы экологии и природопользования, Ставрополь, 07-08 октября 2014 года. Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2014. С. 89-93.
9. Chovancova S. Effect of Tillage Technology on Species Composition of Weeds in Monoculture of Maiz // International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering. 2014. № 8. P. 856-860.





Таблица 1. Влияние численности сорняков на рост и развитие растений кукурузы, фаза полной спелости (2020-2022 гг.)  
Table 1. Effect of weed numbers on the growth and development of corn plants, full ripeness phase (2020-2022)

Число сорняков в посеве	Высота растений		Высота прикр. 1 початка		Число растений с початками		Распространенность заболеваний, %	
	см	%	см	%	%	%	Пузырч. головня	Фузариоз початков
Число сорняков 0 шт./м <sup>2</sup>	230,0	100,0	70,0	100,0	100,0	100,0	0,00	0,00
5	180,0	78,26	68,0	97,14	100,0	100,0	0,16	0,13
10	169,0	73,47	65,0	92,85	98,0	2,00	0,24	0,19
20	156,0	67,82	62,0	88,50	96,5	3,50	1,12	0,97
40	143,8	62,52	56,0	80,00	95,9	4,10	3,58	2,76
80	139,4	60,60	52,0	74,28	91,0	9,00	5,89	4,55
160	124,5	54,13	47,0	67,14	89,0	11,00	8,42	7,30
320	119,0	51,73	40,8	58,28	84,00	16,00	9,26	7,38

Таблица 2. Численность сорняков и урожайность зерна кукурузы, гибрид Краснодарский 291 АМВ (2020-2022 гг.)  
Table 2. Number of weeds and grain yield of corn, hybrid Krasnodar 291 AMV (2020-2022)

Численность сорняков в посеве (шт./м <sup>2</sup> )	Урожайность, т/га				Потери урожая	
	2020	2021	2022	ср.	т/га	%
0	10,36	10,28	10,20	10,28	-	-
5	9,80	9,417	9,17	9,46	0,82	7,97
10	8,10	7,75	7,31	7,72	2,56	24,90
20	7,32	6,85	6,50	6,89	3,39	32,97
40	6,47	5,78	6,11	6,12	4,16	40,46
80	5,80	5,55	5,27	5,54	4,74	46,10
160	5,18	4,87	4,35	4,80	5,48	53,30
320	4,22	4,10	3,77	4,03	6,25	60,79
НСР <sub>05</sub> , т/га	0,08	0,11	0,15			

10. Raofi M. The effect of hand weeding and planting density on the yield, essential oil content and some morphological properties of peppermint (*Mentha Piperital*) in Hamadan // Journal Crop and weed. 2015. № 11. P. 154-160.

11. Rudska N.O. Influence of technological techniques and improvement of the system of protection of sunflower crops from weeds // Colloquium-Journal. 2021. № 16-2 (103). C. 22-30.

## References

1. Adaev N.L., Okazova Z.P., Amaeva A.G., Nakaeva A.A. Critical periods of harmfulness of weeds in the maize agrocenosis. Certificate of state registration of the database № 2023624842 dated 21.12.2023. Application № 2023624244 dated 23.11.2023.

2. Adinyaev E.D., Amaeva A.G., Palaeva D.O. and others (2011). Water consumption of corn hybrids of domestic and foreign selection in the steppe zone of the Chechen Republic.

News of the Mountain State Agrarian University, vol. 48, no. 2, pp. 12-17.

3. Adinyaev E.D., Abaev A.A., Adaev N.L. (2013). Educational and methodological guide to conducting research in agronomy. Moscow: Rosagropromizdat, 234 p.

4. Berezov T.A., Okazova Z.P. (2012). Analysis of weediness in corn seed crops. In the world of scientific discoveries, no. 11-5(35), pp. 310-320.

5. Jumanazarov Kh., Batyrov A. (2023). Weeds. Matrix of scientific knowledge, no. 3-1, pp. 134-136.

6. Nestorenko S.N. (2018). Biological features and harmfulness of weeds in corn crops. Bulletin of Lugansk National University named after Taras Shevchenko, no. 1(12), pp. 15-19.

7. Savva A.P., Telezhenko T.N., Kovalev S.S. (2019). Biological threshold of harmfulness of millet for corn plants. Proceedings of the Kuban State Agrarian University, no. 78, pp. 110-114.

8. Shutko A.P. (2014). Environmental monitoring in the protection of grain crops from phytopathogens. Current issues of ecology and environmental management, Stavropol, october 07-08, pp. 89-93.

9. Chovancova S. (2014). Effect of Tillage Technology on Species Composition of Weeds in Monoculture of Maiz. International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering, no. 8, P. 856-860.

10. Raofi M. (2015). The effect of hand weeding and planting density on the yield, essential oil content and some morphological properties of peppermint (*Mentha Piperital*) in Hamadan. Journal Crop and weed, no. 11, P. 154-160.

11. Rudska N.O. (2021). Influence of technological techniques and improvement of the system of protection of sunflower crops from weeds. Colloquium-Journal, no. 16-2 (103), pp. 22-30.

## Информация об авторах:

**Оказова Зарина Петровна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, Чеченский государственный педагогический университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4405-7725>, okazarina73@mail.ru

**Амаева Асет Ганиевна**, кандидат биологических наук, доцент, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6415-5832>, aaset-6666@mail.ru

**Шутко Анна Петровна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3517-257X>, schutko.an@yandex.ru

## Information about the authors:

**Zarina P. Okazova**, doctor of agricultural sciences, professor of the department of ecology and life safety, Chechen State Pedagogical University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4405-7725>, okazarina73@mail.ru

**Aset G. Amaeva**, candidate of biological sciences, associate professor, Chechen State University named after A.A. Kadyrova, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6415-5832>, aaset-6666@mail.ru

**Anna P. Shutko**, doctor of agricultural sciences, professor, Stavropol State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3517-257X>, schutko.an@yandex.ru



Научная статья

УДК 631

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_233

# ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОГРАНИЧЕННЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ МЕТОДАМИ ЭВОЛЮЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Л.В. Кирейчева<sup>1</sup>, Д.А. Рогачев<sup>1</sup>, И.Ф. Юрченко<sup>1</sup>, А.Ф. Рогачев<sup>2</sup><sup>1</sup>Всероссийский научно — исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Москва, Россия<sup>2</sup>Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия

**Аннотация.** Цель настоящей работы — совершенствование системного водораспределения на орошение в условиях дисбаланса спроса и предложения поливной воды на основе многокритериальной оптимизации методом эволюционно-генетического программирования. Методика исследований включала информационно-аналитический подход, оптимизационное моделирование, методы искусственного интеллекта (генетические алгоритмы эволюционного программирования). Разработана и апробирована универсальная многокритериальная, нелинейная целевая функция оптимизации, включающая критерии эффективности эксплуатационной организации и хозяйств — водопользователей. К ним относятся: максимум площади орошаемых земель, дохода водохозяйственной организации и стоимости валового объема продукции растениеводства с орошаемых земель. Рассмотрены научно-методические направления использования генетических алгоритмов в задачах оптимизации системного распределения ограниченных водных ресурсов на орошении. Установлена возможность и эффективность применения генетического алгоритма для оптимизации многокритериальной целевой функции. Выбор решения по показателям многократных имитаций конкуренции и улучшений повышает масштабы сложно устроенного пространства поиска решений и, вследствие универсальности позволяет получить результат, когда традиционные методы не работают или их реализация требует неприемлемо много времени. Тестирование модели на данных Городищенской оросительной системы Волгоградской области, выявило прогнозируемое увеличение эффективности управленческого решения на 10% в сравнении с традиционно практикующимся подходом. Результат достигается за счет повышения качества планирования и управления водораспределением в условиях маловодья, чрезвычайной ситуации, иных форс-мажорных обстоятельств на основе информационной поддержки решений инновационными методами теории управления: многокритериальным моделированием с использованием генетического программирования, базирующегося на методах искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** межхозяйственная оросительная система, многокритериальная оптимизация водораспределения, экономико-математическое моделирование, искусственный интеллект, эволюционно-генетическое программирование

Original article

## OPTIMIZATION OF THE DISTRIBUTION OF LIMITED WATER RESOURCES BY METHODS OF EVOLUTIONARY GENETIC PROGRAMMING

L.V. Kireicheva<sup>1</sup>, D.A. Rogachev<sup>1</sup>, I.F. Yurchenko<sup>1</sup>, A.F. Rogachev<sup>2</sup><sup>1</sup>All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russia<sup>2</sup>Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

**Abstract.** The purpose of this work is to improve the system of water distribution for irrigation in conditions of water scarcity on the basis of multi-criteria optimization by the method of evolutionary genetic programming. The methodological basis of the research was the information -analytical approach; optimization modeling; artificial intelligence methods (genetic algorithms of evolutionary programming). A universal multi-criteria, nonlinear optimization objective function has been developed and tested, including criteria for the effectiveness of the operational organization and water user farms. These include: the maximum area of irrigated land, the income of the water management organization and the gross volume (in monetary terms) of crop production from irrigated land. The scientific and methodological directions of the use of genetic algorithms in the optimization of the distribution of limited water resources on inter-farm irrigation systems are considered. The possibility and effectiveness of using a genetic algorithm to optimize a multi-criteria objective function is established. Choosing a solution based on the indicators of multiple imitations of competition and improvements increases the scale of a complex solution search space and, as a result, universality allows you to get results when traditional methods do not work or their implementation requires an unacceptably long time. Testing of the developed model, carried out on the data of the Gorodishchenskaya irrigation system of the Volgograd region, revealed a projected increase in the effectiveness of the management decision by 10% in comparison with the traditionally practiced approach. The result is achieved by improving the quality of planning and management of water distribution in conditions of water scarcity on the basis of information support of decisions by innovative methods of management theory: multi-criteria modeling using genetic programming based on artificial intelligence methods.

**Keywords:** inter-farm irrigation system, multi-criteria optimization of water distribution, economic and mathematical modeling, artificial intelligence, evolutionary genetic programming

**Введение.** Актуальность научных исследований по повышению эффективности водопользования обусловлена его сильнейшим влиянием на состояние ресурсного потенциала страны: водные ресурсы и почвенное плодородие, экологически устойчивые, высокопродуктивные агроэкосистемы.

Проблемы и задачи планирования, реализации, совершенствования и развития водопользования на орошении в разное время и с различным успехом издавна рассматривались в трудах многих советских и российских ученых, что, в целом, способствовало становлению

эффективного агропроизводства на мелиорированных землях в соответствии с возможностями конкретного периода его развития.

Сейчас планирование водоподдачи пользователям межхозяйственных оросительных систем (ОС) выполняется эксплуатационной водохозяйственной организацией на основе декадных заявок в границах общего лимита ресурсов производственно-финансового плана водохозяйственной организации.

При дефиците поливной воды приоритеты отдаются водопользователям, гарантирующим максимальное поступление денежных средств,

затем водораспределение осуществляется в соответствии с предпочтениями ЛПР (лица, принимающего решение), и только потом — всем остальным по остаточному принципу. Как следствие, оптимизация распределения водных ресурсов не выполняется, последствия принятого решения не рассматриваются, эффективность планируемых мероприятий не оценивается, а экологические ограничения игнорируются.

Все это способствует формированию проблемы нарушения базовых принципов, декларируемых плановым водопользованием — равноправности водопотребителей и непрерывности

водоподачи, усугубляющейся в периоды дефицита водообеспеченности орошения. Выполненные исследования выявили наряду с высоким потенциалом и актуальностью решения задач по повышению уровня научного обоснования принимаемых решений в сфере оптимизации системного водораспределения необходимость совершенствования, модернизации и трансформации методов и способов ее реализации.

Согласно мировому опыту и отечественной практике приоритетным направлением снижения риска планирования и оперативной реализации водоподачи на ОС в современных реалиях становится использование компьютерных систем управления технологическими процессами и производством. Они базируются на методологическом подходе, гарантирующем оптимизацию управленческих решений, принимаемых в конкретных условиях неполноты и неопределенности сведений и информации, требующих обработки больших массивов данных.

Эффективное решение проблемы системного водораспределения в условиях дефицита водных ресурсов гарантирует методология оптимизационного экономико-математического моделирования, обеспечивающая достижение оптимальных (рациональных) экономических результатов агропроизводства на орошении. Состав и структура конкретной модели определяется характером решаемой задачи и выбором целевой функции.

Ввиду многокритериальности задачи планирования водораспределения, обусловленной необходимостью учета интересов всех его участников и/или нелинейности целевой функции, для решения оптимизационной задачи требуется использование специальных инновационных алгоритмов.

**Литературный обзор.** Аналитическими и прикладными проблемами автоматизации планирования водораспределения в условиях дефицита водных ресурсов в последнее время занимались И. Бегимов, А. Бубер, С. Васильев, Ю. Добрачев, В. Духовный, Ю. Домашенко, Л. Кирейчева, С. Найденов, Г. Ольгаренко, И. Ольгаренко, И. Юрченко и другие исследователи [1-4].

Показано, что в задачах планирования водораспределения при заданном лимите водоподачи, в качестве целевой функции рекомендуются многочисленные критерии монофункциональной оптимизации, не отличающиеся общностью подхода к специфике объекта моделирования и решаемой задачи, таких как стохастичность, многокритериальность, большой объем данных и масштабность распределения по территории. Вместе с тем отсутствуют эффективные решения, способствующие практическому применению уже имеющихся предложений по ликвидации назревшей проблемы повышения эффективности водопользования на орошении.

Достаточно широко тематика оптимизации управления водными ресурсами освещается и в зарубежных публикациях [5-8]. Изучение и анализ материалов выявил актуальность решения таких задач, как:

- оптимизации водораспределения в условиях климатической неопределенности;
- принятия решений для выбора наилучших стратегий управления водными ресурсами;
- учет заинтересованности участников в планировании управленческих решений;
- предотвращение конфликтных ситуаций потенциально противоречивых плановых решений.

В настоящее время на смену традиционному поиску решений при многокритериальности и/или нелинейности целевой функции управления все чаще приходят активно развивающиеся алгоритмы эволюционно-генетического метода искусственного интеллекта [9,10].

Основы организации эволюционных вычислений исследовались в статьях А.И. Имамудинова, Т. Н. Кондратьева [11, 12]. Отдельные методические вопросы использования генетических алгоритмов (ГА) и специфики их программной реализации представлен в публикациях С. Родзина, А. Звезинцева, И. Квятковской [13].

Методологические вопросы программной реализации эволюционно-генетических алгоритмов, не требующих вычисления производных целевой функции (ЦФ), описаны в публикациях А. Иванова, Ф. Беляева, А. Волкова [14].

Природоподобные генетические алгоритмы обеспечивают решение большого ряда сложных задач в условиях, когда традиционные математические подходы недостаточно эффективны. Они позволяют оптимизировать расписания, упростить оптимизацию, не дифференцировать функции, выполнять реконструкцию изображений и многое другое. По аналогии с тем, как природные организмы эволюционируют посредством двух основных процессов — естественного отбора и размножения — ГА обеспечивает глобальный эволюционный поиск оптимального сочетания параметров совершенствуемой системы, что определяет универсальность его использования.

В то же время, возможности и эффективность реализации эволюционно-генетических алгоритмов для решения специфической многокритериальной задачи — оптимизации распределения воды с учетом ограничений требует дополнительных исследований.

Целью настоящей работы является совершенствование системного водораспределения на орошение в условиях превышения спроса поливной воды над предложением с использованием многокритериальной оптимизации методами эволюционно-генетического программирования.

**Методы и материалы.** Материалом исследований служили: данные научно — исследовательских работ, публикации о теории и практике формирования, внедрения и использования управленческих решений по оптимизации технологических процессов производства, включая оптимизацию системного водораспределения в мелиоративном секторе АПК, а также результаты собственных разработок авторов.

В качестве методического направления планирования системного водораспределения в условиях дефицита водных ресурсов использовались: информационно — аналитический подход; теория оптимизационного моделирования; методы искусственного интеллекта (эволюционно-генетическое программирование, генетические алгоритмы).

Представленная в составе настоящих исследований многокритериальная экономико-математическая модель оптимизации планирования водораспределения обеспечивает поиск компромиссного решения по выполнению целевых установок участников процесса системного водопользования: водохозяйственной организации и хозяйства — водопользователей. Функция цели модели максимизирует площадь

орошения, объем производства сельскохозяйственной продукции на орошении и доход от реализации плана водораспределения.

Для поиска решения целевая функция приводится к безразмерному виду, для чего ее компоненты нормируются своей максимальной величиной, соответствующей параметрам водопользования, заявленным потребителями.

Оптимизация нелинейной целевой функции (ЦФ) осуществляется методом эволюционно-генетическим программированием, одним из важнейших направлений теории искусственного интеллекта. Генетические алгоритмы (ГА) позволяют исследовать гораздо большее разнообразие возможных решений проблемы по сравнению с методами линейного программирования за счет пересчета элементов формируемой совокупности ЦФ с использованием операторов отбора, скрещивания и мутации, что определяет пригодность анализируемых элементов [15]. Структурная схема классического генетического алгоритма приведена на рисунке 1 по данным [15].

В настоящей работе реализован генетический алгоритм оптимизации нелинейных многокритериальных целевых функций на базе библиотеки DEAP (Distributed Evolutionary Algorithms in Python) [12]. Фреймворк DEAP (Распределенные эволюционные алгоритмы на Python) наряду с другими известными библиотеками, разработанными для реализации генетических алгоритмов на языке Python (GAFT, Pyevolve, PyGMO), удобен в использовании, обладает широким спектром функций, поддерживает расширяемость и снабжен подробной документацией (<http://deap.readthedocs.io/en/master>).

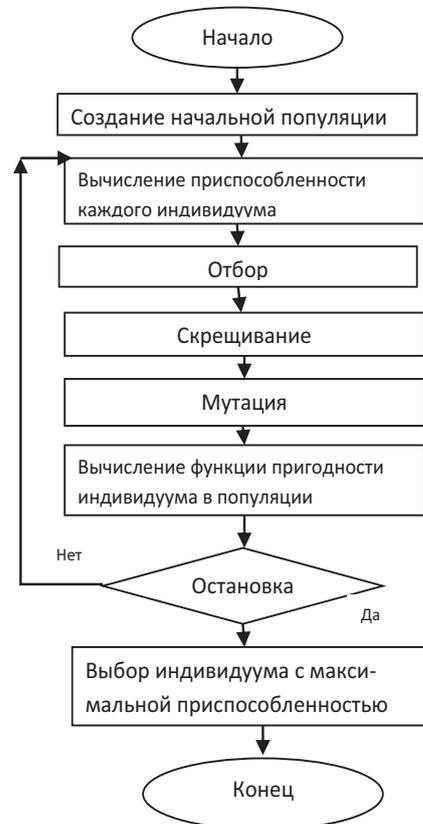


Рисунок 1. Структурная схема генетического алгоритма [15]  
Figure 1. Block diagram of the genetic algorithm [15]



**Результаты.** Оросительная вода является не только ресурсом, но и специфическим продуктом оросительных систем (ОС), гарантирующим устойчивость агропроизводства, организацию сельскохозяйственного водоснабжения, работу промышленных предприятий региона обслуживания. Значение воды в экономике ее потребителей очевидно и постоянно возрастает, что требует перманентного повышения эффективности деятельности мелиораторов.

По результатам выполненного анализа теории и практики моделирования процессов орошаемого агропроизводства установлено, что в качестве целевой функции в задачах планирования водораспределения при заданном лимите водоподдачи рекомендуется применять следующие критерии монофункциональной оптимизации [16]:

- максимум орошаемых площадей при заданном объеме поливной воды;
- наилучший финансовый результат водохозяйственной организации;
- минимум потерь урожая от недополива;
- максимальное соответствие прогнозируемой в условиях дефицита водных ресурсов продуктивности агроценозов заявленной;
- максимум прибыли сельхозтоваропроизводителей;
- минимум и/или равномерность недополива посевных площадей;
- минимум потерь воды;
- минимальные отклонения фактической водоподдачи и коэффициента использования оросительной воды от условно-нормативных значений;
- минимум затрат электроэнергии.

Представленная выше выборка критериев обуславливает сугубо дифференцированный подход к учету интересов участников водопользования. Преимущественно предлагаемые критерии ориентированы на обеспечение целей водопотребителей и, в гораздо меньшей степени, вплоть до их полного игнорирования на решение задач водохозяйственной организации. Формализованная постановка задачи оптимизации системного водораспределения с непосредственным учетом интересов эксплуатационной службы ОС в практике мелиоративного водохозяйственного комплекса отсутствует.

Для конструктивного решения проблемы повышения эффективности системного водораспределения выполнена постановка задачи его оптимизации на основе многокритериального моделирования, учитывающая интересы всех участников водопользования.

В качестве составляющей критерия оптимальности системного водораспределения, обеспечивающего эффективность функционирования водохозяйственной организации, принят его доход.

Учет интересов водопотребителей в представленных выше критериях оптимизации системного водораспределения, как правило, базируется на показателях эффективности использования орошаемых земель, которые в настоящее время не входят в состав оросительной системы. Сложившаяся ситуация, очевидно, обусловлена наследием «прошлого»: плановой экономикой и государственной собственностью на землю. В современных условиях частной собственности на землю результаты оптимизации водораспределения по указанным критериям приобретают только рекомендательный характер.

Вместе с тем ответственность за мелиоративное состояние земель, покомандных оросительной системе осталась за водохозяйственной организацией [17], а отчетность по эксплуатации оросительных систем включает данные об использовании орошаемых земель [18, 19].

Согласно [20] «мелиорация земель осуществляется в целях повышения продуктивности и устойчивости земледелия, обеспечения гарантированного производства сельскохозяйственной продукции на основе сохранения и повышения плодородия земель, а также создания необходимых условий для вовлечения в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых и малопродуктивных земель и формирования рациональной структуры земельных угодий».

В соответствии с положениями «Правил эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений», утвержденных Минсельхозом России, водораспределение должно осуществляться с учетом рационального использования оросительной воды.

Таким образом, формируется причинно обоснованная направленность планирования системной водоподдачи, обеспечивающей повышение эффективности использования орошаемых земель. Последнее реализуется требованием максимизации, как площади полива для конкретных природно-хозяйственных условий функционирования оросительной системы, так и валового объема продукции растениеводства (в денежном исчислении) с орошаемых земель, что соответствует целям водопользователей.

При лимитированном (фиксированном) объеме водораспределения максимизируемая многокритериальная целевая функция  $Z_{max}$  имеет вид (1) с рассмотренными ниже организационно-технологическими ограничениями.

$$Z_{max} = f(F_{bx}, S(x_{ij}), F_{cx}) \Rightarrow \max \quad (1)$$

где  $F_{bx}$  и  $F_{cx}$  — финансовые показатели подачи оросительной воды и возделывания сельскохозяйственных культур, тыс. руб;  $x_{ij}$  — площадь орошения  $i$  культуры  $j$  водопользователя, га;  $j = 1, 2, \dots, m$  — индекс хозяйства водопользователя;  $S(x_{ij})$  — суммарная площадь орошения на системе, га.

Суммарный доход водохозяйственной организации от подачи оросительной воды, определяется по разности значений выручки и затрат (2).

$$F_{bx} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (c_j - r_j) W_{ij} \quad (2)$$

$$W_{ij} = M_{ij} x_{ij}; \quad \sum_{j=1}^m x_{ij} \geq S_i; \quad \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n W_{ij} = W;$$

где  $c_j$  — удельная стоимость водоподдачи для  $j$ -водопользователя, руб./тыс. м<sup>3</sup>;  $r_j$  — удельные затраты на водоподдачу  $j$ -водопользователю, руб./тыс. м<sup>3</sup>;  $W_{ij}$  — объем водоподдачи на полив  $i$  культуры  $j$  водопользователю, тыс. м<sup>3</sup>;  $M_{ij}$  — оросительная норма  $i$ -ой культуры  $j$  водопользователя, тыс. м<sup>3</sup>/га;  $W$  — общий объем водоподдачи на ОС, тыс. м<sup>3</sup>;  $S_i$  — площадь орошения  $i$  культуры на системе. Остальные обозначения ясны из предыдущего текста.

Валовой объем производства продукции растениеводства в денежном исчислении  $F_{cx}$  со всей площади орошаемых земель определяется зависимостью (3):

$$F_{cx} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n z_i x_{ij} y_{ij}, \quad (3)$$

где  $z_i$  — закупочная цена  $i$  орошаемой культуры, руб./т;  $y_{ij}$  — урожайность  $i$  культуры  $j$ -водопользователя, т/га. Остальные обозначения приведены выше.

Итоговая целевая функция  $Z_{max}$  экономико-математической модели, максимизирующей финансовые результаты подачи воды, производства сельскохозяйственной продукции и суммарную площадь орошаемых земель с учетом их имеет вид (4) при ограничениях (5).

$$Z_{max} = (\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (c_j - r_j) * w_{ij}) / D_z + (\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n z_i x_{ij} y_{ij}) / B_z + (\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}) / S_z \Rightarrow \max \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \geq S_i; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n w_{ij} = W_j;$$

$$\sum_{i=1}^n M_{ij} x_{ij} = W_j;$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n w_{ij} = W;$$

где  $D_z$ ,  $B_z$ ,  $S_z$  — соответственно доход от водоподдачи эксплуатационной организацией ОС, стоимость валового объема производства продукции на орошении и площадь орошения при заявленной водоподдаче;  $W_j$ ,  $W_j$  — объем водоподдачи на полив  $i$  культуры всех водопользователей,  $j$  водопользователю для полива всех культур, тыс. м<sup>3</sup>. Остальные обозначения ясны из предыдущего текста.

Задачу многокритериальной оптимизации целевой функции (4) предлагается решать методом эволюционно — генетического программирования, инвариантным к виду целевой функции и не требующим вычисления ее частных производных.

С целью реализации модели планирования водораспределения и оценки влияния ее параметров на результат оптимизации, в работе выполнена адаптация программной надстройки «Поиск решения» программы MS Excel, разработанной Microsoft для оптимизации решений различными методами, включая генетический эволюционный алгоритм (рисунок 2).

Тестирование модели выполнялось на материалах службы эксплуатации Городищенской оросительной системы Волгоградской области. Фрагмент полученной оптимизированной матрицы эволюционной оптимизации водораспределения представлен на рисунке 3.

Оптимизация с использованием многокритериальной ЦФ повысила эффективность управленческого решения на 10% по сравнению с традиционным вариантом водораспределения, практикующим снижение водоподдачи потребителям пропорционально изменяющейся водообеспеченности оросительной системы (таблица 1).

В таблице 2 приводятся данные сравнительной оценки моно и много критериального подходов к оптимизации водораспределения. Они со всей очевидностью указывают на приоритетность последних.

Основной проблемой применения генетических алгоритмов является значительное время вычислений, обусловленное необходимостью многократного вычисления целевой функции при эвристически меняемых значениях параметров с использованием генетических операторов.

В составе исследований получена зависимость времени вычислений заданной модели от числа эпох обучения оптимизатора методом генетических вычислений. Квадратичная аппроксимация полученной зависимости времени вычислений от числа эпох обучения имеет вид

$$t = -0.0001n^2 + 0.0666n + 0.507 \quad (6)$$

где  $n$  — число эпох генетической оптимизации.



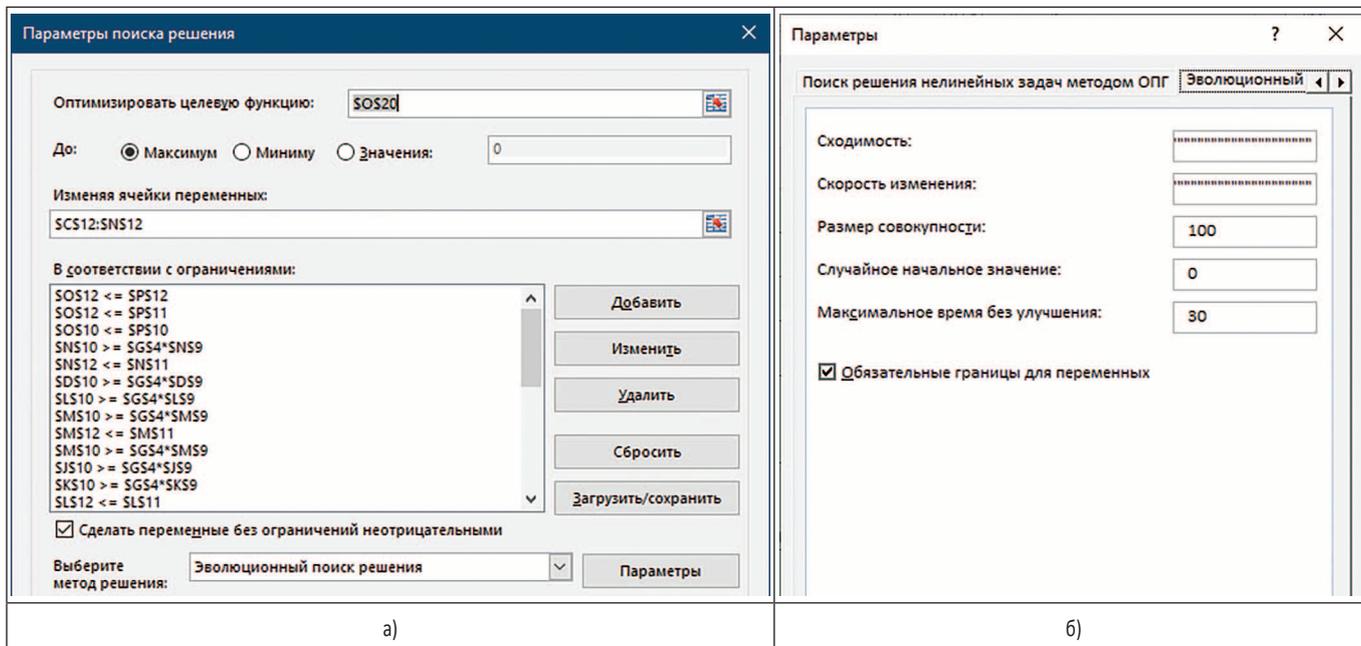


Рисунок 2. Задание ограничений (а) математической модели и параметров (б) процедуры эволюционной оптимизации в интерфейсе надстройки «Поиск решения»  
 Figure 2. Setting restrictions (a) of the mathematical model and parameters (b) of the evolutionary optimization procedure in the interface of the «Solution Search» add-in

Наименование показателя	ООО "Кузмичи" - Договор №0108			ИП Круглова М.Е. Договор №0204			ИП Эльяс Е.Д., Договор №1410			ИП Ложкин Я.Д., Договор №2606			Итого по ОС	
	Овощные	Зерновые	Кормовые	Овощные	Зерновые x5	Кормовые	Овощные	Зерновые	Кормовые	Овощные	Зерновые, x11	Кормовые	Оптимизированное значение	Предельное значение показателя
Водоподача заявка, тыс. м.куб	250	225	144	150	150	128	200	125	152	175	200	200		2099
Водоподача факт, оптимизир., тыс. м. куб	249.9998797	224.11	16.69	149.09	150.00	14.78	199.99	114.51	17.64	175.00	163.97	24.14	1499.93246	1500
Площадь орошения заявка, га	50	90	36	30	60	32	40	50	38	35	80	50		591
Площадь орошения оптимизир., га	50.00	89.65	4.17	29.82	60.00	3.70	40.00	45.80	4.41	35.00	65.59	6.03	434.17	591
Площадь орошения пропорц., га	35.73	64.31	25.73	21.44	42.88	22.87	28.58	35.73	27.15	25.01	57.17	35.73	422.32	102.80%
Выручка, руб.	500 000	448 228	33 374	298 189	300 000	29 564	399 976	229 022	35 287	350 000	327 950	48 276		
Удельные затраты, руб./тыс.м3	950	880.00	890.00	875.00	900.00	940.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	720.00		
Затраты, руб.	237 500	197 220	14 851	130 458	135 000	13 895	179 989	103 060	15 879	157 500	147 577	17 379		
Фин.результат оптимизированный, руб.	262 500	251 008	18 523	167 731	165 000	15 669	219 987	125 962	19 408	192 500	180 372	30 897	1 649 556	
Фин.результат при пропорциональном распределении, руб.	187 581	180 078	114 221	120 588	117 908	96 956	157 211	98 257	119 480	137 559	157 211	182 936	1 669 984	98.78%
Фин.результат при полном удовлетворении заявок, руб.	262 500	252 000	159 840	168 750	165 000	135 680	220 000	137 500	167 200	192 500	220 000	256 000	2 336 970	
Оросительная норма, тыс. м.куб/га	5	2.5	4	5	2.5	4	5	2.5	4	5	2.5	4		
Урожайность на поливе, т/га	36	5	25.5	36	5	25.5	36	5	25.5	36	5	25.5		
Базовая урожайность, т/га	20	2	15	20	2	15	20	2	15	20	2	15		
Кэф. отзывчивости на полив	1.8	2.5	1.7	1.8	2.5	1.7	1.8	2.5	1.7	1.8	2.5	1.7		
Закупочная цена продукции, руб./т	51200	14756	7256	51200	14756	7256	51200	14756	7256	51200	14756	7256		
Валов. стоим. продукц., план, руб.	92 160 000	6 640 200	6 661 008	55 296 000	4 426 800	5 920 896	73 728 000	3 689 000	7 031 064	64 512 000	5 902 400	9 251 400	335 218 768	
Вал. стоим. продукц., оптимизированная, руб.	92 159 956	6 614 057	771 893	54 962 224	4 426 796	683 771	73 723 500	3 379 441	816 143	64 511 991	4 839 224	1 116 549	308 005 546	
Вал. стоим. продукц., пропорциональная, руб.	65 856 968	4 745 046	4 759 915	39 514 181	3 163 364	4 231 036	52 685 574	2 636 137	5 024 355	46 099 878	4 217 819	6 610 993	239 545 265	128.58%

Рисунок 3. Фрагмент результирующей матрицы оптимизации плана водораспределения  
 Figure 3. Fragment of the resulting optimization matrix for the water distribution plan

Таблица 1. Результаты многокритериальной оптимизации  
 Table 1. Results of multi-criteria optimization

Варианты оптимизации	Нормированные показатели			
	Фин рез. в/х организации	Валовая стоимость продукции	Площадь орошения	ЦФ
Многокритериальная оптимизация	0,7058	0,9188	0,7347	2,3594
Пропорциональное распределение оросительной воды	0,7145	0,7145	0,7145	2,1435
				110,07%



Таблица 2. Сводные данные оптимизации водораспределения  
Table 2. Summary of water distribution optimization data

Критерии оптимизации		Площадь, орошения, га	Фин. рез. водохозяйственной организации, руб.	Валовая стоимость продукции, руб.	Интегральный нормированный результат	% к показателю интегральной оптимизации
1	Интегральный	434,2	1649556	308005546		
	Нормированное значение	0,7347	0,7058	0,9188	2,3594	
2	Стоимость валового объема продукции растениеводства	394,64	1647694	312711647		
	Нормированное значение	0,6677	0,7051	0,9329	2,3057	98,77
3	Доход водохозяйственной организации	421,13	1683846	235379468		
	Нормированное значение	0,7126	0,7205	0,7022	2,1353	90,51
4	Мак. площадь орошения	462,65	1679555	168728407		
	Нормированное значение	0,7828	0,7187	0,5033	2,0049	84,97

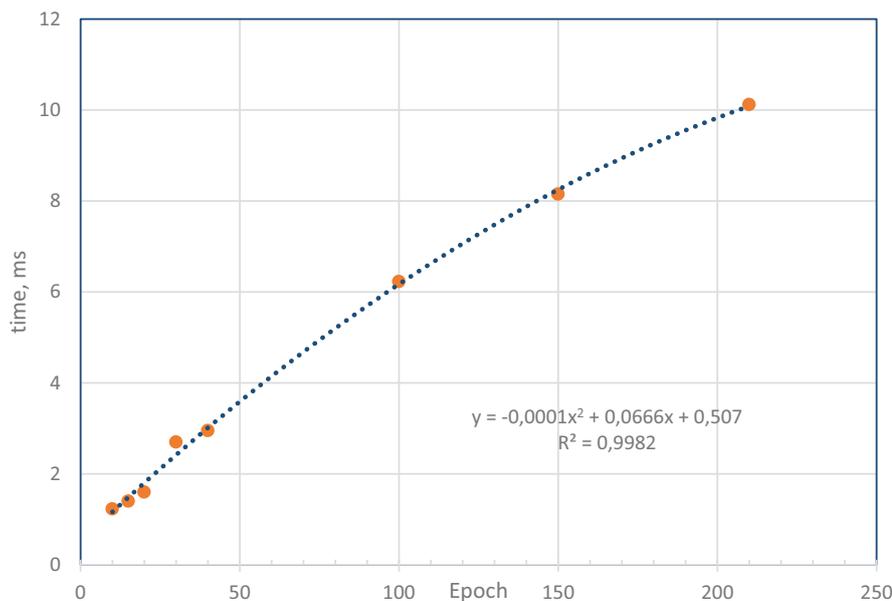


Рисунок 4. Зависимости времени оптимизации от числа эпох обучения генетического алгоритма  
Figure 4. Dependence of optimization time on the number of training epochs of the genetic algorithm

Анализ зависимости (6), график квадратичной аппроксимации которой приведен на рисунке 4, показывает, что при увеличении количества эпох ГА свыше 100...150, время вычисления изменится менее существенно, чем в начале процесса оптимизации.

Это можно использовать для повышения производительности процесса эволюционной оптимизации.

**Заключение.** Результаты анализа действующих в сфере отечественного водопользования научно — методических и практических подходов к распределению ограниченных водных выявили необходимость их совершенствования, модернизации и трансформации на основе оптимизационного экономико-математического моделирования, обеспечивающего достижение планируемых экономических результатов водохозяйственного комплекса в условиях устойчивого агропроизводства на орошении.

В работе предложена целевая функция оптимизации процесса водораспределения, включающая в качестве показателей эффективности площадь орошения, доход водохозяйственной организации и валовой объем производства продукции растениеводства с орошаемых земель (в денежном исчислении). В пользу структуры разработанной модели следует отметить ее универсальность, обеспечиваемую многокритериальностью.

При исключении функций контроля состояния мелиорируемых земель и/или рационального использования поливной воды из обязанностей службы эксплуатации ОС, наличие оптимизационной модели представленной структуры позволяет увеличить клиентскую базу организации за счет оказания консалтинговых услуг водопользователям

Реализация модели с использованием генетического программирования, базирующегося на методах искусственного интеллекта — эволюционного моделирования, расширяет возможности оптимизации принимаемого решения в условиях формирования новых форм взаимоотношений водохозяйственных организаций и водопользователей.

Выбор решения по показателям многократных имитаций конкуренции и улучшений повышает масштабы сложно устроенного пространства поиска решений и, вследствие, универсальности позволяет получить результат, когда традиционные методы не работают или их реализация требует неприемлемо много времени. Полученные результаты с достаточной убедительностью свидетельствуют о работоспособности и преимуществе использования разработанной многокритериальной оптимизационной модели в сравнении, как с практикующимся подходом к планированию водораспределения, базирующемся на предпочтениях лица,

принимающего решение, так и с однокритериальным оптимизационным моделированием.

**Список источников**

1. Духовный В.А., Муминов Ш.Х., Мирзаев Н.Н. Потенциал агропромышленных кластеров по внедрению рыночных механизмов управления и финансирования водного хозяйства Узбекистана // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 1. С.5-12.
2. Ольгаренко И.В. Информационные технологии планирования водопользования и оперативного управления водораспределением на оросительных системах: специальность 06.01.02 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Ольгаренко Игорь Владимирович. Новочеркасск, 2013. 448 с. EDN SVAPAZ.
3. Кирейчева Л.В. Модели и информационные технологии управления водопользованием на мелиоративных системах, обеспечивающие благоприятный мелиоративный режим / Л.В. Кирейчева, И.Ф. Юрченко, В.М. Яшин // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 5-6. С. 50-55. EDN SZNXEV.
4. Найденов С.В. Оптимизация водораспределения на оросительных системах при дефиците водных ресурсов / С.В. Найденов, Ю.Е. Домашенко, С.М. Васильев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1(69). С. 132-136
5. Park J., Bayraksan G. A multistage distributionally robust optimization approach to water allocation under climate uncertainty // European Journal of Operational Research. 2023. T. 306. № 2. С. 849-871.
6. Raška P. et al. Exploring local land use conflicts through successive planning decisions: a dynamic approach and theory-driven typology of potentially conflicting planning decisions // Journal of Environmental Planning and Management. 2023. T. 66. № 10. С. 2051-2070.
7. Uddin M.G. et al. A novel approach for estimating and predicting uncertainty in water quality index model using machine learning approaches // Water Research. 2023. T. 229. С. 119422.
8. Shafa N.S. et al. Multi-objective planning for optimal exploitation of surface and groundwater resources through development of an optimized cropping pattern and artificial recharge system // Ain Shams Engineering Journal. 2023. T. 14. № 2. С. 101847.
9. Рогачев Д.А. Эволюционные и генетические алгоритмы как природоподобные подходы к структурно-параметрической оптимизации / Д.А. Рогачев, Д.С. Захаров, И.С. Руднев // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий : материалы Национальной научно-практической конференции, Волгоград, 09 ноября 2022 года / Волгоградский государственный аграрный университет. Том I. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. С. 313-318.
10. Лабинский А.Ю. Использование генетического алгоритма для многокритериальной оптимизации // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2018. № 4(28). С. 5-9.
11. Имамутдинов А.И. Анализ процесса эволюционно-генетических вычислений с точки зрения характеристик обобщения / А.И. Имамутдинов, Н.В. Слепцов // Надежность и качество сложных систем. 2019. № 3(27). С. 84-91. DOI 10.21685/2307-4205-2019-3-10.





12. Кондратьев, Т.Н. Эволюционные вычисления: нейронные сети и генетические алгоритмы // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2019. Т. 1. С. 418-421.

13. Звезинцев А.И., Квятковская И.Ю. Применение модифицированного алгоритма генетического программирования для идентификации математических моделей путем расширения обучающего множества искусственной нейронной сетью // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. № 2. С. 58-65.

14. Иванов А.М. и др. Применение метода Нелдера — Мида для оптимизации выбора констант модели Лихачёва — Волкова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия. 2022. Т. 9, № 4. С. 693-704. DOI 10.21638/spbu01.2022.411.

15. Скобцов Ю.А. Сравнение традиционных и квантовых генетических алгоритмов // Математические методы в технологиях и технике. 2023. № 4. С. 91-95. DOI 10.52348/2712-8873\_MMTT\_2023\_4\_91.

16. Щедрин В.Н., Штанько А.С., Воеводин О.В. Методические указания по планированию водопользования на оросительных системах на основании данных ретро-спективного анализа и сценарных расчетов в зависимости от лет различной влагообеспеченности. Новочеркасск: Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, 2015. 61 с. EDN XWYFHN.

17. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 31 июля 2020 г. N 438 «Об утверждении Правил эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений».

18. Годовой отчет по технической эксплуатации за 2022 год Красногвардейского филиала Государственного бюджетного учреждения Республики Крым «Крымское управление водного хозяйства и мелиорации». Раздел II Водопользование и гидрометрия, таблица 10; Раздел VI Использование орошаемых земель.

19. Годовой технический отчет за 2017г. Городищенского филиала ФГБУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз».

20. Федеральный Закон о мелиорации земель. Принят Государственной Думой 8 декабря 1995 года (редакция с поправками от 2022 г.).

## References

1. Dukhovnyi V.A., Muminov S.H.KH., Mirzaev N.N. (2021). *Potentsial agropromyshlennykh klasterov po vnedreniyu rynochnykh mekhanizmov upravleniya i finansirovaniya vodnogo khozyaistva Uzbekistana* [The potential of agro-industrial clusters to introduce market mechanisms for managing and financing the water sector in Uzbekistan]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo*, no. 1, pp. 5-12.

2. Ol'garenko I.V. (2013). *Informatsionnye tekhnologii planirovaniya vodopol'zovaniya i operativnogo upravleniya vodoraspredeleleniem na orositel'nykh sistemakh* (Thesis). Novocherkassk: NIMI Donskoy GAU.

3. Kireicheva L.V., Yurchenko I.F., Yashin V.M. (2014). *Modeli i informatsionnye tekhnologii upravleniya vodopol'zo-*

*vaniem na meliorativnykh sistemakh, obespechivayushchie blagopriyatnyi meliorativnyi rezhim* [Models and information technologies for water use management in reclamation systems, ensuring a favorable reclamation regime]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo*, no. № 5-6, pp. 50-55.

4. Naidenov S.V., Domashenko YU. E., Vasil'ev S.M. (2018). *Optimizatsiya vodoraspredeleleniya na orositel'nykh sistemakh pri defitsite vodnykh resursov* [Optimization of water distribution in irrigation systems when water resources are scarce]. *Puti povysheniya ehffektivnosti oroshayemogo zemledeliya*, no. 1(69), pp. 132-136.

5. Park J., Bayraksan G. (2023). A multistage distributionally robust optimization approach to water allocation under climate uncertainty. *European Journal of Operational Research*, vol. 306, no. 23, pp. 2320-2345.

6. Raška P. et al. (2023). Exploring local land use conflicts through successive planning decisions: a dynamic approach and theory-driven typology of potentially conflicting planning decisions. *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 66, no. 10, pp. 2051-2070.

7. Uddin M.G. et al. (2023). A novel approach for estimating and predicting uncertainty in water quality index model using machine learning approaches. *Water Research*, vol. 229, pp. 119422.

8. Shafa' N.S. et al. (2023). Multi-objective planning for optimal exploitation of surface and groundwater resources through development of an optimized cropping pattern and artificial recharge system. *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 14, no. 2, pp. 101847.

9. Rogachev D.A. & Zakharov D. S., & Rudnev I.S. (2022). *Ehvolutsionnye i geneticheskie algoritmy kak prirodopodobnye podkhody k struktumno-parametricheskoi optimizatsii* [Evolutionary and genetic algorithms as nature-like approaches to structural-parametric optimization]. Proceedings of the *Nauchnoe obosnovanie strategii tsifrovogo razvitiya APK i sel'skikh territorii : materialy Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Volgograd, 09 noyabrya 2022 goda / Volgogradskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, vol. 1, Volgograd: Volgogradskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet*, pp. 313-318.

10. Labinskii A. YU. (2018). *Ispol'zovanie geneticheskogo algoritma dlya mnogokriteriial'noi optimizatsii* [Using a Genetic Algorithm for Multi-Criteria Optimization]. *Prirodnye i tekhnogennyye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty)*, no. 4(28), pp. 5-9.

11. Imamutdinov A.I., Sleptsov N.V. (2019). *Analiz protsessa ehvolutsionno-geneticheskikh vychislenii s tochki zreniya kharakteristik obobshcheniya* [Analysis of the process of evolutionary genetic calculations from the point of view of generalization characteristics]. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem*, no. 3(27), pp. 84-91. DOI 10.21685/2307-4205-2019-3-10.

12. Kondrat'ev, T. N. (2019). *Ehvolutsionnye vychisleniya: neironnye seti i geneticheskie algoritmy* [Evolutionary Computation: Neural Networks and Genetic Algorithms]. Proceedings of the *Mezhdunarodnaya konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam, Saratov, Mart, vol. 1, Saratov*, pp. 418-421.

13. Zvezintsev A.I., Kvyatkovskaya I.YU. (2013). *Primenenie modifitsirovannogo algoritma geneticheskogo pro-*

*gramirovaniya dlya identifikatsii matematicheskikh modelei putem rasshireniya obuchayushchego mnozhestva iskustvennoi neironnoi set'yu* [Application of a modified genetic programming algorithm to identify mathematical models by expanding the training set with an artificial neural network]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika*, no. 2, pp. 58-65.

14. Volkova A.M., Ivanov F.S., Belyaev, Volkov A.E. [i dr.] (2022). *Primenenie metoda Neldera — Mida dlya optimizatsii vybora konstant modeli Likhacheva* [Application of the Nelder-Mead method to optimize the choice of constants of the Likhachev-Volkov model]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Matematika. Mekhanika. Astronomiya*, vol. 9, no. 4, pp. 693-704. doi 10.21638/spbu01.2022.411.

15. Skobtsov YU. A. (2023). *Sravnienie traditsionnykh i kvantovykh geneticheskikh algoritmov* [Comparison of traditional and quantum genetic algorithms]. *Matematicheskie metody v tekhnologiyakh i tekhnike*, no. 4, pp. 91-95. DOI 10.52348/2712-8873\_MMTT\_2023\_4\_91.

16. Shchedrin V.N., Shtan'ko A.S., Voevodin O.V. (2015). *Metodicheskie ukazaniya po planirovaniyu vodopol'zovaniya na orositel'nykh sistemakh na osnovanii dannykh retrospektivnogo analiza i sstenernykh raschetov v zavisimosti ot let razlichnoi vlagobespechennosti* [Guidelines for planning water use in irrigation systems based on data from retrospective analysis and scenario calculations depending on years of different moisture availability]. Novocherkassk: Rossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut problem melioratsii.

17. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 31 июля 2020 г. N 438 «Об утверждении Правил эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений» [Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated July 31, 2020 N 438 «On approval of the Rules for the operation of reclamation systems and separately located hydraulic structures»].

18. *Godovoi otchet po tekhnicheskoi ehkspluatatsii za 2022 god Krasnogvardeiskogo filiala Gosudarstvennogo byudzhethnogo uchrezhdeniya Respubliki Krym «Krymskoe upravlenie vodnogo khozyaistva i melioratsii». Razdel II Vodopol'zovanie i gidrometriya, tablitsa 10; Razdel VI Ispol'zovanie oroshayemykh zemel'* [Annual report on technical operation for 2022 of the Krasnogvardeisky branch of the State Budgetary Institution of the Republic of Crimea «Crimean Department of Water Management and Land Reclamation». Section II Water use and hydrometry, table 10; Section VI Use of irrigated lands].

19. *Godovoi tekhnicheskii otchet za 2017g. Gorodishchenskogo filiala FGBU «Upravlenie «Volgogradmeliovodkhoz»* [Annual technical report for 2017. Gorodishchensky branch of the Federal State Budgetary Institution «Management «Volgogradmeliovodkhoz»].

20. *Federal'nyi Zakon o melioratsii zemel'. Prinyat Gosudarstvennoi Dumoi 8 dekabrya 1995 goda (redaktsiya s popravkami ot 2022 g.)* [Federal Law on Land Reclamation. Adopted by the State Duma on December 8, 1995 (as amended in 2022)].

## Информация об авторах:

**Кирейчева Людмила Викторовна**, доктор технических наук, профессор, Всероссийский научно — исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7114-2706>, kireychevalw@mail.ru

**Рогачев Дмитрий Алексеевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно — исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-4014-4770>, Rogachev.soft@gmail.com

**Юрченко Ирина Федоровна**, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник, Всероссийский научно — исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2390-1736>, Irina.507@mail.ru

**Рогачев Алексей Фруминович**, доктор технических наук, профессор, Волгоградский государственный аграрный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3077-6622>, Rafr@mail.ru

## Information about the authors:

**L.V. Kireicheva**, doctor of technical sciences, professor, All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7114-2706>, kireychevalw@mail.ru

**D.A. Rogachev**, candidate of technical sciences, All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-4014-4770>, Rogachev.soft@gmail.com

**I.F. Yurchenko**, doctor of technical sciences, Associate Professor, All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2390-1736>, Irina.507@mail.ru

**A.F. Rogachev**, doctor of technical sciences, professor, Volgograd State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3077-6622>, Rafr@mail.ru